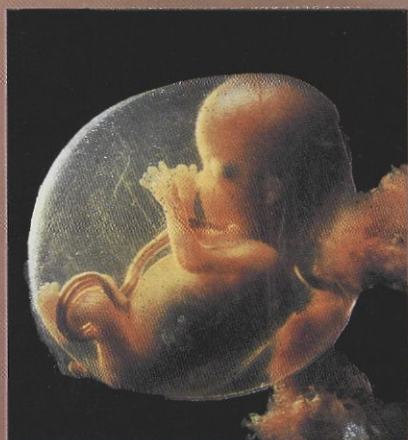


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ * ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
Β' ΤΑΞΗΣ
ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ - ΑΘΗΝΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Β' Τάξης

Γενικού Λυκείου

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Η συγγραφή αυτού του βιβλίου είναι αποτέλεσμα συλλογικής εργασίας μελών της **Πανελληνίας Ενωσης Βιολόγων**, στα πλαίσια του διαγωνισμού του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για τη συγγραφή διδακτικών βιβλίων της Β' και Γ' Λυκείου.

(Ενέργεια 1.1^α του ΕΠΕΑΕΚ - Β' ΚΠΣ.)

Τα ονόματα των συγγραφέων παρατίθενται κατ' αλφαβητική σειρά.

Αρδίττης Ηλίας, Βιολόγος, Καθηγητής Εκπαιδευτηρίων "Δούκα"
Γκιωγκινούδης Παναγιώτης, Δρ. Βιολόγος, Ερευνητής Ινστιτούτου Υγείας Παιδιού.
Γιαπιτζάκης Χρήστος, Δρ. Μοριακός Γενετιστής
Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Δρ. Βιολόγος, Παιδ. Τμ. Δημ. Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης
Καναβάκης Νικόλαος, Βιολόγος, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης
Καραδήμας Χαράλαμπος, Δρ. Βιολόγος, Επιστ. Συνεργάτης Πανεπιστημίου Connecticut
Κοκκορόγιαννης Θεόδωρος, Δρ. Βιολόγος, Επιστ. Συνεργάτης ΤΕΦΑΑ Αθήνας
Κυριαζή Θεοδώρα, Δρ. Βιολόγος, Εκπαιδευτικός ΤΕΙ Αθήνας
Μεϊντάνης Στάθης, Βιολόγος, Ερευνητής Ινστιτούτου Pasteur
Μπουγά Μαρία, Βιολόγος, Καθηγήτρια Μέσης Εκπαίδευσης
Νοταράς Δημήτρης, Βιολόγος M.Sc., Καθηγητής Εκπαιδευτηρίων "Γείτονα"
Παπαπανάγου Ειρήνη, Βιολόγος, Καθηγήτρια Μέσης Εκπαίδευσης
Πιταροκοίλης Μιχάλης, Βιολόγος, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης
Στάϊκου Αλέκα, Επικ. Καθηγήτρια Τμ. Βιολογίας Αριστ. Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Υφαντή Ελένη, Βιολόγος, Ερευνήτρια Ινστιτούτου Pasteur
Χατζηγιάννου Μαριάνθη, Δρ. Βιολόγος Καθηγήτρια Ιδ. Εκπαίδευσης
Χατζηκωντή Όλγα, Δρ. Βιολόγος Καθηγήτρια Μέσης Εκπαίδευσης
Χρονοπούλου Πηνελόπη, Δρ. Βιολόγος

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗ - ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Αλαχιώτης Σταμάτης, Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών
Κοκκορόγιαννης Θεόδωρος, Δρ. Βιολόγος, Επιστ. Συνεργάτης ΤΕΦΑΑ Αθήνας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Περάκη Βασιλική, Δρ.Βιολόγος, Πάρεδρος Π.Ι.

ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Βαμβακόπουλος Νικόλαος, Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Κωνσταντουλάκης Παντελής, Δρ. Μοριακής Βιολογίας, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης
Μπουργουτζάνη Φλώρα, Βιολόγος, M.Sc. Ωκεανογραφίας, Καθηγήτρια Μέσης Εκπαίδευσης
Χρόνης Ιωάννης, Φυσιολογίας, Σχολικός Σύμβουλος κλάδου ΠΕ4

Επιμέλεια-συντονισμός ομάδων εργασίας: Θ. Κοκορόγιαννης

Καλλιτεχνική επιμέλεια & επεξεργασία: Α.Δ.Μαϊστρός & Θ. Κοκορόγιαννης

Εξώφυλλο: Α.Δ.Μαϊστρός & Θ. Κοκορόγιαννης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο άνθρωπος είναι ένα τμήμα της ζωής επάνω στη Γή κι όπως είναι επόμενο, υπόκειται στους ίδιους νόμους που υπόκεινται όλοι οι υπόλοιποι ζωντανοί οργανισμοί. Έχει συγγένεια με όλα τα είδη του ζωικού κόσμου. Έτσι, δεν πρέπει να εκπλήσσει το γεγονός ότι, οι περισσότερες γνώσεις που έχουμε για το ανθρώπινο είδος, έχουν προέλθει τελικά από άλλα είδη (βακτήρια, ασπόνδυλα, σπονδυλωτά, αλλά ακόμη και φυτά). Επίσης, πολλά επιτεύγματα της σύγχρονης Ιατρικής οφείλονται σε σημαντικό βαθμό στην πρόοδο των γνώσεων στη Βιολογία. Στα κύτταρά μας υπάρχουν μηχανισμοί που παραμένουν σε μεγάλο βαθμό όμοιοι με αντίστοιχους μηχανισμούς “πρωτόγονων” οργανισμών. Με απλά λόγια, κάτι τέτοιο σημαίνει ότι εμείς, ως ανθρώπινο είδος, φέρουμε μηχανισμούς με βιολογική ηλικία εκατομμυρίων ετών. Όσο γρηγορότερα οι κοινωνίες μας σταματήσουν να αγνοούν αυτή την αλήθεια, τόσο το καλύτερο για τις ίδιες.

Κάποτε, οι βιολογικές ανακαλύψεις συνοδεύονταν κυρίως από κατακτήσεις στο μέτωπο κατά των ασθενειών αλλά και κατά των προκαταλήψεων. Σήμερα, η Βιολογία (όπως και όλες οι φυσικές επιστήμες) έχει καταστεί ένα εργαλείο με αμφιλεγόμενες εφαρμογές. Οι συνέπειες από τον μη σεβασμό των βιολογικών νόμων στις κοινωνίες μας αυξάνουν, δημιουργώντας διαρκώς σοβαρότερα κοινωνικά και ατομικά προβλήματα. Κίνδυνοι από μολυσμένες τροφές, τροφές από μεταλλαγμένα είδη, καρκινογόνες ουσίες, ακτινοβολίες στο άμεσο ή έμμεσο περιβάλλον, κατάχρηση αντιβιοτικών και άλλων φαρμάκων ευρείας κατανάλωσης, αμφισβητούμενες εφαρμογές της γενετικής κ.ο.κ. Με πιο πρόσφατο το σκάνδαλο των διοξινών (1999), ερχόμαστε συνεχώς αντιμέτωποι με βασικά θέματα υγείας και επιβίωσης. Και δυστυχώς ο κατάλογος μακραίνει αντί να μικραίνει. Εμείς πιστεύουμε ότι η Βιολογία, και πιο άμεσα η Βιολογία του Ανθρώπου, είναι εργαλείο απαραίτητο για τον σύγχρονο πολίτη. Έναν πολίτη που θα έχει τις βασικές γνώσεις για να παίρνει θέση και να έχει άποψη στα προβλήματα της σύγχρονης ζωής αλλά και σ' εκείνα που μας περιμένουν στα επόμενα χρόνια. Παράλληλα, όσο αμφιλεγόμενες κι αν είναι μερικές βιολογικές εφαρμογές, υπάρχουν πολύ περισσότερες εφαρμογές που απαλύνουν την ανθρώπινη ανάγκη και τον ανθρώπινο πόνο.

Μεταμοσχεύσεις, κυτταροκαλλιέργειες (ακόμη και νευρικών κυττάρων!), απεικονιστικές μέθοδοι λειτουργίας του εγκεφάλου, θεραπευτική χρήση της κλωνοποίησης κ.ο.κ. είναι μερικά μικρά θαύματα από τον κήπο της Βιολογίας.

Εκτός όμως από αυτή την “αμυντική” της χρησιμότητα, η μελέτη της Βιολογίας του Ανθρώπου (ίσως περισσότερο από άλλους κλάδους των φυσικών επιστημών) κρύβει μικρές και μεγάλες εκπλήξεις που μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα τη ζωή, και, ενδεχομένως, να την απολαύσουμε περισσότερο. Κι αυτό γιατί μας βοηθούν να προσεγγίσουμε όλο και περισσότερο τη βιολογική μας αυτογνωσία. Για όσους ασχολούμαστε με τη Βιολογία, είναι ακριβώς αυτή η διάσταση που μας έλκει κοντά της, παροτρύνοντας μας να μαθαίνουμε για τη ζωή, να θαυμάζουμε, αλλά και να απελευθε-ρωνόμαστε από προκαταλήψεις και ιδεοληψίες (απ' όπου κι αν προέρχονται). Το τίμημα γι αυτή την απόλαυση είναι ο κόπος που καταβάλλει ο καθένας μας κατά τη διάρκεια αυτής της μάθησης (όπως και όποιος άλλης μάθησης). Ένας κόπος που (όσο κι αν θέλαμε) δεν μπορούμε να αφαιρέσουμε από τις πλάτες των μαθητών και των μαθητριών. Ευχόμαστε να έχουμε κάνει το παρόν βιβλίο όσο το δυνατόν πιο “εύπεπτο”. Ευελπιστούμε ότι όποιος έχει να πει κάτι για το βιβλίο (κριτική, ιδέες για βελτίωση ή έστω και απλά σχόλια) δεν θα διστάσει να έρθει σε επικοινωνία με τη συγγραφική ομάδα.

Τέλος, έχουμε και δύο λόγια για την ίδια τη διαδικασία έκδοσης. Πολλοί δούλεψαν για την έκδοση αυτού του βιβλίου και ευχαριστίες οφείλουμε σε πολλούς. Από τους οικείους μας (που μας υπέμεναν στην απίστευτη ένταση μιας έκδοσης) μέχρι τα παιδιά συναδέλφων που βοήθησαν σε πολλές φάσεις και σε πρακτικά ζητήματα. Κυρίως όμως οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στην εκδοτική μας ομάδα, χωρίς την αυταπάρνηση της οποίας θα ήταν αδύνατη αυτή η έκδοση. Τους ευχαριστούμε όλους.

Η συγγραφική ομάδα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ	3
1.2 ΕΠΙΘΗΛΙΑΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	5
1.3 ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	6
1.4 ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	7
1.5 ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	8
1.6 ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ	9
1.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	9
1.8 Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	12
2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	15
2.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	17
2.1.1 Το Νευρικό Κύτταρο και η δομή του	17
2.1.2 Η λειτουργία των νευρικών κυττάρων	19
2.1.3 Η αγωγή της νευρικής ώσης	23
2.1.4 Η Σύναψη και η μεταβίβαση της νευρικής ώσης	24
2.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	29
2.2.1 Εισαγωγή	29
2.2.2 Τα περιφερικά νεύρα	29
2.2.3 Ο νωτιαίος μυελός	30
2.2.4 Ο Εγκέφαλος	31
2.3 ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ	37
2.3.1 Υποδοχείς	37
2.3.2 Αισθήσεις	38
2.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ	40
2.4.1 Όραση	40
2.4.2 Ακοή και ισορροπία	46
2.4.3 Χημειούποδοχείς (Γεύση- Όσφρηση)	50
2.4.4 Απτικές αισθήσεις: Αφή, Πίεση, Πόνος, Θερμοκρασία	52

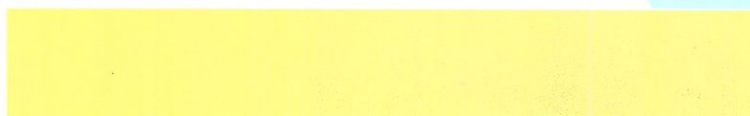
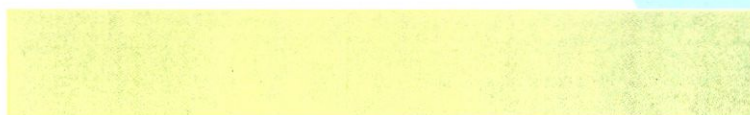
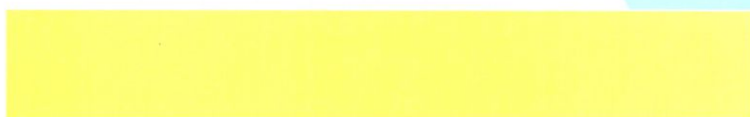
2.5	ΕΝΔΟΚΡΙΝΕΙΣ ΑΔΕΝΕΣ ΚΑΙ ΟΡΜΟΝΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ	57
2.5.1	Εισαγωγή	.57
2.5.2	Μηχανισμοί δράσης	.58
2.5.3	Οι πιο σημαντικοί αδένες του ανθρώπου και οι ορμόνες του	.59
2.6	ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ	.64
2.6.1	Αρνητική ανάδραση	.66
2.6.2	Συμβολή των διαφόρων συστημάτων του σώματος στην ομοιόσταση	.67
2.7	ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - ΜΑΘΗΣΗ - ΜΝΗΜΗ - ΓΛΩΣΣΑ	.73
2.7.1	Συμπεριφορά	.73
2.7.2	Μάθηση	.74
2.7.3	Μνήμη	.76
2.7.4	Ομιλία	.79
3.	ΜΥΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	.83
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	.85
3.2	ΤΥΠΟΙ ΜΥΪΚΟΥ ΙΣΤΟΥ	.86
3.3	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ	87
3.3.1	Μορφολογία και δομή μυϊκών ινών	87
3.3.2	Η δομή των σαρκομερίων	88
3.3.3	Το σαρκοπλασματικό δίκτυο	88
3.4	Η ΜΥΪΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ	89
3.4.1	Διέγερση και συστολή στις σκελετικές μυϊκές ίνες	.90
3.4.2	Τα ιόντα Ca^{2+} είναι απαραίτητα για να προσδεθεί η μυοσίνη στην ακτίνη	91
3.4.3	Η διολίσθηση των ινιδίων ακτίνης και μυοσίνης και το μήκος των σαρκομερίων	.91
3.5	ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΥΪΚΟΥ ΚΑΙ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	..92
3.6	ΚΑΜΑΤΟΣ – ΚΡΑΜΠΕΣ - ΘΛΑΣΕΙΣ	...93
4.	ΣΤΗΡΙΞΗ	...97
4.1	ΕΡΕΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	...99
4.1.1	Εισαγωγή	.99
4.1.2	Μορφολογία των οστών.	.99
4.1.3	Σύσταση - κατασκευή των οστών.	.100
4.1.4	Ανάπτυξη και αύξηση των οστών.	.103
4.1.5	Αρθρώσεις	.103
4.1.6	Ο Σκελετός του Ανθρώπου.	.105

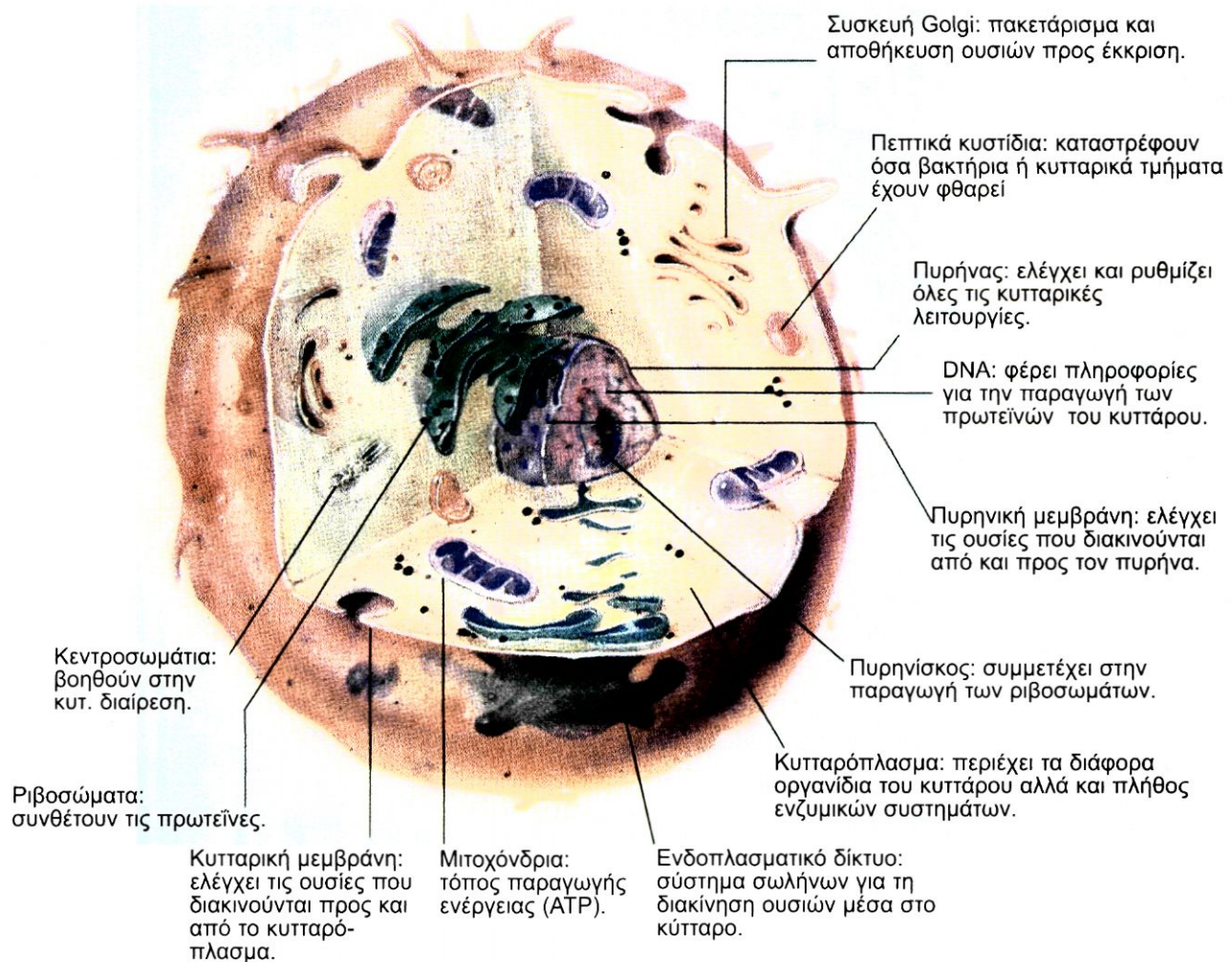
5. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ	113
5.1 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	115
5.2. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΕΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	116
5.2.1 Η στοματική κοιλότητα	116
5.2.2 Η πέψη στη στοματική κοιλότητα	117
5.2.3 Ο φάρυγγας	117
5.2.4 Ο οισοφάγος	117
5.2.5 Από τη στοματική κοιλότητα στο στομάχι (κατάποση).	118
5.2.6 Ο στόμαχος	118
5.2.7 Το λεπτό έντερο	119
5.2.8. Το παχύ έντερο	121
5.2.9 Προσαρτημένοι αδένες του γαστρεντερικού σωλήνα	122
5.3. ΠΕΨΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	123
5.3.1 Πέψη και απορρόφηση των υδατανθράκων	123
5.3.2 Πέψη και απορρόφηση των λιπών	124
5.3.3 Πέψη και απορρόφηση των πρωτεϊνών	125
5.3.4 Ανόργανα άλατα και ιχνοστοιχεία	126
5.3.5 Βιταμίνες	126
6. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΟΥΣΙΩΝ	133
6.1 ΑΙΜΑ	135
6.1.1 Λειτουργίες του αίματος	135
6.1.2 Τα συστατικά του αίματος	135
6.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	142
6.2.1 Γενικά	142
6.2.2 Δομή του Κυκλοφορικού	143
6.2.3 Κυκλοφορία του αίματος	148
6.2.4 Ανταλλαγή ουσιών στα τριχοειδή	151
6.2.5 Ρύθμιση της αιμάτωσης των ιστών.	153
6.2.6 Ρύθμιση της λειτουργίας της καρδιάς	154
6.2.7 Πίεση του αίματος	155
6.3 ΛΕΜΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	161
6.3.1 Γενικά – Λειτουργίες του λεμφικού συστήματος	161
6.3.2 Δομή του Λεμφικού Συστήματος	161

6.4	ΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	165
6.4.1	Γενικά	165
6.4.2	Η Αεροφόρος οδός	165
6.4.3	Αναπνευστικές κινήσεις.	170
6.4.4	Ρύθμιση της αναπνοής .	171
6.4.5	Ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.	172
6.5	ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΧΡΗΣΤΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	179
6.5.1.	Γενικά	179
6.5.2	Ιδρώτας	179
6.6	ΤΟ ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	181
6.6.1.	Γενικά	181
6.6.2	Τα ουροποιητικά όργανα: Νεφροί	181
6.6.3	Τα ουροφόρα όργανα	184
6.6.4	Οσμωρύθμιση	185
7.	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ	191
7.1	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	193
7.1.1	Γενικά	193
7.1.2	Γεννητικό σύστημα του άνδρα	194
7.1.3	Γεννητικό σύστημα της γυναίκας	196
7.2	ΕΜΜΗΝΟΡΥΣΙΑΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	201
7.2.1	Γενικά	201
7.2.2	Οι φάσεις του έμμηνου κύκλου	201
7.2.3	Η ορμονική ρύθμιση του εμμηνορυσιακού κύκλου.	202
7.3	ΓΑΜΕΤΟΓΕΝΕΣΗ	207
7.3.1.	Σπερματογένεση	207
7.3.2	Ωογένεση	207
7.3.3	Γονιμοποίηση	208
7.4	ΚΥΗΣΗ – ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΚΥΗΣΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΜΒΡΥΟΥ – ΑΝΑΓΚΕΣ ΜΗΤΕΡΑΣ / ΕΜΒΡΥΟΥ – ΤΟΚΕΤΟΣ	210
7.4.1	Αυλάκωση	210

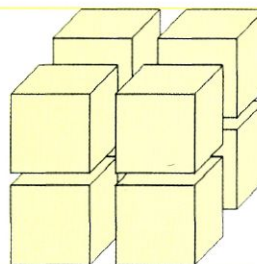
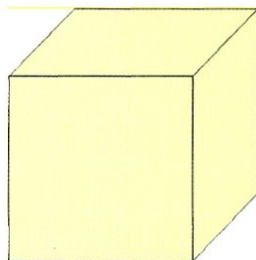
7.5	ΣΕΞΟΥΑΛΙΚΩΣ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ	217
7.5.1	Σύφιλη	.218
7.5.2	Γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (γονόρροια)	218
7.5.3	Λοίμωξη από χλαμύδια	219
7.5.4	Απλός έρπητας	219
7.5.5	Λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων	.220
7.5.6	Λοίμωξη από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας	.220
7.6	ΑΝΤΙΣΥΛΛΗΨΗ	225
7.6.1	Μέθοδοι Αντισύλληψης	.225
Λεξιλόγιο		.229
Βιβλιογραφία		.239
Ευρετήριο Όρων		.240

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ





Ένα κυβικό κύτταρο με ακμή $10\mu\text{m}$ έχει όγκο $1000\mu\text{m}^3$ και επιφάνεια $6 \times 100\mu\text{m}^2$.



Οκτώ κυβικά κύτταρα με ακμή $5\mu\text{m}$ το καθένα έχουν τον ίδιο όγκο με το διπλανό κύτταρο ($1000\mu\text{m}^3$) αλλά διπλάσια επιφάνεια ($8 \times 125\mu\text{m}^2 = 1000\mu\text{m}^2$).

Εικ. 1.1.1

- A. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από κύτταρα, καθένα από τα οποία επιτελεί κατά βάση τις ίδιες βασικές λειτουργίες (επικοινωνία με το περιβάλλον, μεταβολισμός, αναπαραγωγή). Η πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών από το περιβάλλον γίνεται μέσω της μεμβράνης, κυρίως με το φαινόμενο της διάχυσης.
- B. Η διάχυση από το εξωτερικό περιβάλλον στο ενδοκυττάριο περιβάλλον είναι μια διαδικασία ανάλογη της επιφάνειας της μεμβράνης. Όσο μεγαλύτερη η επιφάνεια της μεμβράνης, τόσο αποτελεσματικότερη η διάχυση. Ο λόγος όγκος/επιφάνεια επηρεάζει τελικά και το απόλυτο μέγεθος που καταλαμβάνουν τα κύτταρα.

1.1 ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

Το κύτταρο αποτελεί τη βασική δομική και λειτουργική μονάδα των οργανισμών, είναι δηλαδή η μικρότερη μονάδα (Εικ. 1.1.1) που αν απομονωθεί, διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά που εμφανίζουν οι μορφές ζωής, είτε πρόκειται για μονοκύτταρους αυτοτελείς οργανισμούς (π.χ. πρωτόζωα), είτε για τα κύτταρα των πολυκύτταρων οργανισμών (π.χ. άνθρωπος).

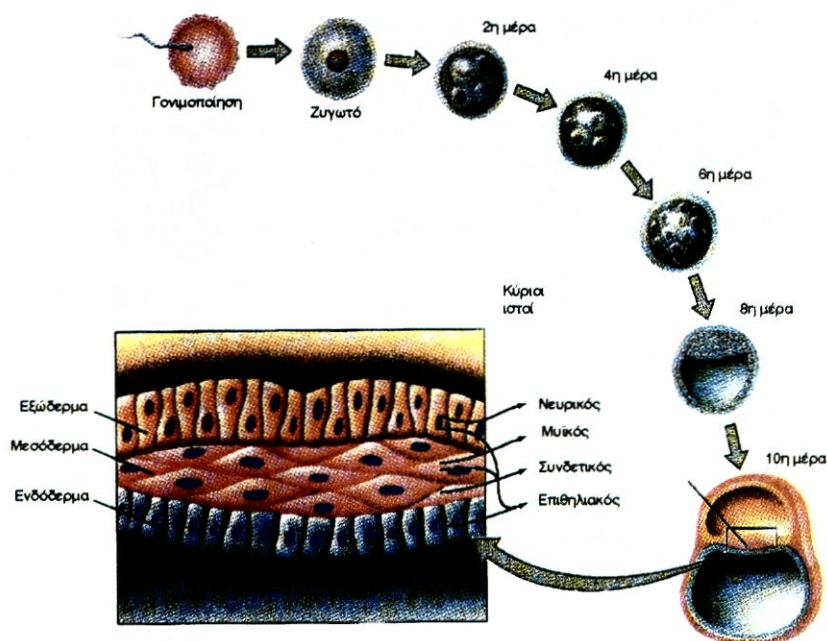
Τα φαινόμενα αυτά είναι: η ικανότητα αναπαραγωγής, η ικανότητα του μεταβολισμού, και η ικανότητα αντίδρασης στα ερεθίσματα του άμεσου περιβάλλοντός τους,

Η κυτταρική αναπαραγωγή (που λέγεται επίσης και κυτταρική διαίρεση) είναι η φάση της ζωής των κυττάρων κατά την οποία διπλασιάζεται το γενετικό υλικό και μοιράζεται ισότιμα σε δύο νέα κύτταρα. Το γενετικό υλικό των κυττάρων περιέχει πληροφορίες (χημικής φύσεως) για τον τρόπο σύνθεσης των συστατικών του.

Ο μεταβολισμός είναι ένα σύνολο μηχανισμών που έχει το κύτταρο για να προσλαμβάνει πλούσιες σε

ενέργεια ουσίες από το άμεσο περιβάλλον του και, διασπώντας τις στο εσωτερικό του, να διοχετεύει αυτή την ενέργεια στην κάλυψη των δικών του αναγκών. Ο βασικός (όπως λέγεται) μεταβολισμός είναι λίγο πολύ παρόμοιος σε όλα τα κύτταρα και περιλαμβάνει: τη χρήση O_2 (το οποίο τα κύτταρα προμηθεύονται από το άμεσο περιβάλλον τους) και την παραγωγή CO_2 (το οποίο απομακρύνεται από το εσωτερικό των κυττάρων επίσης στο άμεσο περιβάλλον τους). Η ενέργεια που κερδίζεται, αποθηκεύεται με χημική μορφή και χρησιμοποιείται για τη σύνθεση διαφόρων ουσιών (π.χ. πρωτεΐνες, λίπος, γλυκογόνο κλπ).

Τέλος, η ικανότητα πρόσληψης ερεθισμάτων από το περιβάλλον και η ικανότητα αντίδρασης σε αυτά, είναι οι μηχανισμοί που εξασφαλίζουν στο κύτταρο την προσαρμογή του στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του άμεσου περιβάλλοντός του. Π.χ. αν αυξηθεί η συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα,



Εικ. 1.1.2

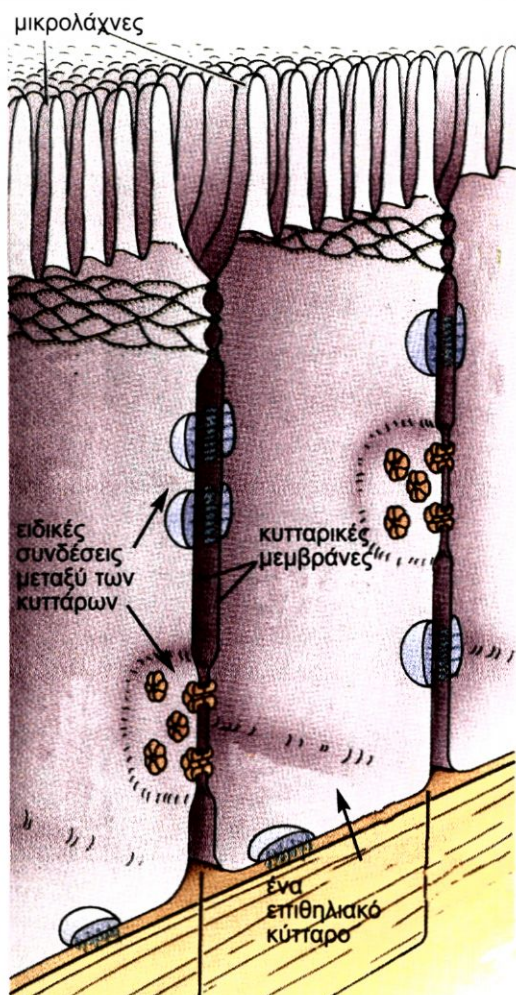
Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από μόρια, κύτταρα, ιστούς, όργανα και συστήματα οργάνων. Οι τέσσερις βασικοί ιστοί (επιθηλιακός, εριστικός, μυϊκός και νευρικός) σχηματίζονται ήδη κατά την εμβρυϊκή ζωή από τρεις διακριτές κυτταρικές στιβάδες κυττάρων: το εξώδερμα, το μεσόδερμα και το ενδόδερμα.

μερικά κύτταρα παράγουν ουσίες (ινσουλίνη), που αυξάνουν την απορρόφηση της γλυκόζης από τα κύτταρα του σώματος, οδηγώντας τελικά στη μείωση της συγκέντρωσης της στο αίμα.

Το ανθρώπινο σώμα έχει 100 τρις (!) περίπου κύτταρα, τα οποία προέρχονται (με αλληπάλληλες μιτωτικές διαιρέσεις) από ένα και μόνο αρχικό κύτταρο, το **ζυγωτό** (Εικόνα 1.1.2). Αν η μόνη διαδικασία που συνέβαινε κατά την εμβρυϊκή ζωή ήταν η κυτταρική διαίρεση, τότε το τελικό αποτέλεσμα θα ήταν μια “μπάλα” από απaráλλακτα κύτταρα. Όμως, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, τα κύτταρα αποκτούν ιδιαίτερα μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, που διαφέρουν σημαντικά από κύτταρο σε κύτταρο. Π.χ. άλλα αποκτούν αποφυάδες μήκους ενός μέτρου ή και παραπάνω (τα *νευρικά*), άλλα μπορούν να μικραίνουν το μήκος τους (*μυϊκά*), άλλα έχουν την κατάλληλη δομή για να μεταφέρουν συστατικά από ένα διαμέρισμα του οργανισμού σε ένα άλλο (π.χ. τα *επιθηλιακά* κύτταρα στον εντερικό αυλό), άλλα να θανατώνουν όσα ξένα κύτταρα εισέρχονται στον οργανισμό κ.ο.κ. Η πορεία απόκτησης των ιδιαίτερων μορφολογικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός κυττάρου λέγεται **διαφοροποίηση**. Η διαφοροποίηση είναι (συνήθως) μια πορεία χωρίς επιστροφή. Ένα ερυθρό αιμοσφαίριο π.χ. δεν μπορεί ποτέ να μετατραπεί σε κάποιον άλλο τύπο κυττάρου. Η πορεία εξειδίκευσης των κυττάρων ξεκινά ήδη από την 10η μέρα (Εικ. 1.1.2) της οντογένεσης, όταν τα κύτταρα του εμβρύου σχηματίζουν τρεις “στιβάδες”, το εξώδερμα, το ενδόδερμα και το μεσόδερμα, απ’ όπου θα προκύψουν τελικά τέσσερις μεγάλες κυτταρικές “ομάδες”: τα επιθηλιακά κύτταρα, τα κύτταρα του συνδετικού ιστού, τα μυϊκά κύτταρα και τα νευρικά κύτταρα.

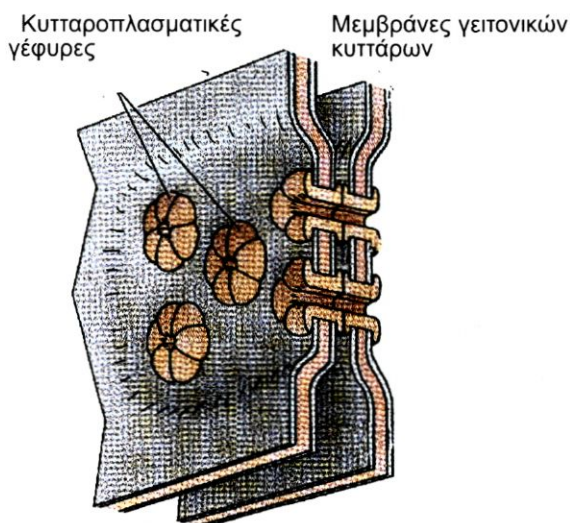
Ιστός είναι ένα άθροισμα κυττάρων με παρόμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά και παρόμοιες λειτουργικές ιδιότητες. Τέσσερις είναι οι κύριοι ιστοί. Ο **επιθηλιακός**, ο **συνδετικός**, ο **νευρικός** και ο **μυϊκός**.

Ο επιθηλιακός ιστός προέρχεται από το εμβρυϊκό ενδόδερμα, ο μυϊκός και ο συνδετικός από το μεσόδερμα και ο νευρικός ιστός από το εξώδερμα.



Εικ. 1.2.1

Το επιθήλιο της πεπτικής οδού. Τα κύτταρα είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο, χωρίς μεσοκυττάριο χώρο, εξαιτίας των ειδικών συνδέσεων που έχουν μεταξύ τους. Έτσι, δημιουργείται ένα είδος φραγμού. Για να φτάσει μια ουσία από τον εντερικό αυλό στα αγγεία, θα πρέπει να περάσει πρώτα μέσα από τα επιθηλιακά κύτταρα.



Εικ. 1.2.2:

Κυτταροπλασματικές γέφυρες. Με παρόμοιους σχηματισμούς κρατώνται ενωμένα τα γειτονικά επιθηλιακά κύτταρα κι επιτρέπουν τη δημιουργία των χαρακτηριστικών στιβάδων του επιθηλιακού ιστού.

1.2 ΕΠΙΘΗΛΙΑΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

Ο επιθηλιακός ιστός αποτελείται από μικρού μεγέθους κύτταρα, κυβοειδούς ή κυλινδρικής μορφής (Εικ. 1.2.1) που είναι πολύ στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους (Εικ. 1.2.2). Έτσι, σχηματίζουν επίπεδες στιβάδες που καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες του σώματος (το δερματικό επιθήλιο, το αναπνευστικό επιθήλιο, το εντερικό επιθήλιο κλπ). Αναλόγως με το τμήμα του οργανισμού όπου βρίσκονται, τα επιθηλιακά κύτταρα αποκτούν ακόμη πιο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, η **κυτταροπλασματική μεμβράνη** των επιθηλιακών κυττάρων στον εντερικό αυλό παρουσιάζει πάρα πολλές μικρές προεξοχές (τις **μικρολάχνες**), που αυξάνουν πάρα πολύ την επιφάνεια απορρόφησης (μέσα από τα κύτταρα του εντερικού επιθηλίου περνούν οι τροφές στην κυκλοφορία και από εκεί οδεύουν προς κατανάλωση στα κύτταρα των άλλων ιστών). Από επιθηλιακά κύτταρα είναι φτιαγμένοι και οι **αδένες**. Αυτά έχουν εξειδικευτεί στο να συνθέτουν και να εκκρίνουν στο άμεσο περιβάλλον τους διάφορες ουσίες (π.χ. ορμόνες, ιδρώτας κλπ.). Μια άλλη ιδιαιτερότητα των επιθηλιακών κυττάρων είναι ο εντυπωσιακός ρυθμός διαίρεσής τους (ή ο ρυθμός ανανέωσής τους). Στο εντερικό επιθήλιο για παράδειγμα, τα κύτταρα διαιρούνται κάθε 3-5 μέρες. Ας δούμε τώρα ποιές είναι οι κυριότερες λειτουργίες που επιτελούν τα επιθήλια:

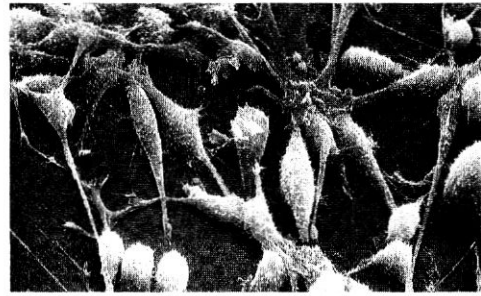
- α) **μεταφορά ουσιών.** Τα κύτταρα των επιθηλιακών στιβάδων έχουν την ικανότητα να απορροφούν ουσίες ή ιόντα από τη μια πλευρά της στιβάδας και να τα μεταφέρουν στην άλλη πλευρά. Π.χ. Οι θρεπτικές ουσίες που απορροφώνται από τα επιθηλιακά κύτταρα στον εντερικό αυλό, μεταφέρονται στην πλευρά του επιθηλίου που συνορεύει με τα αγγεία του αίματος, απ' όπου με την κυκλοφορία πηγαίνουν σ' όλους τους υπόλοιπους ιστούς.
- β) **κάλυψη επιφανειών του σώματος.** Οι στιβάδες του επιθηλιακού ιστού είναι αρκετά ελαστικές και ανθεκτικές. Έχουν δηλαδή αποκτήσει χαρακτηριστικά κατάλληλα για τις συνθήκες που επικρατούν σ' αυτές τις επιφάνειες (πίεση, διάταση κλπ).
- γ) **εκκρίνουν ουσίες, όπως ορμόνες, βλέννα κλπ.**

1.3 ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

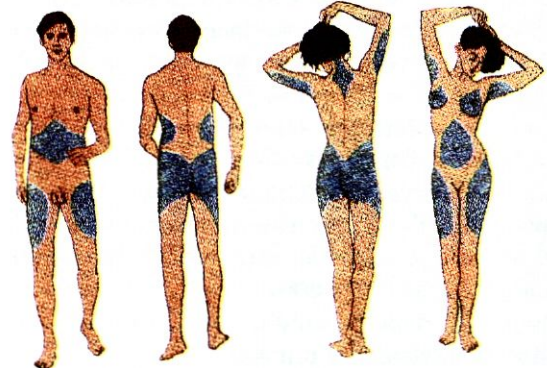
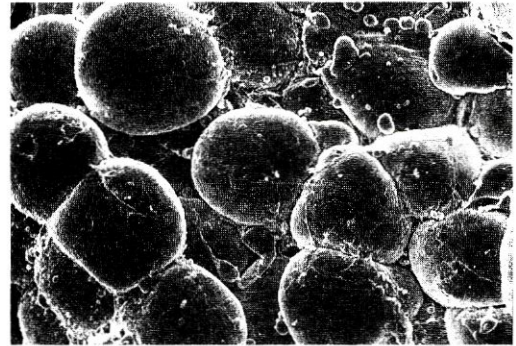
Ο συνδετικός ιστός, ίσως είναι ο ιστός με την μεγαλύτερη ποικιλία κυτταρικών μορφών (Εικ. 1.3.1). Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του είναι η *άφθονη μεσοκυττάρια ουσία*, δηλαδή το σύνολο των ουσιών μεταξύ των κυττάρων (που στην πλειοψηφία τους παράγονται από τα ίδια τα κύτταρα του συνδετικού ιστού). Στη μεσοκυττάρια ουσία υπάρχουν ειδικές πρωτεΐνες, οι **ίνες** (π.χ. κολλαγόνες ίνες, ελαστικές ίνες). Από τα κύτταρα του συνδετικού ιστού και τη μεσοκυττάρια ουσία είναι φτιαγμένοι οι **τένοντες**, οι **χόνδροι** και τα **οστά**. Αλλά κι ο χαλαρός ιστός που γεμίζει τους χώρους ανάμεσα στα όργανα, οι μεμβράνες που περιβάλλουν τα νεύρα, τους μύες κλπ. συνδετικός ιστός. Σ' όλες αυτές τις μορφές συνδετικού ιστού εκείνο που αλλάζει είναι η αναλογία ινών και μεσοκυττάριας ουσίας, καθώς και το ποιό από τα είδη ινών βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό. Άλλα είδη κυττάρων του συνδετικού ιστού είναι τα **λιποκύτταρα**, (τα κύτταρα που συνιστούν το λιπώδη ιστό, Εικ. 1.3.2) και τα κύτταρα του αίματος (ερυθροκύτταρα, λεμφοκύτταρα).

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι οι λειτουργίες του συνδετικού ιστού είναι:

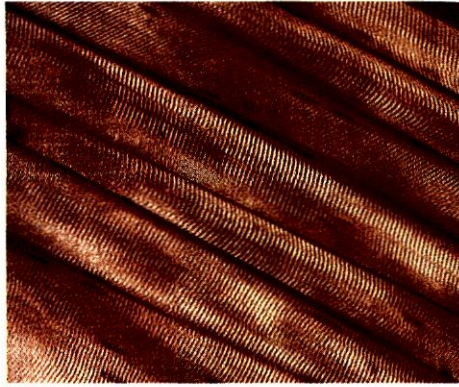
- α) *στήριξη* (οστά, χόνδροι)
- β) *πλήρωση* των διάκενων ανάμεσα στους σχηματισμούς των άλλων ιστών
- γ) *αποθήκευση* των λιπαρών οξέων στα λιποκύτταρα. Ο λιπώδης ιστός στους άνδρες αποτελεί το 15-20% του σωματικού βάρους και στις γυναίκες το 20-25%. Είναι η σπουδαιότερη ενεργειακή μας αποθήκη. Παράλληλα, στα οστά είναι αποθηκευμένο το 99% του Ca^{2+} του σώματος.
- δ) *άμυνα* του οργανισμού έναντι μικροβίων και λοιπών εισβολέων.
- ε) *επανόρθωση βλαβών*. Η επούλωση πληγών εξαρτάται από την αναγεννητική ικανότητα του συνδετικού ιστού.



Εικ. 1.3.1:
Καλλιέργεια ινοβλαστών όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Μπορείτε να σκεφτείτε μια βιοτεχνολογική εφαρμογή που θα μπορούσε να στηριχτεί στην καλλιέργεια ινοβλαστών ή άλλων κυττάρων του συνδετικού ιστού;



Εικ. 1.3.2:
Επάνω: Λιποκύτταρα, όπως φαίνονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. αναζητείστε τη χημική μορφή αποθήκευσης του λίπους στα λιποκύτταρα..
Κάτω: η κατανομή του λιπώδους ιστού στον άντρα και τη γυναίκα.



Εικ. 1.4.1:

Σκελετικά μυϊκά κύτταρα όπως φαίνονται σε ένα οπτικό μικροσκόπιο. Οι μικρές σκούρες κηλίδες είναι πυρήνες. Η χαρακτηριστική γραμμώση των σκελετικών μυϊκών ινών είχε παρατηρηθεί ήδη από την εποχή του Leeuwenhoek, τον εφευρέτη του μικροσκοπίου.

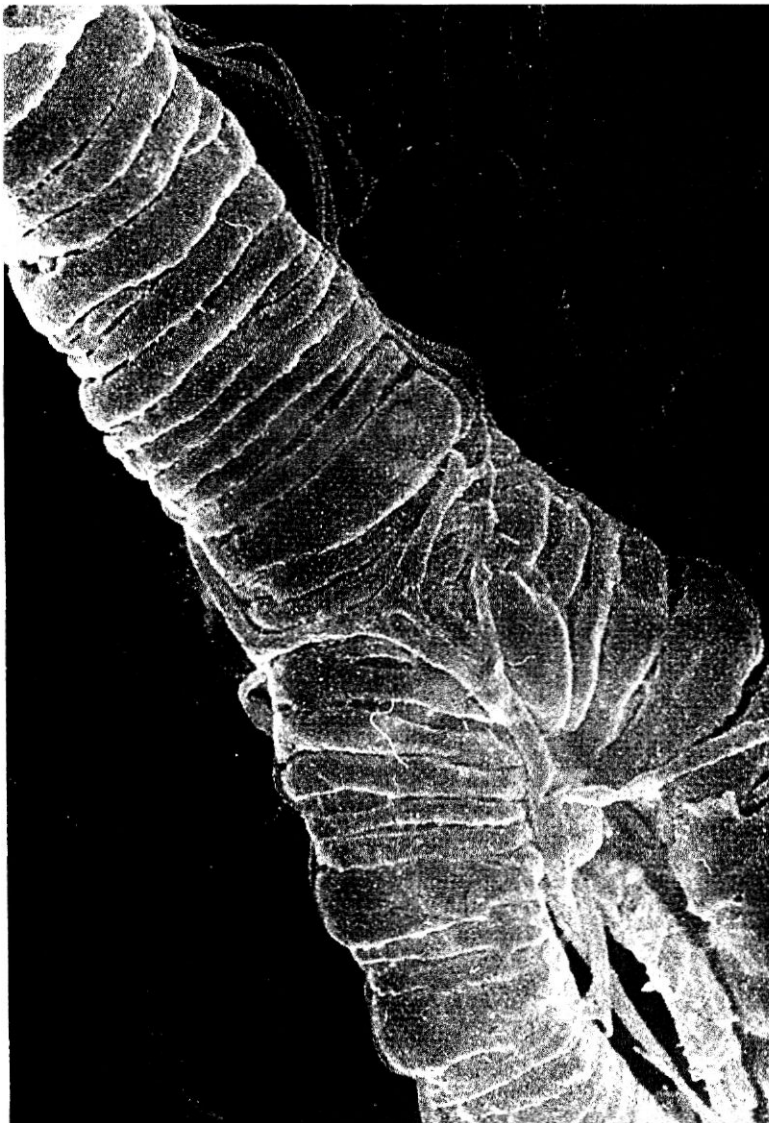
1.4 ΜΥΪΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

Ο μυϊκός ιστός αποτελείται από κύτταρα που κατάγονται κι αυτά από το μεσόδερμα. Τα μυϊκά κύτταρα έχουν μεγάλο μήκος (μερικά πάνω από 20 cm) και έχουν αναπτύξει την ικανότητα της **συστολής**, δηλ. την ικανότητα να μικραίνουν το μήκος τους και μετά να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση. Ακριβώς επειδή είναι επιμήκη, ονομάζονται **μυϊκές ίνες**. Υπάρχουν τρία είδη μυϊκών ινών ανάλογα με την ιδιαίτερη μορφολογία που παρουσιάζουν: οι **γραμμωτές** μυϊκές ίνες, οι **λείες** μυϊκές ίνες και οι **καρδιακές** μυϊκές ίνες.

- Οι **γραμμωτές** μυϊκές ίνες λέγονται και σκελετικές επειδή τις συναντάμε μόνο στους σκελετικούς μύες. Λέγονται γραμμωτές, γιατί όταν τις κοιτάζει κανείς στο μικροσκόπιο εμφανίζουν εναλλασσόμενες σκουρόχρωμες και ανοιχτόχρωμες περιοχές (γραμμώσεις) κατά μήκος τους (Εικ. 1.4.1). Η συστολή τους επηρεάζεται από τη θέληση μας.

- Οι **καρδιακές** μυϊκές ίνες (δηλ. οι ίνες του μυοκαρδίου) μοιάζουν τόσο στις γραμμωτές, όσο και στις λείες ίνες. Αν και έχουν γραμμώσεις, η συστολή τους δεν υπακούει στη θέλησή μας.

- Οι **λείες** μυϊκές ίνες (Εικ. 1.4.2) δεν εμφανίζουν γραμμώσεις και η λειτουργία τους δεν εξαρτάται από την θέληση μας. Επενδύουν κυρίως τοιχώματα αυλών, (γαστρεντερικός σωλήνας, αγγεία) και κοιλοτήτων (κύστη κλπ.).



Εικ. 1.4.2:

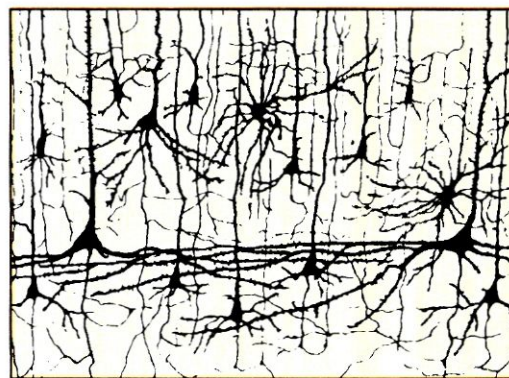
Λεία μυϊκά κύτταρα που περιβάλλουν ένα αγγείο, όπως φαίνονται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Όταν συστέλλονται, μειώνεται η διάμετρος του αγγείου κι επομένως και η ροή του αίματος μέσα από αυτό.

1.5 ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

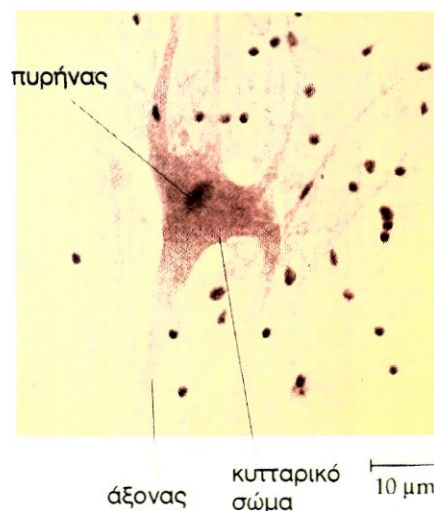
Όλες οι ιδιότητες του νευρικού ιστού, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 2, οφείλονται στις ιδιότητες των νευρώνων, την παραλλαγή ανθρώπινων κυττάρων δηλαδή, που συναντάμε στο νευρικό ιστό. Κάθε κυβικό εκατοστό νευρικού ιστού περιέχει μερικά εκατομμύρια νευρώνων, ενώ συνολικά στον οργανισμό υπολογίζεται ότι υπάρχουν πάνω από 100 δις. νευρώνες. Η κυριότερη ιδιότητα όλων αυτών των νευρώνων είναι η ικανότητά τους να παράγουν ηλεκτρικά σήματα ("νευρικές ώσεις") και να τα άγουν σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις μέσα στο σώμα. Επειδή αυτά τα σήματα διαρκούν μόλις 2 msec (χιλιοστά του δευτερολέπτου!), αποτελούν ένα πολύ γρήγορο μέσο για να επικοινωνούν οι νευρώνες μεταξύ τους, αλλά και με τα μυϊκά και αδενικά κύτταρα. Όλες οι εντυπωσιακές ιδιότητες που αποδίδονται στο νευρικό σύστημα, οφείλονται σε αυτήν ακριβώς την ιδιότητα των νευρώνων.

Οι νευρώνες έχουν αρκετή ποικιλία στη μορφολογία τους, αναλόγως με την περιοχή του νευρικού συστήματος όπου βρίσκονται.

Κατά τη γέννηση, ο αριθμός των νευρώνων είναι περίπου 100 δις. αλλά κατά τη διάρκεια της ενήλικης ζωής ένα σημαντικό ποσοστό απ' αυτά πεθαίνει. Οι νευρώνες είναι κύτταρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν πολλαπλασιάζονται κι επομένως αν πεθάνουν ή καταστραφούν, δεν αντικαθίστανται. Γι αυτό άλλωστε είναι τόσο έντονες οι επιπτώσεις από έναν τραυματισμό του νευρικού ιστού. Αν η καταστροφή αφορά μικρό αριθμό νευρώνων, είναι δυνατό η λειτουργία τους να υποκατασταθεί από γειτονικούς νευρώνες. Μεγαλύτερες καταστροφές όμως, δεν μπορούν να αναπληρωθούν και, όπως όλοι γνωρίζουμε, έχουν βαρύτερες επιπτώσεις στην υγεία μας.

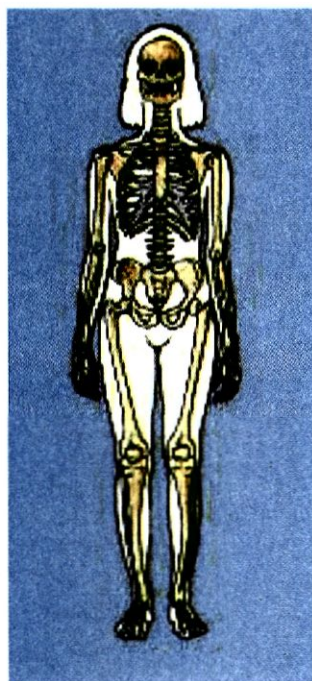
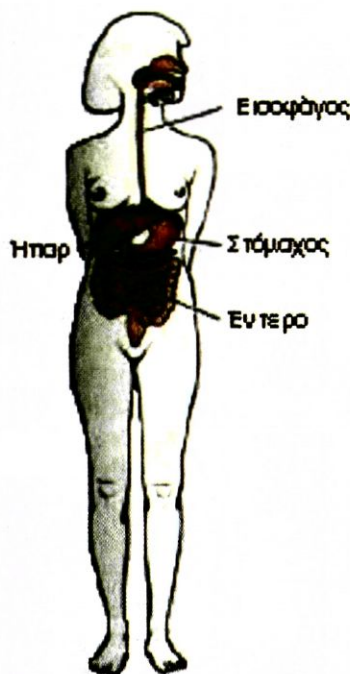


Εικ. 1.5.1:
Σκίτσο νευρώνων των εγκεφαλικών ημισφαιρίων, φτιαγμένο από τον Ramon y Cajal. Ο Cajal ήταν ένας αργεντινός γιατρός (και πεζογράφος) που πρωτοδιατύπωσε στις αρχές του αιώνα την θεωρία ότι το νευρικό σύστημα αποτελείται από ξεχωριστούς νευρώνες. Μέχρι τότε, κυριαρχούσε η άποψη ότι ο νευρικός ιστός είναι ενιαίος και ακύτταρος, κυρίως επειδή οι συνήθεις τεχνικές χρώσης των (άλλων) κυττάρων δεν χρώζουν τους νευρώνες.



Εικ. 1.5.2:
Ένα νευρικό κύτταρο, όπως φαίνεται σε ένα σύγχρονο φωτονικό μικροσκόπιο.

Πρόσφατα, κατέστη δυνατό να αναπτυχθούν (και να αναπαραχθούν) νευρικά κύτταρα σε κυτταροκαλλιέργειες. Καταβάλλονται προσπάθειες από τους ερευνητές να χρησιμοποιηθούν τέτοια κύτταρα στην αντιμετώπιση ασθενειών όπως π.χ. η νόσος του Parkinson, κατά την οποία έχουν καταστραφεί οι νευρώνες μιας συγκεκριμένης περιοχής του εγκεφάλου, καταστρέφονται ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου.



1.6 ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ

Οι διάφοροι ιστοί του σώματος διαπλέκονται μεταξύ τους κατάλληλα και σχηματίζουν τα όργανα, τα οποία επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Στη δημιουργία ενός οργάνου συμμετέχουν όλα σχεδόν τα είδη των ιστών, κάθε ένας από αυτούς, όμως, διατηρεί τη δική του λειτουργία. Για παράδειγμα, στον εντερικό αυλό, από μέσα προς τα έξω, διακρίνουμε μια στιβάδα επιθηλιακών κυττάρων, κάτω από αυτά μια στιβάδα κυττάρων του συνδετικού ιστού, γύρω από αυτήν μια στιβάδα μυϊκών κυττάρων στην οποία καταλήγουν πολλές απολήξεις νευρικών κυττάρων κλπ.

1.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Πολλά όργανα μαζί που συνεργάζονται και εξυπηρετούν μια λειτουργία αποτελούν ένα σύστημα του οργανισμού.

Έτσι, η μύτη, ο λάρυγγας, η τραχεία, οι βρόγχοι και οι πνεύμονες είναι όργανα του αναπνευστικού συστήματος. Όλα τα συστήματα μαζί αποτελούν το ανθρώπινο σώμα.

Συστήματα του ανθρώπινου σώματος

1. Πεπτικό σύστημα. Αποτελείται από τα όργανα του γαστρεντερικού σωλήνα (στόμα, οισοφάγος, στομάχος, έντερο) και τους πεπτικούς αδένες (χολή, ήπαρ). Από το πεπτικό σύστημα εισέρχονται οι τροφές στον οργανισμό. Γι αυτό άλλωστε αποτελεί μια κύρια **πύλη εισόδου** μικροβίων στο σώμα. Είναι όμως εφοδιασμένο με ειδικούς σχηματισμούς του ανοσοποιητικού συστήματος. Στο πεπτικό διασπώνται οι τροφές και στη συνέχεια **απορροφώνται** από το επιθήλιο του εντέρου. Από εκεί μεταφέρονται με το κυκλοφορικό σύστημα σε όλο το σώμα, όπου και διανέμονται στους ιστούς ανάλογα με τις ενεργειακές τους ανάγκες.

2. Ερειστικό σύστημα. Λέγοντας ερειστικό (δηλ. στηρικτικό) εννοούμε συνήθως μόνο τα οστά. Η στήριξη όμως του σώματος, όπως άλλωστε και η κίνησή του, απαιτεί και την συμμετοχή των μυών. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει 206 περίπου οστά, που είναι κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους με τις **αρθρώσεις** και σχηματίζουν το **σκελετό**. Εκτός από την κίνηση, πολλά οστά παρέχουν και προστατευτική λειτουργία για ευπαθείς περιοχές του σώματος (θώρακα, εγκέφαλο). Στα οστά του σκελετού είναι αποθηκευμένο το 99% του ασβεστίου του σώματος, ενώ στο μυελό των οστών παράγονται τα ερυθροκύτταρα και τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος.

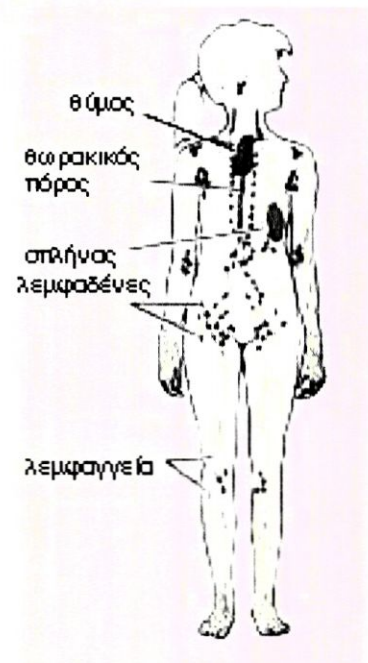
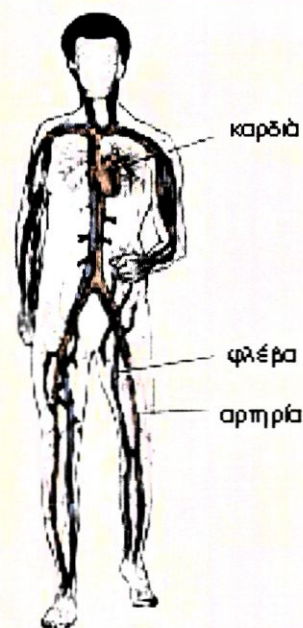
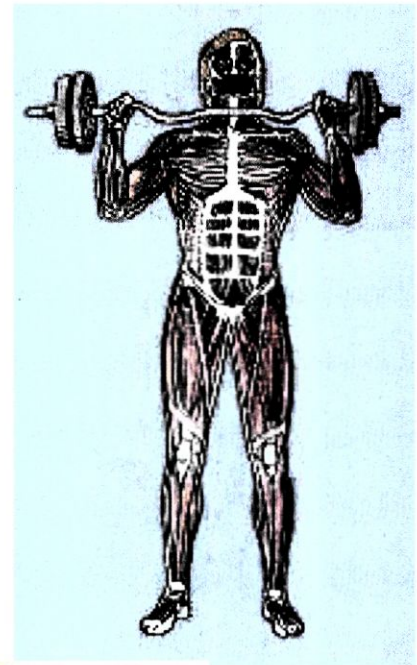
3. Μυϊκό σύστημα. Μαζί με το ερειστικό διεκπεραιώνει τις κινήσεις των μελών του σώματος και κατ' επέκταση κινεί το σώμα μας. Είναι **εκτελεστικό** όργανο. Για να λειτουργήσει χρειάζεται εντολές από το νευρικό σύστημα, ενώ για να τραφεί, χρειάζεται την πλούσια αιμάτωση από τα αγγεία του κυκλοφορικού. Αποτελεί το 40% περίπου της σωματικής μάζας και τον κύριο καταναλωτή θρεπτικών ουσιών του σώματος.

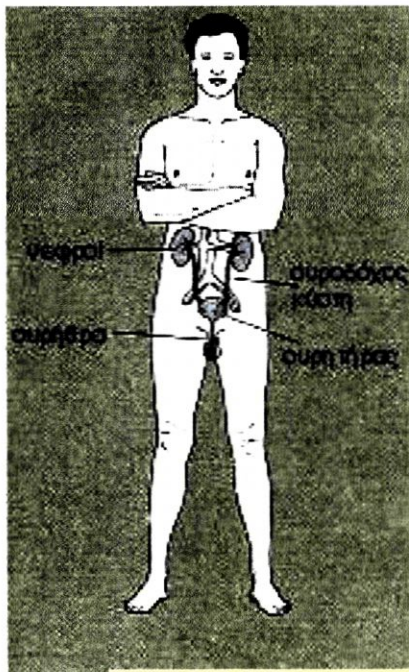
4. Αναπνευστικό σύστημα. Αποτελείται από τα όργανα της αναπνευστικής οδού, δηλαδή τη μύτη, το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους και τους πνεύμονες. Εξυπηρετεί (μαζί με το κυκλοφορικό) την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων (O_2 , CO_2) μεταξύ του οργανισμού και του ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι όμως, αποτελεί **πύλη εισόδου** μικροβίων και άλλων βλαβερών ουσιών, αλλά όπως και το πεπτικό, είναι κατάλληλα εφοδιασμένο με κύτταρα του ανοσοποιητικού.

5. Κυκλοφορικό σύστημα. Αποτελείται από την καρδιά (που λειτουργεί ως αντλία) και ένα κλειστό σύστημα αγγείων που εξασφαλίζει ότι το αίμα θα βρίσκεται (για όσο διαρκεί η ζωή μας) σε διαρκή κυκλοφορία. Αγγεία βρίσκονται παντού στο σώμα και μάλιστα σε πολύ μεγάλη πυκνότητα. Ακριβώς επειδή κυκλοφορεί διαρκώς στην άμεση γειτονία όλων των κυττάρων, επιτελεί ταυτόχρονα την τροφοδοσία των ιστών με θρεπτικά υλικά και οξυγόνο, την απομάκρυνση των άχρηστων ουσιών του κυτταρικού μεταβολισμού. Επίσης παίζει κεντρικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού και στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (θερμορύθμιση).

6. Λεμφικό σύστημα. Λειτουργεί συμπληρωματικά με το κυκλοφορικό. Αποτελείται από το σύστημα των **λεμφαγγείων** και των **λεμφαδένων**. Παίζει καθοριστικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού, αλλά και στην ισορροπία των υγρών μεταξύ ιστών και αίματος.

7. Νευρικό σύστημα. Είναι το σύστημα που μαζί με το ενδοκρινικό συντονίζει τη λειτουργία όλων των υπόλοιπων συστημάτων, προκειμένου να διατηρείται σταθερό το εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Επιπλέον, *προσλαμβάνει* με ειδικά αισθητήρια όργανα και κύτταρα τις πληροφορίες από το εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού, *αξιολογεί* το σύνολο αυτών των πληροφοριών και τέλος, είναι το σύστημα στο οποίο *παίρνονται οι αποφάσεις* για όλες τις εκούσιες κινήσεις μας. Αποτελείται από δύο

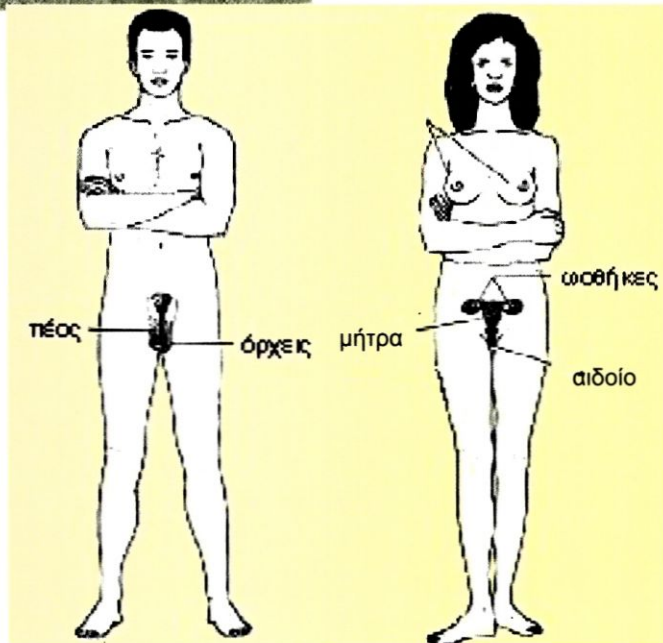




μεγάλους κλάδους. Το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ) και το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ). Από το ΑΝΣ ρυθμίζονται λειτουργίες όπως ο καρδιακός ρυθμός ή πίεση του αίματος, ενώ από το ΚΝΣ εκτελούνται οι ανώτερες λειτουργίες (φαντασία, συναισθήματα, κλπ) καθώς και όλες οι εκούσιες κινήσεις.

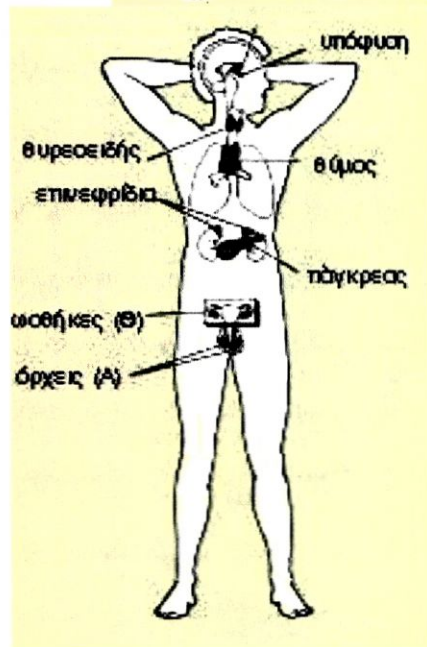
8. Ουροποιητικό σύστημα. Αποτελείται από τους νεφρούς τους ουρητήρες, την ουροδόχο κύστη και την ουρήθρα. Επιτελεί την αποβολή των άχρηστων και βλαβερών προϊόντων του μεταβολισμού. Στους νεφρούς γίνεται η διήθηση του αίματος. Ο ρόλος τους είναι επίσης καθοριστικός στην οξεοβασική ισορροπία του σώματος (δηλαδή την ισορροπία οξέων και βάσεων στα υγρά του σώματος). Η λειτουργία

των νεφρών είναι τόσο σημαντική για το σώμα, ώστε χαρακτηρίζονται ως ο “εγκέφαλος” του σώματος.



9. Γεννητικό σύστημα. Αποτελείται από τα γεννητικά όργανα, που είναι διαφορετικά στα δύο φύλα. Με το γεννητικό σύστημα και τη γενετήσια επαφή επιτυγχάνεται η αναπαραγωγή και διαίωξη του ανθρώπινου είδους. Φορέας αλλά και τροφός του εμβρύου είναι η γυναίκα, που είναι εφοδιασμένη με κατάλληλα όργανα και χαρακτηριστικά (ισχύο που να επιτρέπει την κύηση, μαζικοί αδένες). Τα αναπαραγωγικά όργανα στη γυναίκα είναι οι ωοθήκες και η μήτρα, ενώ στους άντρες οι όρχεις και το πέος. Οι ωοθήκες και οι όρχεις παράγουν όχι μόνο **γαμέτες** (σπερματοζωάρια,

ωάρια), αλλά και ορμόνες. Έτσι, συμμετέχουν ως όργανα και στο ενδοκρινικό σύστημα.



10. Σύστημα ενδοκρινών αδένων Αποτελείται από τους διάφορους ενδοκρινείς αδένες όπως η υπόφυση, ο θυρεοειδής αδένας, τα επινεφρίδια κ.λ.π. Οι ορμόνες από αυτούς τους αδένες συμμετέχουν καθοριστικά στην διατήρηση της ομοιόστασης του οργανισμού, αλλά και διαμορφώνουν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό και την ίδια τη συμπεριφορά του οργανισμού. Όπως και τα υπόλοιπα συστήματα δεν λειτουργεί από μόνο του αλλά βρίσκεται σε διαρκή αλληλεξάρτηση με όλα τα συστήματα.

1.8 Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

Τα διάφορα συστήματα συνδυάζονται ανατομικά και λειτουργικά μεταξύ τους συνθέτοντας ένα πολύπλοκο σύνολο, μια αυτόνομη βιολογική οντότητα που λέγεται **οργανισμός**. Τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού, όπως είπαμε και στην αρχή, μοιάζουν αρκετά στις βασικές τους λειτουργίες με τα πρωτόζωα. Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί που ζουν στο νερό (θάλασσες, λίμνες κλπ.). Το φυσικό τους περιβάλλον είναι ταυτόχρονα και το εξωκυττάριο περιβάλλον τους. Τα κύτταρα του ανθρώπου όμως ζουν στο εξωτερικό περιβάλλον του ανθρώπου (τον ατμοσφαιρικό αέρα), ούτε στο εξωκυττάριο περιβάλλον των πρωτόζωων (το θαλάσσιο νερό), αλλά στο **εξωκυττάριο υγρό**, το υγρό δηλαδή που περιβάλλει τα κύτταρα όλων των ιστών. Το εξωκυττάριο υγρό λέγεται **εσωτερικό περιβάλλον** του οργανισμού και όχι μόνο είναι πολύ παρόμοιο στη σύνθεσή του σε όλους τους ιστούς, αλλά μοιάζει πολύ και με το θαλασσινό νερό. Οι φυσικοχημικές του ιδιότητες είναι τέτοιες, που να επιτρέπουν την επιτέλεση των βασικών κυτταρικών λειτουργιών (επικοινωνία με το περιβάλλον, μεταβολισμός, αναπαραγωγή). Η διατήρηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εξωκυτταρίου υγρού μέσα σε όρια που να επιτρέπουν την επιβίωση όλων των κυττάρων του οργανισμού λέγεται **ομοιόσταση**. Η ομοιόσταση είναι αυτό που επιτυγχάνεται από τη συντονισμένη λειτουργία όλων των συστημάτων και δεν είναι αποκλειστική "αρμοδιότητα" κανενός συστήματος. Αν κάποια σημαντική παράμετρος του εσωτερικού περιβάλλοντος πέσει κάτω από μια κρίσιμη τιμή, τότε διεγείρονται ειδικά (γι αυτή την παράμετρο) κύτταρα και ενεργοποιούν αλυσίδες κυτταρικών αντιδράσεων, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν τελικά στην επαναφορά της παραμέτρου εντός των συνήθων ορίων.

Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης η κατανάλωση οξυγόνου από τους μύες είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Οι μύες προμηθεύονται το οξυγόνο από το αίμα. Όταν η συγκέντρωση του O_2 στο αίμα πέσει (εξαιτίας της αυξημένης μυϊκής λειτουργίας) κάτω από μια κρίσιμη τιμή, ενεργοποιούνται ειδικά νευρικά κύτταρα, τα οποία επηρεάζουν τα (νευρικά) κέντρα ελέγχου του αναπνευστικού ρυθμού.

Η πτώση της ποσότητας οξυγόνου στο αίμα οδηγεί σε αύξηση του αναπνευστικού ρυθμού (λαχάνιασμα) κι επομένως σε αύξηση της ποσότητας αέρα, επομένως και οξυγόνου που εισέρχεται στους πνεύμονες και από κει στην αιματική κυκλοφορία. Τελικά η συγκέντρωση O_2 στο αίμα επανέρχεται στα αρχικά της επίπεδα. Σε αυτό το παράδειγμα ομοιοστατικού μηχανισμού παίρνουν μέρος το μυϊκό σύστημα, το κυκλοφορικό, το νευρικό, το αναπνευστικό και δεν είναι δύσκολο να υποπτευθεί κανείς ότι, ίσως, να συμμετέχουν και τα υπόλοιπα συστήματα σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Παρόμοιοι ομοιοστατικοί μηχανισμοί υπάρχουν πάρα πολλοί στο σώμα μας και καθένας από αυτούς επηρεάζει την ποσότητα κάποιας σημαντικής ουσίας ή αθροίσματος ουσιών σε κάποιο τμήμα του οργανισμού (π.χ. O_2 στο αίμα, όγκος τροφής στο στομάχο κλπ).

Όσο διαφορετικοί κι αν είναι όμως οι ομοιοστατικοί μηχανισμοί, έχουν όλοι ένα κοινό χαρακτηριστικό. Όλοι ανεξαιρέτως συμβάλλουν στη διατήρηση σχετικά σταθερών συνθηκών στο εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Ταυτόχρονα, αυτό το υγρό δεν είναι "σπορά της τύχης" αλλά προκύπτει από τις εκκρίσεις και απαιτήσεις όλων ανεξαιρέτως των κυττάρων, με λίγα λόγια συνδιαμορφώνεται από τα κύτταρα του οργανισμού.

Ένας πολυκύτταρος οργανισμός σαν τον άνθρωπο διατηρείται στη ζωή για όσο ακριβώς διάστημα οι ομοιοστατικοί του μηχανισμοί διατηρούν τις συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος σε σχετικά σταθερά όρια. Αντικείμενο της Βιολογίας του Ανθρώπου είναι η μελέτη αυτών των μηχανισμών.

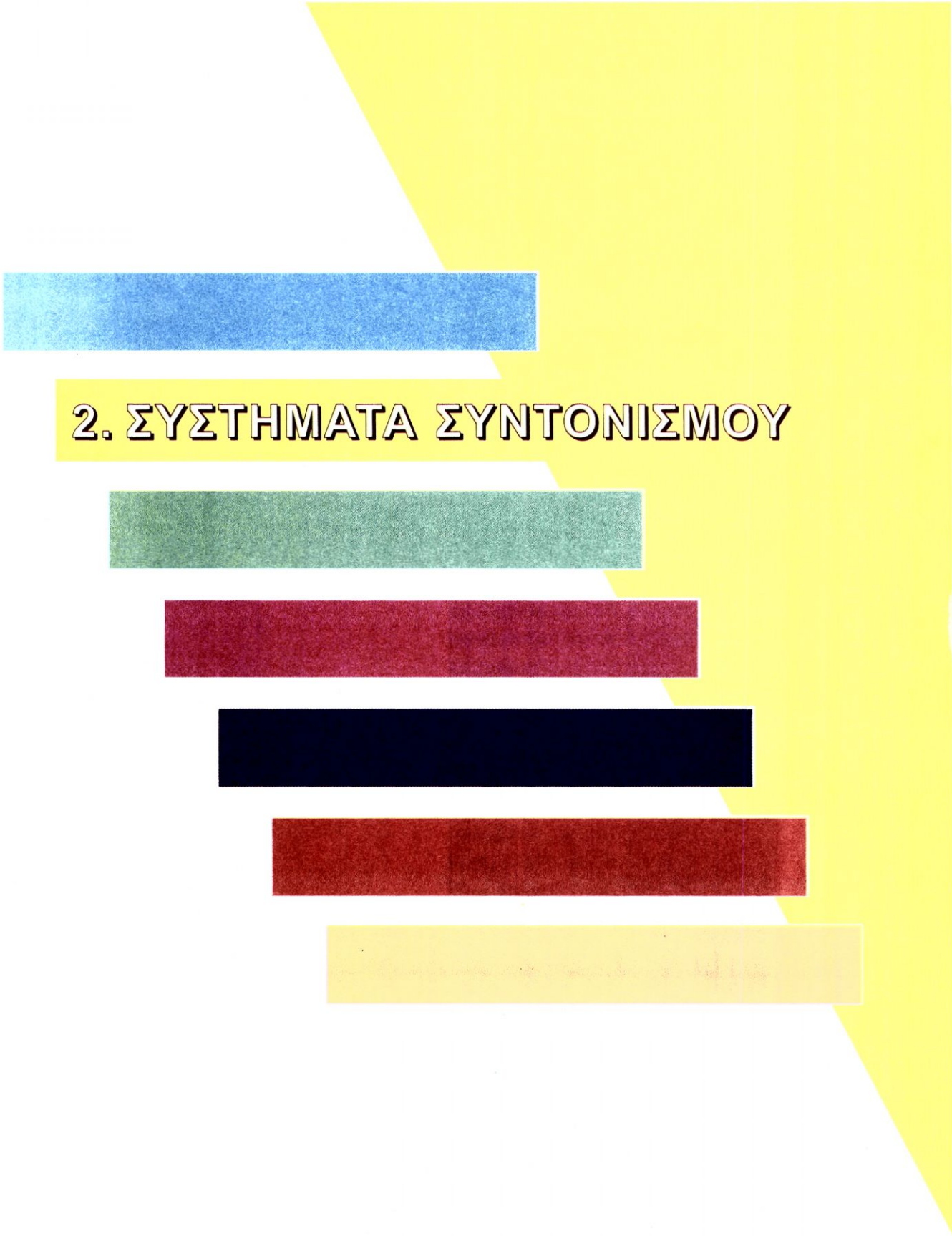
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κύτταρο είναι η μικρότερη μονάδα ζωής. Όλα τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού προέρχονται από το ζυγωτό και με τη διαφοροποίηση αποκτούν εξειδικεύσεις στη δομή και τη λειτουργία τους. Με βάση τις γενικές τους λειτουργίες, διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες κυττάρων, τα επιθηλιακά κύτταρα, τα κύτταρα του συνδετικού ιστού, τα μυϊκά κύτταρα και τα νευρικά κύτταρα. Συναθροίσεις κυττάρων της ίδιας κατηγορίας λέγονται **ιστοί**. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι ιστού: ο **επιθηλιακός**, ο **συνδετικός**, ο **μυϊκός** και ο **νευρικός**.

Κύτταρα από κάθε ιστό συμμετέχουν στο σχηματισμό **οργάνων**, τα οποία με τη σειρά τους σχηματίζουν λειτουργικά σύνολα που λέγονται **συστήματα**. Καθένα από τα δέκα συστήματα είναι κατάλληλα προσαρμοσμένο στην διεκπεραίωση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας του οργανισμού. Το σύνολο των συστημάτων συνιστούν τον οργανισμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

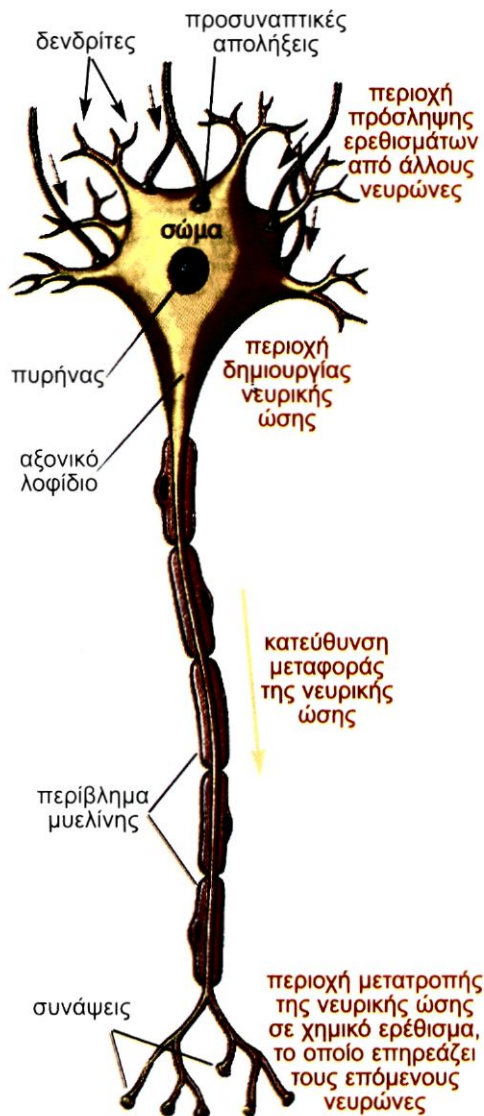
1. Ποιά είναι τα βασικά φαινόμενα που εκδηλώνονται σ' όλα τα κύτταρα;
2. Πώς εξηγείται η πολύ μεγάλη ποικιλία κυττάρων στο ανθρώπινο σώμα;
3. Τί ονομάζεται ιστός και ποιοί είναι οι κύριοι ιστοί του ανθρώπινου οργανισμού;
4. Ποιές είναι οι λειτουργίες των επιθηλιακών κυττάρων;
5. Συμπληρώστε τα κενά:
 - α. Η πορεία απόκτησης των ιδιαίτερων και χαρακτηριστικών ενός κυττάρου λέγεται
 - β. Η διατήρηση των του εξωκυττάριου υγρού μέσα σε όρια που να επιτρέπουν την όλων των κυττάρων του οργανισμού λέγεται
6. Ποιές από τις παρακάτω είναι λειτουργίες του συνδετικού ιστού:
α. στήριξη β. άμυνα γ. συστολή
7. Ποιές διαφορές υπάρχουν μεταξύ γραμμωτών και λείων μυϊκών ινών;
8. Ποιά είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των νευρώνων;
9. Ποιά είναι τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού και ποιά η γενική του λειτουργία;



2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

2.1 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το νευρικό σύστημα είναι το σύστημα που συντονίζει την λειτουργία όλων των υπολοίπων συστημάτων του οργανισμού. Αυτό γίνεται με τη διαρκή πρόσληψη ερεθισμάτων από τον εξωτερικό κόσμο και το εσωτερικό περιβάλλον του σώματος και τη μεταφορά τους, μέσω των **νεύρων**, στο **Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ)**. Εκεί τα ερεθίσματα αξιολογούνται και γίνεται η επεξεργασία των απαραίτητων (νευρικών) εντολών. Στη συνέχεια οι εντολές μεταβιβάζονται (πάλι μέσω των νεύρων) στα εκτελεστικά όργανα (μύες και αδένες). Στο νευρικό σύστημα συναντάμε κυρίως **νευρικά κύτταρα** και **νευρογλοία**.



Εικ.2.1.1:
Σχήμα ενός τυπικού νευρώνα.

2.1.1 Το Νευρικό Κύτταρο και η δομή του

Το νευρικό κύτταρο ή **νευρώνας** αποτελεί τη δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος. Κάθε νευρικό κύτταρο αποτελείται από τέσσερις περιοχές: το **κυτταρικό σώμα**, τους **δενδρίτες**, τον **νευράξονα** και τις **συνάψεις** (Εικ. 2.1.1). Αυτές οι περιοχές έχουν πάντα την ίδια διάταξη μεταξύ τους, η οποία, όπως θα δούμε στη συνέχεια, προσδίδει έναν προσανατολισμό στη λειτουργία των νευρώνων.

Οι **δενδρίτες** είναι αποφυάδες του κυτταροπλάσματος που διακλαδίζονται εκτεταμένα και αποτελούν μαζί με το σώμα την κύρια περιοχή υποδοχής μνημάτων, είτε από άλλα κύτταρα, είτε από το περιβάλλον.

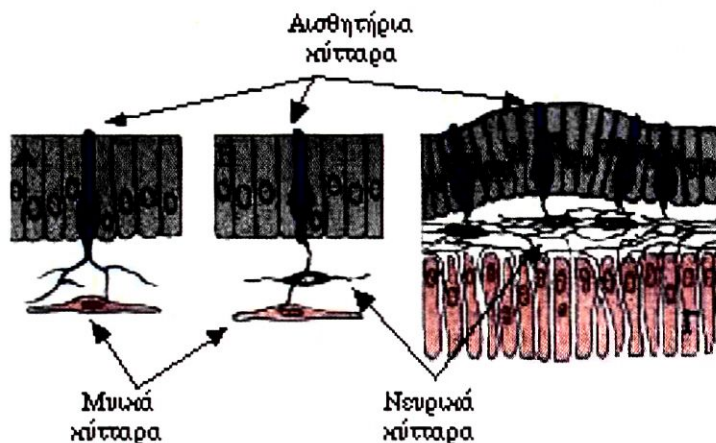
Στο **σώμα** πραγματοποιούνται όλες εκείνες οι μεταβολικές αντιδράσεις και διεργασίες με τις οποίες ο νευρώνας επιβιώνει (παραγωγή ATP κλπ.). Το σώμα των νευρώνων είναι η περιοχή όπου μετασχηματίζονται σε ηλεκτρικά σήματα (**νευρικές ώσεις**) τα μηνύματα που δέχεται ο νευρώνας.

Ο **νευράξονας** είναι το τμήμα του νευρώνα που **μεταβιβάζει** τα σήματα που δημιουργούνται στο σώμα, προς τις απολήξεις του άξονα. Το μήκος των νευραξόνων σε ορισμένους νευρώνες μπορεί να ξεπερνά το 1m, ενώ η διάμετρός τους σπάνια φθάνει το 0.1mm. Σε πολλούς νευρώνες οι νευράξονες περιβάλλονται από ένα περίβλημα **μυελίνης**, που επηρεάζει σημαντικά τη μεταβίβαση των νευρικών ώσεων.

Οι άξονες διακρίνονται σε εμύελους ή αμύελους αναλόγως του αν περιβάλλονται από μυελίνη ή όχι. Η μυελίνη αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες και λιπίδια. Η καταστροφή της προκαλεί ορισμένες σοβαρότατες ασθένειες όπως η Σκλήρυνση κατά Πλάκας.

Στις απολήξεις των νευραξόνων υπάρχουν οι **συνάψεις**. Οι συνάψεις είναι το τμήμα του νευρώνα που βρίσκεται σε πολύ στενή επαφή με άλλα κύτταρα. Στις συνάψεις γίνεται η μετάδοση των μηνυμάτων από ένα νευρώνα σε ένα άλλο κύτταρο (νευρικό, μυϊκό ή αδενικό).

Οι νευρώνες ανάλογα με τη λειτουργία τους διακρίνονται σε **αισθητικούς**, **ενδιάμεσους** και **κινητικούς**. Οι αισθητικοί νευρώνες μεταφέρουν τα ερεθίσματα από την περιφέρεια προς το ΚΝΣ. Οι ενδιάμεσοι νευρώνες υπάρχουν μόνο στο ΚΝΣ. Αυτοί επεξεργάζονται και μεταβιβάζουν τις νευρικές ώσεις σε άλλα νευρικά κύτταρα. Οι κινητικοί μεταφέρουν τις εντολές από το ΚΝΣ προς τα εκτελεστικά όργανα (μυς και αδένες).



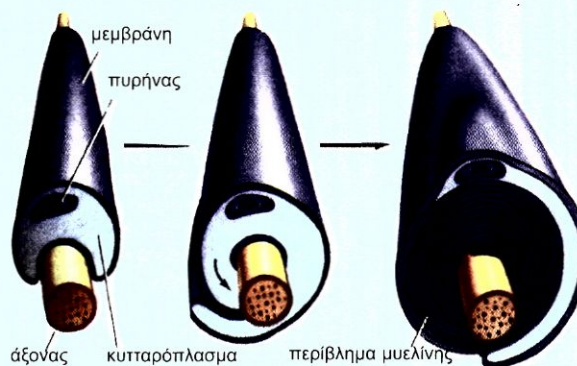
Εικ.2.1.2:

Οι νευρώνες είναι κύτταρα που διαφοροποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μακράς εξέλιξης των ζώων οργανισμών, ως μεσολαβητές μεταξύ αισθητικών υποδοχέων και μυϊκών κυττάρων.

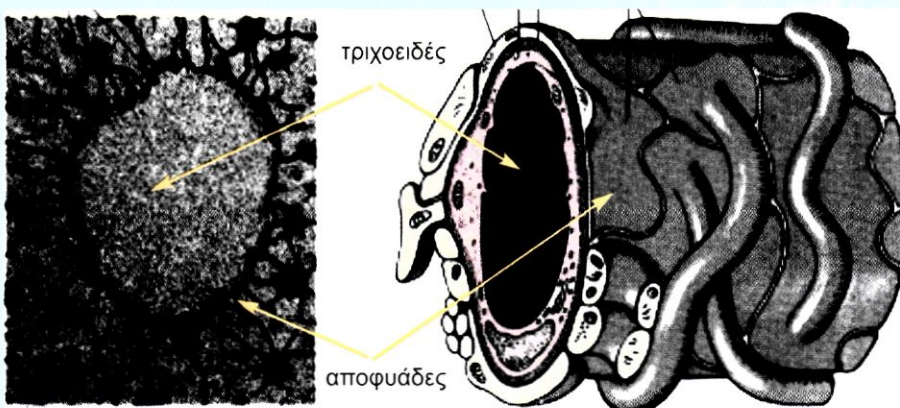
Η Νευρολογία

Τα νευρικά κύτταρα περιβάλλονται από τη νευρογλοία, η οποία αποτελείται από **νευρογλοιακά κύτταρα** και μεσοκυττάρια ουσία. Τα νευρογλοιακά κύτταρα εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία στη μορφή και τη λειτουργία τους. Σε γενικές γραμμές, παρέχουν υποστηρικτικές και ανοσοποιητικές λειτουργίες στα νευρικά κύτταρα, ρυθμίζουν τη σύσταση του χημικού περιβάλλοντος στο νευρικό ιστό κλπ. Στις διπλανές εικόνες παρουσιάζονται δύο από τα πολλά είδη νευρογλοιακών κυττάρων, το κύτταρο Schwann και τα αστροκύτταρα.

Τα **κύτταρα Schwann** περιβάλλουν τους νευράξονες των περιφερικών νευρών. Έτσι, ο νευράξονας αποκτά ένα στρώμα μυελίνης γύρω του που επιδρά σημαντικά στην ταχύτητα με την οποία άγεται η νευρική ώση κατά μήκος του (βλέπε επόμενες παραγράφους). Η σύσταση της μυελίνης είναι ουσιαστικά η σύσταση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των κυττάρων Schwann. Στην εικόνα φαίνεται ο τρόπος που διπλώνονται για να περιβάλλουν τον νευράξονα.



Τα **αστροκύτταρα** είναι γλοιοκύτταρα που περιβάλλουν με τις αποφυάδες τους τα τριχοειδή αγγεία στο ΚΝΣ, συνιστώντας με αυτό τον τρόπο ένα φραγμό στην ελεύθερη διάχυση ουσιών προς το ΚΝΣ. Στην φωτογραφία φαίνεται σε κάθετη διατομή ένα τριχοειδές του ΚΝΣ καθώς περιβάλλεται από τις αποφυάδες των αστροκυττάρων (η φωτογραφία αριστερά είναι από οπτικό μικροσκόπιο και τα αστροκύτταρα έχουν βαφτεί με χρώση αργύρου).



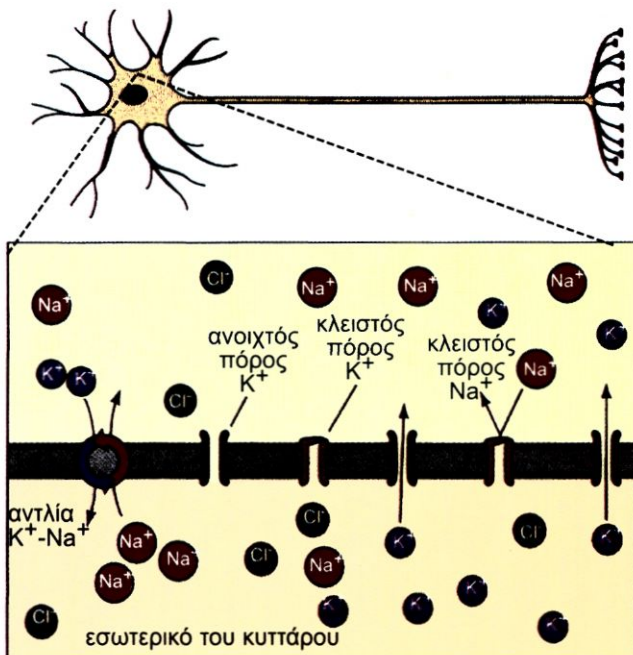
2.1.2 Η λειτουργία των νευρικών κυττάρων

	Εξωκυττ. υγρό	Ενδοκυττ. υγρό	
Πρωτεΐνες,			
ATP, κλπ.	30	164	
K^+	5	150	
Na^+	142	4	άνθρωπος
Cl^-	103	10	

	Θαλάσσιο νερό	Εξωκυττ. υγρό	Ενδοκυττ. υγρό	
Πρωτεΐνες,				
ATP, κλπ.	15	19	380	
K^+	10	20	400	
Na^+	445	440	50	θαλάσσιο ασπόνδυλο
Cl^-	440	506	52	

Εικ.2.1.3:

Η κατανομή ιόντων και ουσιών στο εσωτερικό και το εξωτερικό των κυττάρων. Οι αριθμοί αντιστοιχούν σε συγκεντρώσεις (mM/l).



Εικ.2.1.4:

Σχηματική αναπαράσταση των διαφορετικών συγκεντρώσεων ανιόντων και κατιόντων μέσα κι έξω από την κυτταροπλασματική μεμβράνη.

Ίσως το πιο θαυμαστό χαρακτηριστικό των νευρώνων είναι η ικανότητά τους να διεγείρονται στιγμιαία και να μεταδίδουν αυτή τη διέγερση σ' άλλα κύτταρα. Αυτή η στιγμιαία αλλαγή της κατάστασής τους, από την "ηρεμία" στη "διέγερση", διαρκεί ελάχιστα, μόλις 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms). Η καταπληκτική ταχύτητα με την οποία μεταβάλλεται η λειτουργική κατάσταση των νευρώνων, δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό να επεξεργάζεται **ταχύτατα** τις πληροφορίες που δέχεται από τα διάφορα εξειδικευμένα όργανα και κύτταρα (π.χ. μάτι, αυτί, υποδοχείς θερμοκρασίας, πόνου κλπ.) και να **προσαρμόζει** εξίσου ταχύτατα τις αντιδράσεις του (π.χ. κίνηση). Για παράδειγμα (Εικ. 2.1.2), όταν κάποιος αισθητικός νευρώνας (π.χ. υποδοχέας πόνου) δεχθεί ένα ερέθισμα που δηλώνει ότι "εδώ που βρίσκομαι έχει συμβεί μια επώδυνη βλάβη", διεγείρεται και μεταβιβάζει το ερέθισμα (με το νευράξονά του) στο ΚΝΣ. Εκεί, συνάπτεται με κάποιο ενδιάμεσο νευρώνα του ΚΝΣ και τον διεγείρει. Αυτός με τη σειρά του μεταβιβάζει τη διέγερση (μέσω του νευράξονα) σ' έναν **κινητικό** νευρώνα, ο οποίος με τη σειρά του διεγείρεται και στέλνει τη διέγερση (μέσω του νευράξονα) στα κατάλληλα μυϊκά κύτταρα. Τα τελευταία όταν διεγείρονται, συστέλλονται και απομακρύνουν το απειλούμενο τμήμα του οργανισμού από το επικίνδυνο σημείο.

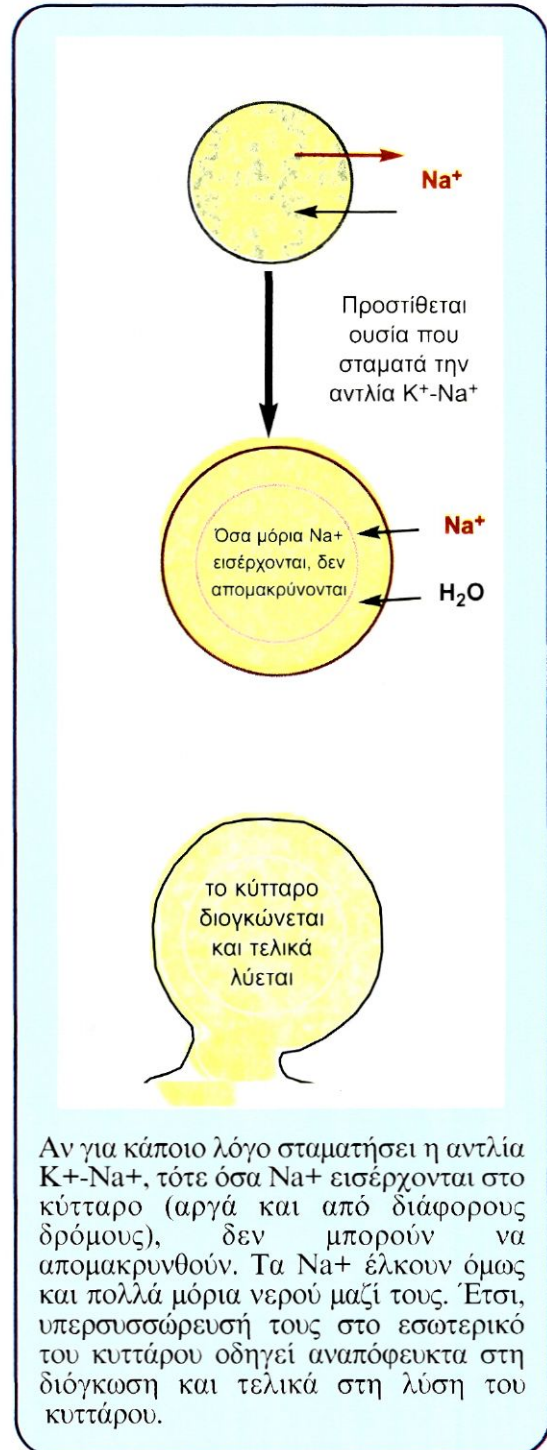
Όλες αυτές οι διεγέρσεις και μεταβιβάσεις των διεγέρσεων βασίζονται σε ιδιότητες και λειτουργίες της **κυτταροπλασματικής μεμβράνης** των νευρικών κυττάρων και θα τις εξετάσουμε αμέσως παρακάτω.

Το δυναμικό ηρεμίας των νευρώνων

Αν κοιτάξουμε τις συγκεντρώσεις που έχουν διάφορες ουσίες στην εσωτερική και εξωτερική πλευρά της μεμβράνης (οποιοδήποτε κυττάρου σε οποιοδήποτε οργανισμό), θα δούμε ότι υπάρχουν αρκετές διαφορές (Εικ.2.1.3). Μια από τις καθοριστικότερες διαφορές είναι η διαφορά στη συγκέντρωση **πρωτεϊνών**. Στο εσωτερικό των κυττάρων υπάρχουν πρωτεΐνες, οι οποίες δεν μπορούν να διαχυθούν έξω από το κύτταρο λόγω του μεγάλου όγκου τους. Επιπλέον, στο χημικό περιβάλλον που επικρατεί στο εσωτερικό των κυττάρων, οι περισσότερες από αυτές τις

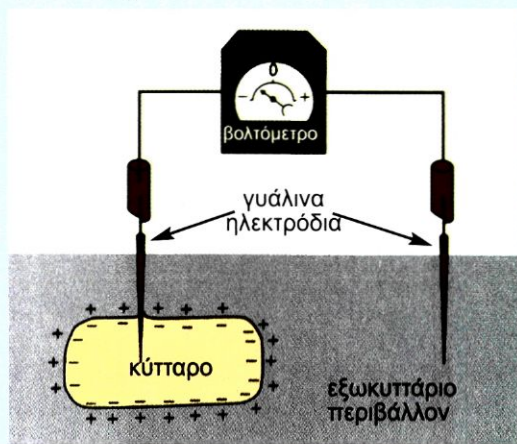
πρωτεΐνες (αλλά και άλλες ουσίες όπως π.χ. το ATP) είναι αρνητικά φορτισμένες. Συνολικά, στις συνθήκες ηρεμίας διακρίνουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στην κατάσταση των κυττάρων:

- α) Δημιουργείται ένα περίσσειμα αρνητικών φορτίων μέσα στα κύτταρα (Εικ.2.1.4), σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον, τα οποία δεν μπορούν να διαφύγουν από το εσωτερικό.
- β) Στις μεμβράνες όλων των κυττάρων υπάρχουν πρωτεϊνικοί πόροι (σαν μικροσκοπικές σήραγγες), μέσα από τους οποίους μπορούν να περνούν τα μικρά ιόντα, από τη μια πλευρά της μεμβράνης στην άλλη. Υπάρχουν ξεχωριστοί πόροι για κάθε ιόν. Έτσι, στην κυτταροπλασματική μεμβράνη όλων των κυττάρων υπάρχουν **πόροι K^+** , που είναι ανοιχτοί και επιτρέπουν τη διάχυση των ιόντων K^+ στο εσωτερικό των κυττάρων. Το αποτέλεσμα είναι να συσσωρεύονται τα ιόντα K^+ στο ηλεκτρ αρνητικό κυτταρόπλασμα, αποκτώντας 25 περίπου φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σχέση με το εξωκυττάριο περιβάλλον (Εικ.2.1.3, 2.1.4). Στην περίπτωση των νευρικών κυττάρων, εκτός από τους πόρους K^+ υπάρχουν και άλλοι πόροι που θα εξετάσουμε σε λίγο.
- γ) Σε συνθήκες ηρεμίας, οι μεμβράνες των κυττάρων δεν είναι διαπερατές για το **Na^+** . Το Na^+ , παρότι έλκεται ισχυρά, δεν έχει δίοδο για να περάσει στο ηλεκτρ αρνητικό κυτταρόπλασμα (Εικ.2.1.4). Παρόλα αυτά, μερικά Na^+ εισέρχονται από άλλες οδούς μέσα στο κυτταρόπλασμα. Συνολικά όμως, ελάχιστα Na^+ παραμένουν εκεί.
- δ) Στη μεμβράνη όλων των κυττάρων υπάρχει μια ειδική πρωτεΐνη, η **αντλία K^+-Na^+** η οποία, **με κατανάλωση ATP**, αντλεί ιόντα Na^+ από το εσωτερικό του κυττάρου προς το εξωτερικό και ταυτόχρονα εισάγει ιόντα K^+ από το εξωτερικό προς το εσωτερικό (Εικ.2.1.4). Βλέπουμε λοιπόν ότι τα κύτταρα με κατανάλωση ενέργειας διατηρούν τις διαφορετικές συγκεντρώσεις K^+ και Na^+ στο κυτταρόπλασμα. Η λειτουργία της αντλίας K^+-Na^+ είναι σημαντικότερη για την κυτταρική "ομοιόσταση". Είναι χαρακτηριστικό ότι το 40% περίπου των κυτταρικών αποθεμάτων σε ATP καταναλώνεται από την αντλία K^+-Na^+ . Ο ρόλος της αντλίας K^+-Na^+ είναι να διατηρεί σταθερά χαμηλή τη συγκέντρωση Na^+ στο εσωτερικό του κυττάρου.

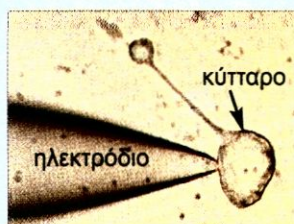


Τα δυναμικά των κυττάρων

Η μέτρηση της διαφοράς δυναμικού (ΔV) γίνεται με το βολτόμετρο. Για να μετρήσουμε τη ΔV μιας μπαταρίας π.χ. τοποθετούμε το ένα ηλεκτρόδιο του βολτόμετρου στον ένα πόλο, το άλλο στον άλλο πόλο και απλώς διαβάζουμε την ένδειξη.



Το ίδιο γίνεται και στα κύτταρα: το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο εξωκυτταρικό διάλυμα και το δεύτερο “τρυπά” τη μεμβράνη και εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα. Το ενδοκυτταρικό ηλεκτρόδιο όμως πρέπει να είναι πολύ λεπτό στην άκρη του για να μην τραυματίζει ανεπανόρθωτα την κυτταρική μεμβράνη. Έτσι, χρησιμοποιούνται ειδικά γυάλινα ηλεκτρόδια, στα οποία η “μύτη” δεν ξεπερνά το $1\mu\text{m}$ σε διάμετρο.



Μπορούμε να φανταστούμε την έννοια του δυναμικού ηρεμίας με τον εξής τρόπο: Αν μπορούσαμε να βάλουμε μια κάνουλα μεγάλης διαμέτρου στη μεμβράνη ενός κυττάρου και την ανοίγαμε, τότε η μετακίνηση της περίσσειας αρνητικών φορτίων από το εσωκυττάριο στο εξωκυττάριο περιβάλλον θα ισοδυναμούσε με διαφορά δυναμικού ίση με 70mV . Η **τιμή** του δυναμικού ηρεμίας εξαρτάται από το μέγεθος του κυττάρου. Ένα μεγάλο σε μέγεθος κύτταρο έχει και μεγαλύτερη διαφορά δυναμικού μεταξύ του έσω- και του εξωκυτταρίου περιβάλλοντος, ενώ ένα μικρό σε μέγεθος κύτταρο θα έχει μικρή διαφορά δυναμικού. Σε διάφορα κύτταρα διαφόρων ειδών έχουν μετρηθεί ΔH από -5 έως -110mV περίπου.

Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στην Εικ. 2.1.4. Η ενδοκυτταρική **περίσσεια** αρνητικών φορτίων δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού (ΔV) σε σχέση με το εξωκυτταρικό περιβάλλον. Αυτή η διαφορά δυναμικού λέγεται “**δυναμικό ηρεμίας**” (ΔH) και χαρακτηρίζει όλα τα κύτταρα (είτε είναι νευρικά, είτε όχι, Εικόνα 2.1.5). Επιπλέον, μπορεί να μετρηθεί.

Η νευρική ώση

Η διαφορετική συγκέντρωση θετικών και αρνητικών φορτίων στις δύο πλευρές της κυτταρικής μεμβράνης σημαίνει ότι η μεμβράνη είναι **πολωμένη** (όπως π.χ. μια μπαταρία). Αν το δυναμικό ηρεμίας σ' έναν νευρώνα μειωθεί από τα -70mV στα π.χ. -80mV , τότε λέμε ότι ο νευρώνας **υπερπολωθηκε**. Αν αυξηθεί το δυναμικό από τα -70mV στα π.χ. -60mV , τότε λέμε ότι **εκπολωθηκε**. Αν ένας νευρώνας (για οποιαδήποτε αιτία) υπερπολωθεί από τα -70 στα -80mV , ή εκπολωθεί από τα -70 στα -60mV , τότε μετά από λίγο ο νευρώνας επανέρχεται στην αρχική τιμή ηρεμίας -70mV . Οι νευρώνες δηλαδή έχουν μηχανισμούς για να επανέρχονται στην αρχική τιμή του δυναμικού ηρεμίας τους (Εικ.2.1.5α). Αυτούς τους μηχανισμούς τους έχουν όλα τα κύτταρα. Τα νευρικά και μυϊκά κύτταρα όμως έχουν ορισμένα επιπλέον χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να είναι **ηλεκτρικά διεγέρσιμα**. Πιο συγκεκριμένα:

α) Οι νευρώνες έχουν επάνω στη μεμβράνη τους και άλλους πόρους, οι οποίοι σε συνθήκες ηρεμίας είναι **κλειστοί** κι έτσι δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή η λειτουργία τους. Απ' αυτή την οικογένεια πόρων, οι σπουδαιότεροι είναι δύο. Οι **κλειστοί πόροι Na^+** , και οι **κλειστοί πόροι K^+** . Θα τους ονομάσουμε **κλειστούς πόρους Na^+** και **κλειστούς πόρους K^+** αντίστοιχα (Εικ. 2.1.5β), για να τους ξεχωρίζουμε από τους ανοιχτούς πόρους K^+ .

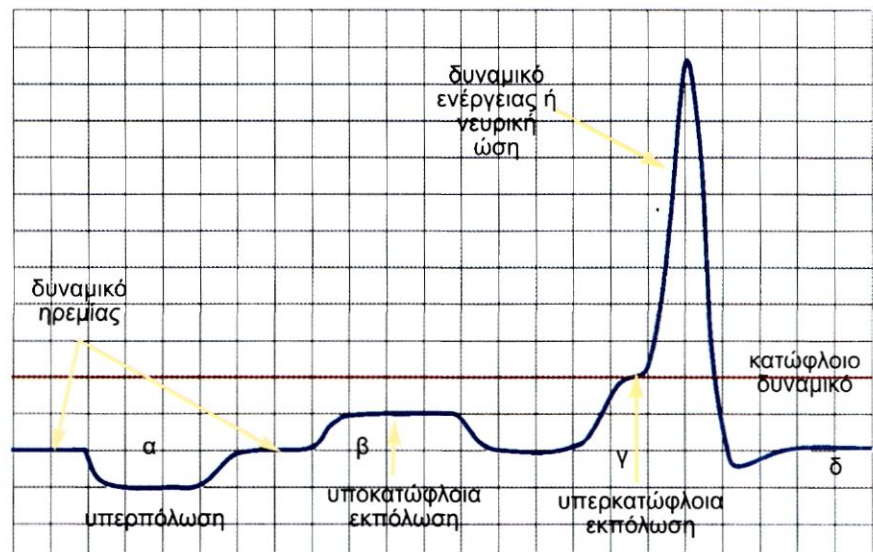
β) Αν η εκπόλωση φτάσει σε μια κρίσιμη τιμή που λέγεται **κατώφλιος τιμή**, (γύρω στα -40mV , Εικ. 2.1.5α,γ) τότε, σε ελάχιστο χρονικό διάστημα (μόλις 1ms) οι **κλειστοί πόροι Na^+** ανοίγουν απότομα. Έτσι, αίρεται το μοναδικό εμπόδιο για την είσοδο των ιόντων Na^+ στο εσωτερικό του νευρώνα. Όπως θα περίμενε κανείς, τα ιόντα Na^+ που είναι συσσωρευμένα στο εξωτερικό της μεμβράνης, θα εισέλθουν με ορμή στο εσωτερικό του κυττάρου. Η είσοδος τους είναι τόσο γρήγορη, ώστε σε 1ms το δυναμικό του νευρώνα μεταβάλλεται από το

π.χ. -70mV στα (περίπου) $+30\text{mV}$!. Η εκπόλωση δηλ. στο κατώφλιο δυναμικό οδήγησε το νευρώνα στο να αποκτήσει (προσωρινά) ένα θετικό δυναμικό πάνω από το μηδέν. Αυτό πάντως δεν διαρκεί πολύ: οι πόροι Na^+ παραμένουν ανοιχτοί μόνο για ένα msec και μετά επανέρχονται πάλι στην αρχική κλειστή τους κατάσταση (Εικ. 2.1.5δ).

γ) Αμέσως μόλις κλείσουν οι πόροι Na^+ , ανοίγουν διάπλστα οι κλειστοί πόροι K^+ . Η (παροδική) τιμή του δυναμικού στα $+30\text{mV}$ προκαλεί έξοδο του K^+ από το εσωτερικό του νευρώνα, (μπορείτε να δικαιολογήσετε γιατί θα συμβεί αυτό;). Οι πόροι K^+ μένουν ανοιχτοί μόνο για ένα msec (όπως προηγουμένως και οι κλειστοί πόροι Na^+ , Εικ.2.1.6). Ο χρόνος αυτός όμως είναι αρκετός για να επανέλθει το δυναμικό του κυττάρου στην αρχική του τιμή.

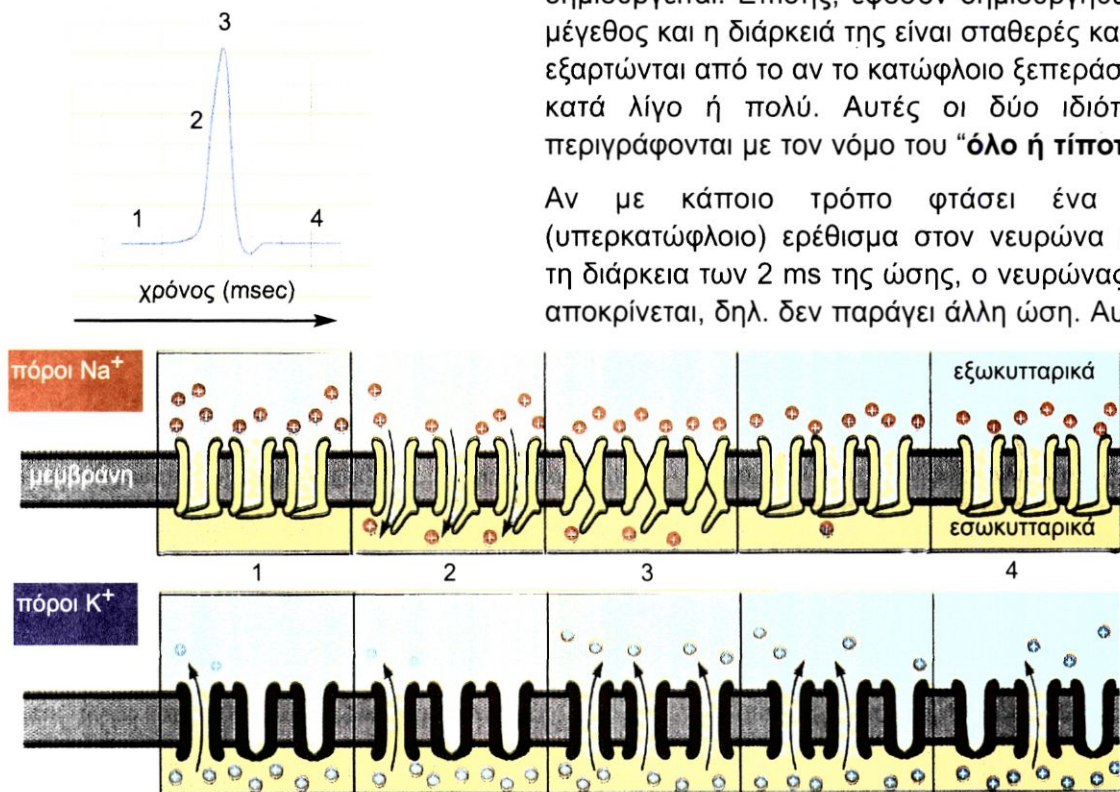
Συνολικά, απ' όλη αυτή την ανταλλαγή ιόντων (αρχικά Na^+ και ακολούθως K^+), το διεγέρσιμο κύτταρο έχει μεταβάλλει το δυναμικό του από τα -70 στα $+30\text{mV}$ και μετά πάλι από τα $+30$ στα -70mV . Αυτή η συμπεριφορά του κυτταρικού δυναμικού λέγεται **δυναμικό ενέργειας (ΔΕ) ή νευρική ώση**. Μετά από μια ώση, η ενδοκυτταρική συγκέντρωση K^+ έχει μειωθεί ελαφρώς και αντίστοιχα έχει αυξηθεί ελαφρώς η ενδοκυτταρική συγκέντρωση Na^+ . Η αντλία $\text{K}-\text{Na}$ όμως, με κατανάλωση ενέργειας (ATP) επαναφέρει τις συγκεντρώσεις στις αρχικές τιμές.

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της νευρικής ώσης είναι το (κατά κανόνα) αμετάβλητο μέγεθος και ο "δυαδικός" χαρακτήρας της. Αν υποθέσουμε ότι το ΔΗ (-70mV) φτάσει στο κατώφλιο δυναμικό (π.χ. -45mV), τότε η μεμβράνη του νευρώνα αυτού θα εκπολωθεί και θα δημιουργηθεί μια νευρική ώση. Αν από την ηρεμία το δυναμικό φτάσει στα -35mV , τότε η ώση που παράγεται, έχει ακριβώς την ίδια μορφή και τιμή, δηλ. θα φτάσει μέχρι τα $+30\text{mV}$ και μετά θα ξαναπέσει στα -70mV , ενώ η όλη διαδικασία θα διαρκέσει και πάλι 2 msec. Βλέπουμε λοιπόν ότι η νευρική ώση, είτε δημιουργείται, είτε δεν



Εικ. 2.1.5:

Η απομάκρυνση από το δυναμικό ηρεμίας εξισορροπείται μετά από λίγο. Αν όμως η εκπόλωση φτάσει την κατώφλιο τιμή, τα νευρικά κύτταρα εμφανίζουν μια αντίδραση που λέγεται δυναμικό ενέργειας. Η κατώφλιος τιμή μπορεί να είναι διαφορετική από νευρώνα σε νευρώνα.

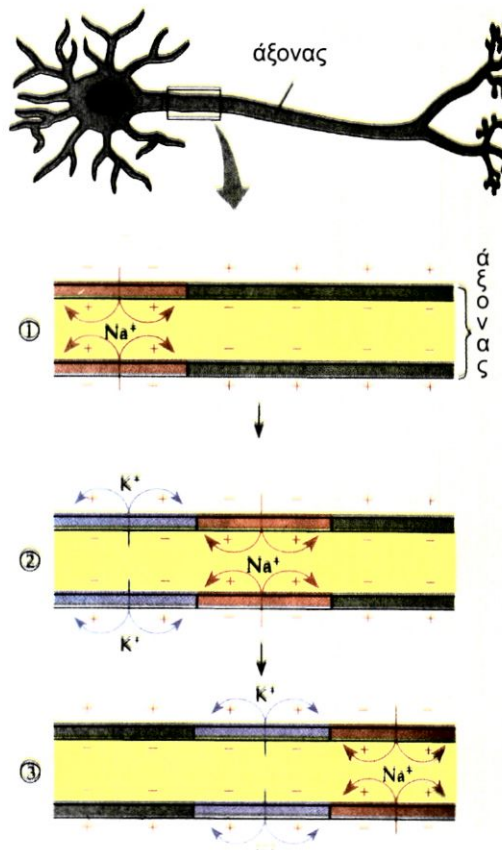


Εικ.2.1.6:
Η λειτουργία των μεμβρανικών πόρων K^+ και Na^+ κατά τη δημιουργία του δυναμικού ενέργειας.

δημιουργείται. Επίσης, εφόσον δημιουργηθεί, το μέγεθος και η διάρκειά της είναι σταθερές και δεν εξαρτώνται από το αν το κατώφλιο ξεπεράστηκε κατά λίγο ή πολύ. Αυτές οι δύο ιδιότητες περιγράφονται με τον νόμο του “όλο ή τίποτα”.

Αν με κάποιο τρόπο φτάσει ένα νέο (υπερκατώφλιο) ερέθισμα στον νευρώνα κατά τη διάρκεια των 2 ms της ώσης, ο νευρώνας δεν αποκρίνεται, δηλ. δεν παράγει άλλη ώση. Αυτή η

περίοδος λέγεται **ανερέθιστη περίοδος**. Για να δημιουργηθεί μια νέα ώση, πρέπει το επόμενο υπερκατώφλιο ερέθισμα να έρθει στο νευρώνα μετά την ανερέθιστη περίοδο.



Εικ. 2.1.7:
Αγωγή της νευρικής ώσης, κατά μήκος του νευράξονα.

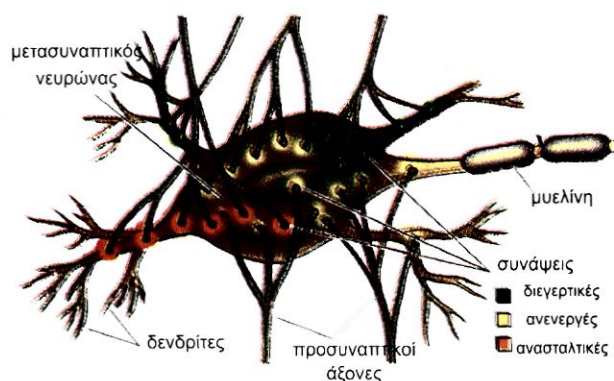
2.1.3 Η αγωγή της νευρικής ώσης

Η στιγμιαία αναστροφή του μεμβρανικού δυναμικού που περιγράφηκε προηγουμένως, δεν δημιουργείται σε οποιοδήποτε σημείο της μεμβράνης των νευρώνων, αλλά σε μια ειδική περιοχή του σώματος, ακριβώς στην αρχή του νευράξονα (αξονικό λοφίδιο). Εκεί βρίσκεται ο μεγαλύτερος αριθμός πόρων Na^+ .

Ας φανταστούμε ότι φτάνει ένα υπερκατώφλιο ερέθισμα στο σώμα του νευρώνα, ανοίγουν οι πόροι Na^+ της περιοχής εκείνης, επιτρέποντας την είσοδο Na^+ . Έτσι, τοπικά, δημιουργείται μια περίσσεια θετικών φορτίων, η οποία έλκει αρνητικά φορτία από γειτονικές ενδοκυτταρικές περιοχές του κυττάρου (Εικ.2.1.7). Η κίνηση αρνητικών φορτίων ισοδυναμεί με **θετικό ρεύμα**. Έτσι, οι γειτονικές περιοχές **εκπολώνονται**. Όμως, απ' όλες τις υπόλοιπες μεμβρανικές περιοχές **μόνο** η μεμβράνη του αξονικού λοφιδίου μπορεί να δημιουργήσει ένα ΔΕ. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, η εκπόλωση στην περιοχή εκείνη ισοδυναμεί με θετικό ρεύμα, τόσο προς το σώμα, όσο και προς τον άξονα. Όμως οι μεμβρανικές περιοχές του

σώματος βρίσκονται σε ανερέθιστη περίοδο και μόνο η μεμβράνη του άξονα είναι “δεκτική” για την ώση. Έτσι, το ΔΕ προχωρά στον νευράξονα και με παρόμοιο τρόπο συνεχίζει (με σταθερό μέγεθος και διάρκεια) *πάντοτε* με φορά από το σώμα προς τις συνάψεις.

Η ταχύτητα με την οποία μεταδίδεται η νευρική ώση επάνω στους νευράξονες ποικίλλει και εξαρτάται από το αν ο νευράξονας έχει μυελίνη. Στους *εμμύελους* νευράξονες του ανθρώπου, η μέγιστη ταχύτητα αγωγής της ώσης φθάνει τα 60 m/sec (Εικ. 2.1.7), ενώ σε άλλα είδη, π.χ. στη γάτα, η ταχύτητα αυτή φθάνει και τα 120 m/sec. Οι αμύελες ίνες (π.χ. του πόνου) έχουν πολύ μικρή ταχύτητα αγωγής (2 m/sec).



Εικ. 2.1.8:

Συνάψεις επάνω σ' ένα νευρώνα.

2.1.4 Η Σύναψη και η μεταβίβαση της νευρικής ώσης

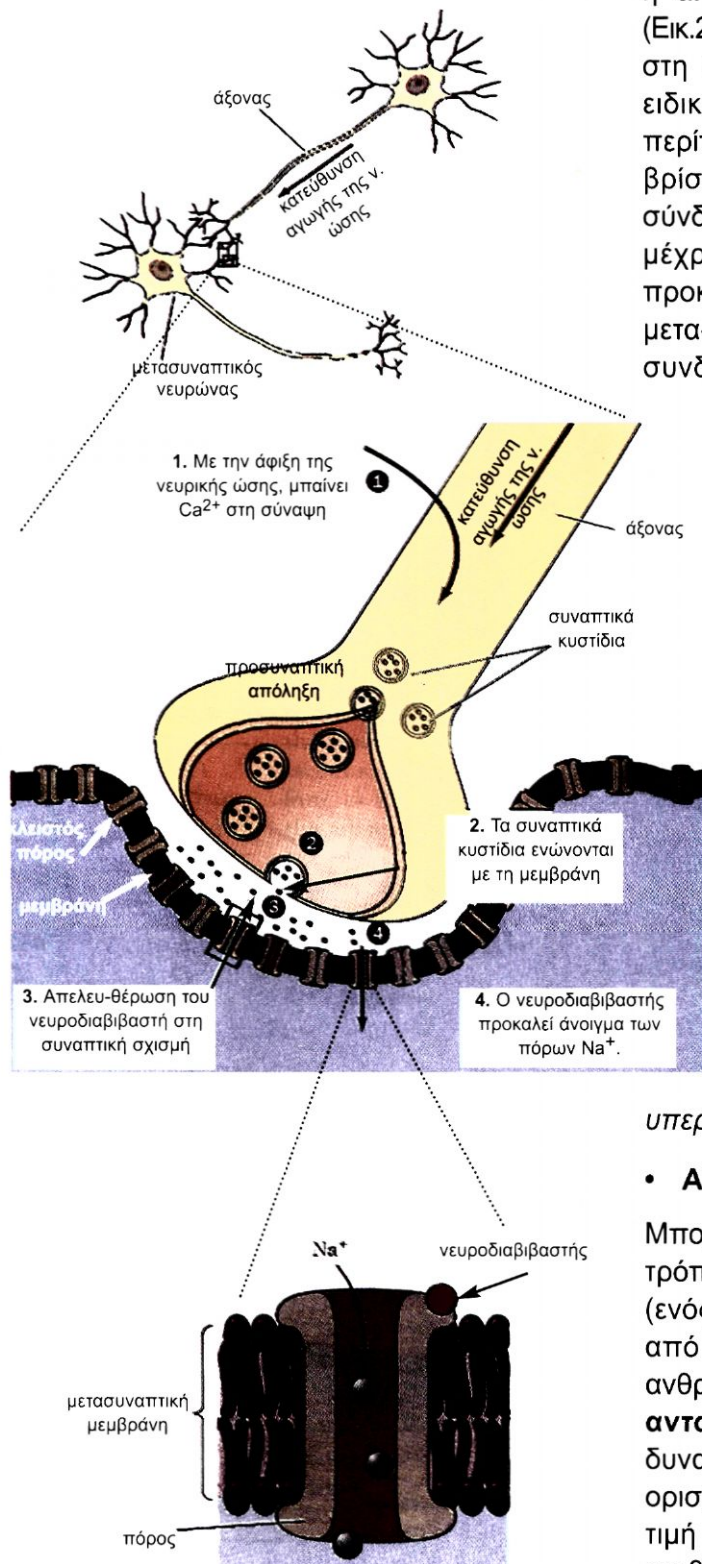
Το σημείο όπου γίνεται η μεταβίβαση μιας διέγερσης, από έναν νευρώνα σε ένα άλλο νευρικό, αδενικό ή μυϊκό κύτταρο λέγεται **σύναψη** (Εικόνα 2.1.1, 2.1.8). Σε μια σύναψη διακρίνουμε το **προσυναπτικό** και το **μετασυναπτικό** κύτταρο. Κάθε νευρικό κύτταρο μπορεί να δέχεται συνάψεις από χιλιάδες άλλους νευρώνες, ενώ μπορεί να συνάπτεται με πολλούς άλλους.

Οι πιο πολλές συνάψεις είναι **χημικές** (Εικ.2.1.9). Σ' αυτές, η μεταβίβαση του ερεθίσματος γίνεται μέσω ειδικών ουσιών που λέγονται **νευροδιαβιβαστές**. Οι νευροδιαβιβαστές συνθέτονται στο σώμα του νευρώνα, μεταφέρονται μέσω του άξονα και αποθηκεύονται στα **συναπτικά κυστίδια**. Δύο από τους σημαντικότερους νευροδιαβιβαστές είναι η **ακετυλοχολίνη** και η **επινεφρίνη**.

Ο τρόπος που λειτουργούν οι συνάψεις είναι ο ακόλουθος: Μια νευρική ώση φθάνει από τον νευράξονα στις μεμβρανικές περιοχές της σύναψης. Όταν εκπολωθεί η μεμβράνη της σύναψης, ανοίγουν ειδικοί **πόροι Ca^{2+}** και εισέρχονται ιόντα Ca^{2+} στο εσωτερικό της προσυναπτικής απόληξης. Η είσοδος Ca^{2+} οδηγεί στην ένωση της μεμβράνης των κυστιδίων με την κυτταρική μεμβράνη. Όταν συμβεί αυτό, το περιεχόμενο των κυστιδίων (δηλ. τα μόρια του νευροδιαβιβαστή) απελευθερώνονται στη **συναπτική σχισμή**, μια πολύ στενή περιοχή (εύρους μόλις 20 nm) μεταξύ της προ- και της μετασυναπτικής μεμβράνης.

Ας δούμε πώς δρα ένας νευροδιαβιβαστής, όπως

Η ποσότητα του νευροδιαβιβαστή που απελευθερώνεται με μία νευρική ώση και σε μια δεδομένη σύναψη είναι σταθερή. Σταθερός είναι και ο χρόνος δράσης του (ελάχιστος). Επομένως σταθερή είναι και η επίδραση στο μετασυναπτικό κύτταρο. Για να διπλασιαστεί η ποσότητα του νευροδιαβιβαστή (και η επίδραση στο μετασυναπτικό κύτταρο) θα πρέπει να διπλασιαστεί ο αριθμός των νευρικών ώσεων.



Εικ. 2.1.9:

Η μετάδοση της νευρικής ώσης από τον προσυναπτικό νευρώνα στο μετασυναπτικό κύτταρο

η **ακετυλοχολίνη**, στο μετασυναπτικό κύτταρο (Εικ.2.1.9). Μόλις απελευθερωθεί ο νευροδιαβιβαστής στη συναπτική σχισμή, συνδέεται γρήγορα με ειδικούς **υποδοχείς** (στη συγκεκριμένη περίπτωση με υποδοχείς ακετυλοχολίνης) που βρίσκονται στη μετασυναπτική μεμβράνη. Η σύνδεση αυτή κρατά πολύ λίγο (από 0.3msec μέχρι μερικά msec), αλλά αρκεί για να προκαλέσει το άνοιγμα **πόρων Na^+** επάνω στη μετα-συναπτική μεμβράνη, οι οποίοι είναι στενά συνδεδεμένοι με τον υποδοχέα της ακετυλοχολίνης. Έτσι, ο κύκλος της διέγερσης μπορεί τώρα να μεταδοθεί στο επόμενο κύτταρο: η είσοδος Na^+ προκαλεί μια τοπική εκπόλωση, αυτή άγεται προς το σώμα του μετασυναπτικού νευρώνα

Κ.Ο.Κ.

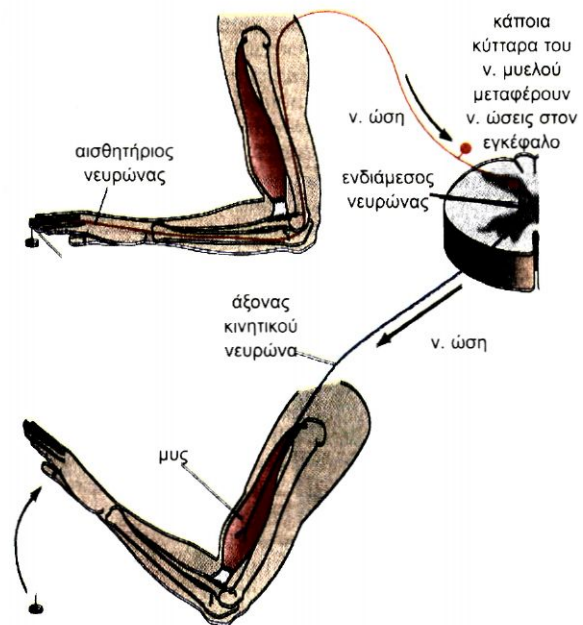
Η εκπόλωση που προκαλεί ο νευροδιαβιβαστής μπορεί να είναι αρκετή για να προκαλέσει τη δημιουργία νευρικής ώσης στο μετασυναπτικό κύτταρο (όπως γίνεται στη **νευρομυϊκή σύναψη**, το σημείο όπου οι κινητικοί νευρώνες συνάπτονται με τα μυϊκά κύτταρα). Μπορεί όμως να μην επαρκεί για να προκληθεί ώση. Σε μια τέτοια περίπτωση, η προκληθείσα εκπόλωση παραμένει ένα **υποκατώφλιο ερέθισμα**. Επίσης, εκτός από τους διεγερτικούς υπάρχουν και νευροδιαβιβαστές που προκαλούν **αναστολή**, δηλ. προκαλούν **υπερπόλωση** του μετασυναπτικού νευρώνα.

• ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΑ

Μπορούμε τώρα να δούμε λίγο πιο γενικά τον τρόπο συνεργασίας δύο διεγερσιμων κυττάρων (ενός νευρώνα κι ενός μυϊκού κυττάρου) σ' ένα από τα απλούστερα αντανακλαστικά του ανθρώπινου οργανισμού, το **μυοτατικό αντανακλαστικό** (Εικ.2.1.10). Είδαμε ότι το δυναμικό ηρεμίας (ΔΗ) ενός νευρώνα μπορεί υπό ορισμένες συνθήκες να φτάσει στην κατώφλιο τιμή και να προκληθεί μια νευρική ώση. Τα ερεθίσματα που οδηγούν το ΔΗ ενός νευρώνα σε υπερκατώφλιες τιμές είναι κυρίως μηχανικά, ηλεκτρικά ή χημικά. Στο μυοτατικό αντανακλαστικό ένας μυς εκτείνεται απότομα (στην συγκεκριμένη περίπτωση ο τετρακέφαλος). Αυτή η έκταση "παραμορφώνει" μηχανικά ορισμένους αισθητήριους νευρώνες που υπάρχουν στο μυ, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαπερατότητα της μεμβράνης τους στο Na^+ , να προκαλείται είσοδος Na^+ και τελικά να δημιουργούνται νευρικές ώσεις.

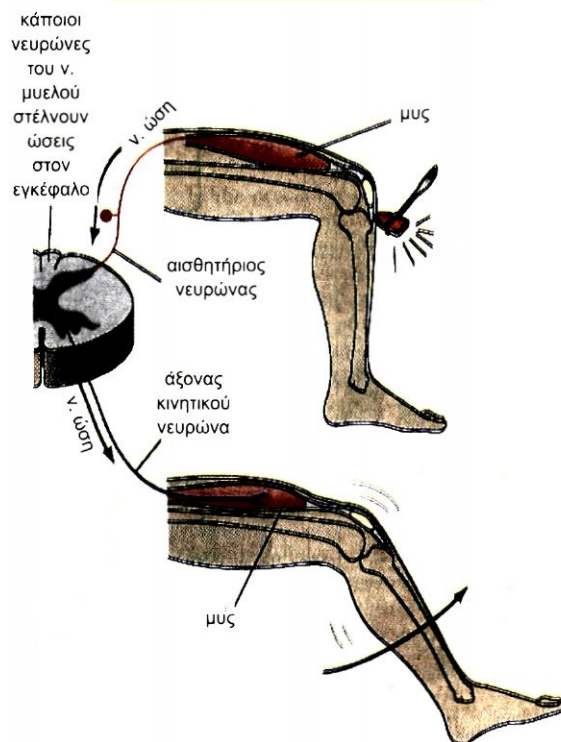
Οι ώσεις άγονται με τους άξονες των αισθητήριων νευρώνων προς το νωτιαίο μυελό όπου συνάπτονται με τους κινητικούς νευρώνες του τετρακέφαλου. Στις συνάψεις απελευθερώνεται ένας νευροδιαβιβαστής, ο οποίος προκαλεί διέγερση των κινητικών νευρώνων. Οι ώσεις που δημιουργούνται άγονται με τους νευράξονες στις νευρομυϊκές συνάψεις, όπου απελευθερώνεται ακετυλοχολίνη και οδηγεί στη διέγερση και συστολή των μυϊκών κυττάρων του τετρακέφαλου. Η συνολική διάρκεια του αντανακλαστικού, από τη στιγμή που θα διαταθεί ο μυς μέχρι που θα αρχίσει να συστέλλεται, είναι περίπου 40msec (πιο γρήγορα από το να ανοιγοκλείσουμε τα βλέφαρά μας). Βλέπουμε λοιπόν ότι οι ιδιότητες των διεγερσιμων κυττάρων μπορούν να οδηγήσουν σε *ταχύτατες* και *στερεότυπες* αντιδράσεις μιας ακολουθίας κυττάρων. Αυτές οι αντιδράσεις λέγονται **αντανακλαστικά** και έχουν τεράστια σημασία στην επιβίωση των οργανισμών. Π.χ. το κλείσιμο της κόρης του οφθαλμού όταν αυξηθεί η ένταση του φωτισμού, η ρύθμιση του καρδιακού και του αναπνευστικού ρυθμού, η ρύθμιση της πυκνότητας των ούρων, η ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης κλπ. είναι όλα αντανακλαστικά στα οποία συμμετέχουν νευρώνες.

Τα αντανακλαστικά δεν οφείλονται μόνο στη διεγερσιμότητα των κυττάρων αλλά και στη *σταθερή* διάταξη των νευρώνων μεταξύ τους. Αυτή επιτρέπει τη σταθερή κατεύθυνση της νευρικής εντολής, από μια *αφετηρία* (π.χ. το ερέθισμα από τον αισθητήριο νευρώνα), σ' ένα *εκτελεστικό όργανο* (π.χ. το μυ).



Εικ. 2.1.10:

Το μυοτατικό αντανακλαστικό.

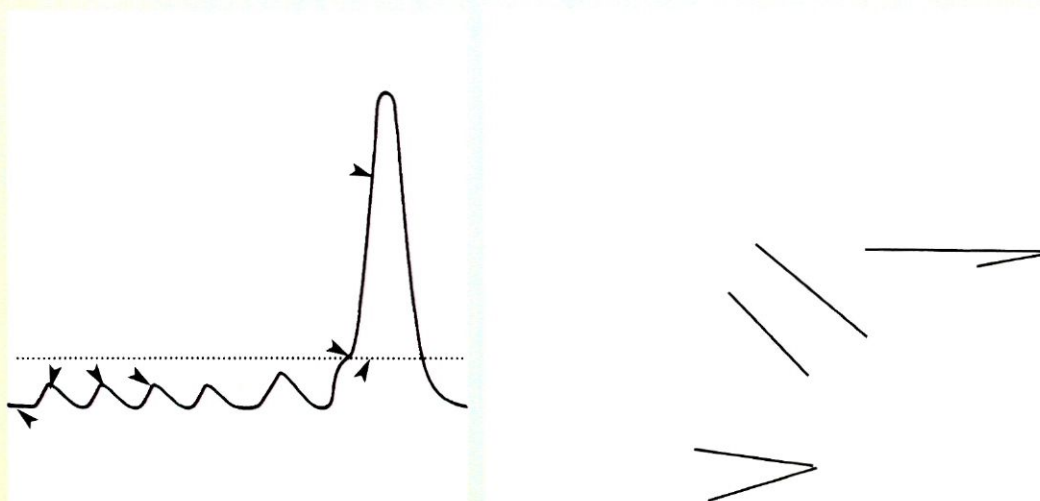


ΠΕΡΙΛΗΨΗ

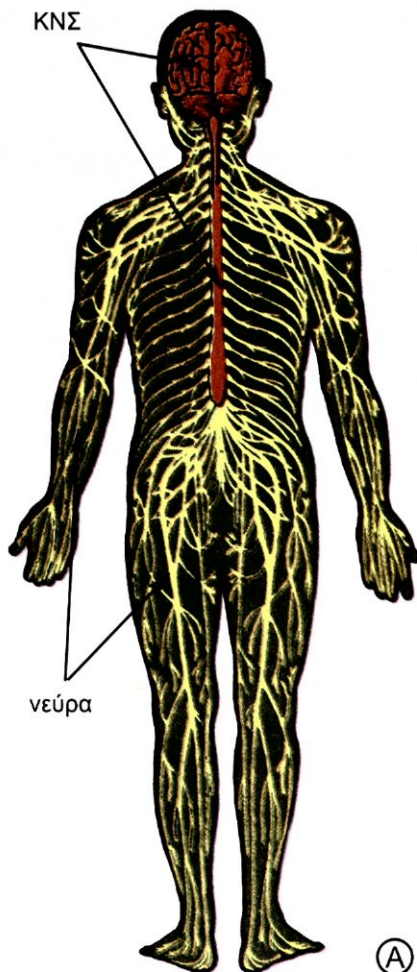
Η λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο **νευρώνας**. Στους νευρώνες διακρίνονται τέσσερις διακριτές περιοχές: οι **δενδρίτες**, το **σώμα**, ο **νευράξονας** και οι **συνάψεις**. Οι νευρώνες μπορούν να μεταβάλλουν τη λειτουργική της κατάσταση από την ηρεμία στη διέγερση και ξανά στην ηρεμία μέσα σ' ελάχιστο χρονικό διάστημα. Αυτή η ταχύτατη εναλλαγή λέγεται δυναμικό ενέργειας ή **νευρική ώση** και δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό να αντιδρά γρήγορα στους ερεθισμούς του περιβάλλοντος (εξωτερικού ή εσωτερικού). Η νευρική ώση είναι ιδιότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των νευρώνων και οφείλεται στην εκλεκτική διαπερατότητά της στα ιόντα K^+ και Na^+ . Η νευρική ώση άγεται με τον νευράξονα στις συνάψεις, όπου και γίνεται η μεταβίβαση της ώσης από έναν νευρώνα σε ένα άλλο κύτταρο. Στις συνάψεις, ο προσυναπτικός νευρώνας απελευθερώνει μόρια **νευροδιαβιβαστή** που επηρεάζουν τη διαπερατότητα της μεμβράνης του μετασυναπτικού κυττάρου. Η καθορισμένη σύνδεση των νευρώνων μεταξύ τους δίνει τη δυνατότητα στην ανάπτυξη στερεότυπων αντιδράσεων που λέγονται **αντανακλαστικά**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που έχει η μεμβράνη των νευρώνων, καθώς και τη λειτουργία της αντλίας K^+-Na^+ .
2. Πώς δημιουργείται η νευρική ώση;
3. Σε τι χρειάζεται το Ca^{2+} στη μετάδοση της ώσης στη σύναψη;
4. Πώς μεταφέρεται ένα υπερκατώφλιο ερέθισμα από τους δενδρίτες στο σώμα;
5. Σημειώστε ποιές προτάσεις είναι σωστές και ποιές λάθος:
 - Κατά τη διάρκεια μιας νευρικής ώσης, καταναλώνεται ATP για να διατηρείται σταθερή η ενδοκυτταρική συγκέντρωση K^+ και Na^+ .
 - Η ανώτερη συχνότητα νευρικών ώσεων που εμφανίζει ένας νευρώνας είναι 100.
 - Στις συνάψεις απελευθερώνεται ακετυλοχολίνη.
 - Η ανερέθιστη περίοδος διαρκεί όσο και το δυναμικό ενέργειας.
6. Συμπληρώστε τις ενδείξεις που λείπουν στα ακόλουθα σχήματα:



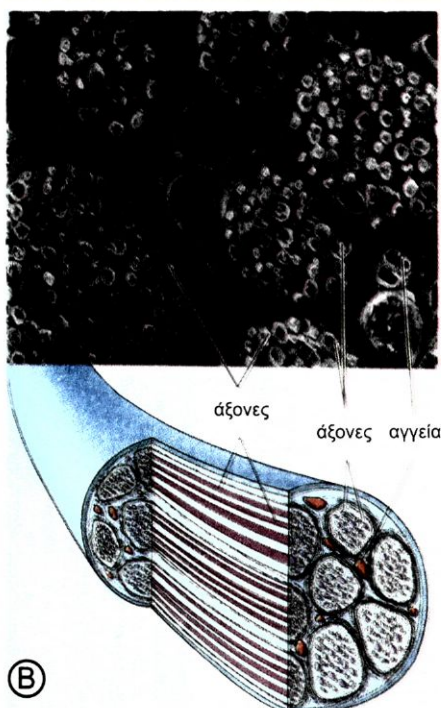
7. Με βάση αυτά που μάθατε από αυτή την ενότητα, μπορείτε να σκεφτείτε μερικούς τρόπους δράσης των ανασταλτικών νευροδιαβιβαστών; Σε ποιά μόρια της μετασυναπτικής μεμβράνης μπορεί να δρουν και πώς;
8. Ένας νευρώνας σφαιρικού σχήματος έχει διάμετρο $100\mu m$ και $\Delta H = -100mV$. Υπολογίστε τη σχέση όγκου/διαφορά δυναμικού, σε σχέση με την ίδια σχέση (όγκος/ ΔV) για μια μπαταρία του εμπορίου των $1,5V$. Σχολιάστε τη διαφορά.
9. Στο μυοτατικό αντανεκλαστικό, το χτύπημα στον τένοντα του γονάτου γίνεται τη χρονική στιγμή 0 και η μυϊκή συστολή αρχίζει $40ms$ αργότερα. Αν υποθέσουμε ότι η απόσταση από το γόνατο στην σπονδυλική στήλη είναι $90cm$ και ότι υπάρχει μόνο μία σύναψη από τον αισθητήριο νευρώνα στον κινητικό νευρώνα, υπολογίστε το χρόνο της συναπτικής μεταβίβασης (συναπτική μεταβίβαση είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να "περάσει" η ν. ώση από το προσυναπτικό στο μετασυναπτικό κύτταρο).



Εικ.2.2.1:

A. Αναπαράσταση του νευρικού συστήματος του ανθρώπου. Δεν φαίνονται οι μυριάδες λεπτές απολήξεις στο δέρμα τους μύες και τα όργανα.

B. Φωτογραφία και σχηματική αναπαράσταση περιφερειακού νεύρου.



2.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.2.1 Εισαγωγή

Οι νευρώνες δεν αναπαράγονται. Με τη γέννηση, στο νευρικό σύστημα υπάρχουν πάνω από 100 δις νευρώνες. Ο αριθμός τους μειώνεται προοδευτικά και στη γεροντική ηλικία μπορεί να έχει μειωθεί σημαντικά. Παρά τον τεράστιο αριθμό τους, δεν είναι τυχαία διατεταγμένοι, αλλά σχηματίζουν αλυσίδες ("οδούς") και ομαδοποιήσεις (κέντρα), που μεταξύ τους έχουν αρκετά σταθερές συνδέσεις. Το νευρικό σύστημα ελέγχει και ρυθμίζει τη λειτουργία των διαφόρων οργάνων και μελών και χωρίζεται σε δύο επιμέρους συστήματα:

- α) το **Σωματικό Νευρικό Σύστημα**. Είναι το τμήμα του νευρικού συστήματος που ελέγχει τις συνειδητές λειτουργίες. Περιλαμβάνει τα **περιφερικά νεύρα** και το **Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ)**. Το ΚΝΣ αποτελείται από τον **εγκέφαλο** και το **νωτιαίο μυελό**.
- β) το **Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα (ΑΝΣ)**. Είναι το τμήμα του νευρικού συστήματος που διατηρεί σταθερό το εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού (ομοιόσταση). Αυτή του τη λειτουργία την επιτελεί "αυτόνομα", δηλ. χωρίς την άμεση συμμετοχή της συνείδησης. Στο ΑΝΣ υπάρχουν δύο ανταγωνιστικά σκέλη, το **συμπαθητικό** και το **παρασυμπαθητικό** σύστημα.

2.2.2 Τα περιφερικά νεύρα

Με τα περιφερικά νεύρα μεταφέρονται οι εντολές του ΚΝΣ υπό μορφή νευρικών ώσεων στην περιφέρεια (π.χ. τους σκελετικούς μύες). Στα περισσότερα νεύρα όμως δεν υπάρχουν μόνο οι νευράξονες των κινητικών νευρώνων που οδεύουν στην περιφέρεια αλλά και νευράξονες αισθητήριων νευρώνων που μεταφέρουν ερεθίσματα (επίσης με τη μορφή νευρικών ώσεων) από τους αισθητήριους υποδοχείς προς στο ΚΝΣ (Εικ. 2.2.1). Οι αισθητήριοι νευρώνες έχουν τους δενδρίτες τους στους διάφορους ιστούς του σώματος (δέρμα, μύες κλπ). Οι νευράξονές τους εισέρχονται στο νωτιαίο μυελό (Εικ. 2.2.2). Εκεί, είτε συνάπτονται με διάφορους τοπικούς νευρώνες του νωτιαίου μυελού, είτε συνεχίζουν (μέσω της λευκής ουσίας) μέχρι τον εγκέφαλο, όπου και συνάπτονται με νευρώνες διαφόρων εγκεφαλικών κέντρων.

2.2.3 Ο νωτιαίος μυελός

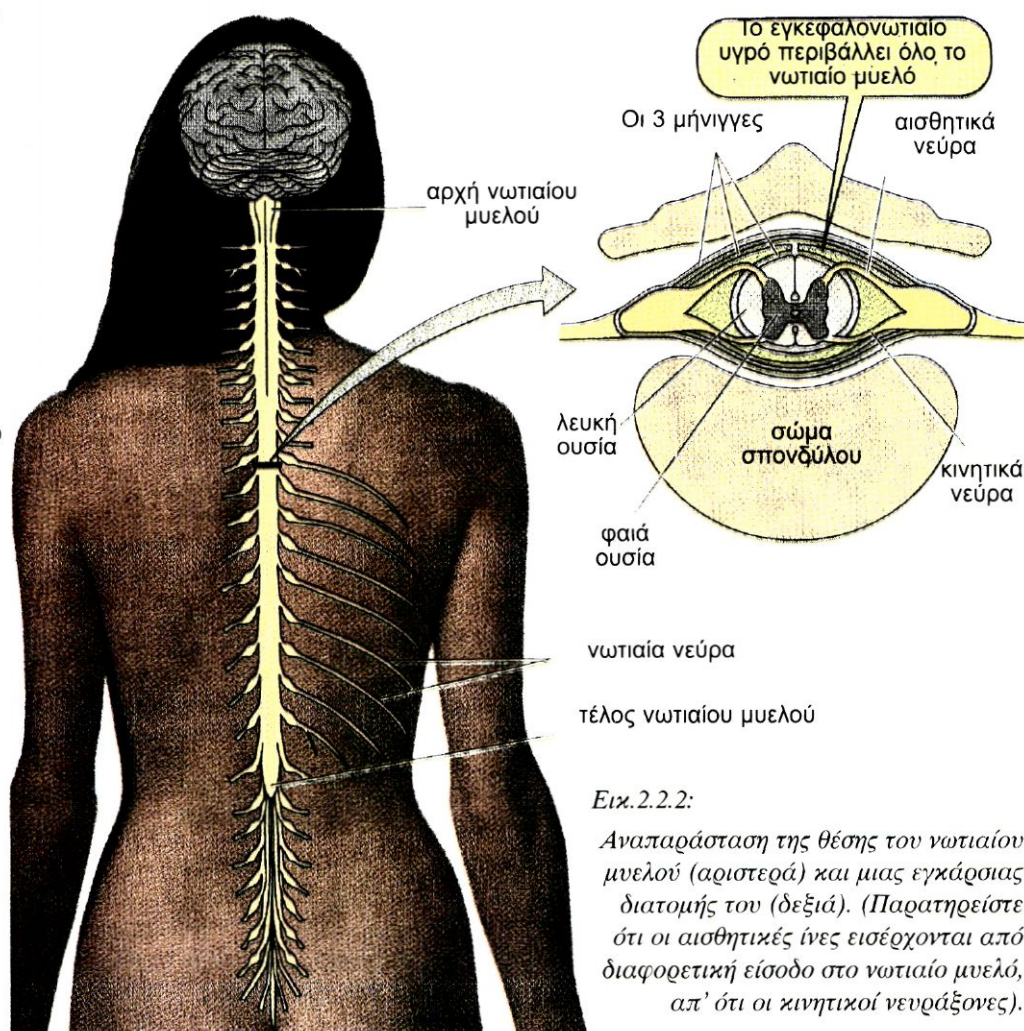
Ο νωτιαίος μυελός είναι το (εξελικτικά) αρχαιότερο τμήμα του ΚΝΣ των σπονδυλωτών. Περικλείεται από τη σπονδυλική στήλη. Εκτείνεται από τη βάση του εγκεφάλου μέχρι το δεύτερο οσφυϊκό σπόνδυλο (Εικ.2.2.3).

Αν δούμε σε εγκάρσια διατομή το νωτιαίο μυελό, διακρίνουμε δύο περιοχές με διαφορετικό χρώμα. Η πιο ανοιχτόχρωμη περιοχή λέγεται **λευκή ουσία** και βρίσκεται στην εξωτερική πλευρά.

Το χρώμα της (και η ονομασία της) οφείλεται στο γεγονός ότι εκεί βρίσκονται σχεδόν αποκλειστικά εμμύελοι άξονες νευρικών ινών (που οδεύουν προς ανώτερες περιοχές του ΚΝΣ ή έρχονται από εκεί). Αν υποθέσουμε, δηλαδή, ότι τα αισθητήρια κύτταρα στο πέλμα του ποδιού μας διεγείρονται και στέλνουν νευρικές ώσεις στον εγκέφαλο, τότε κάποιοι νευρώνες αυτής της νευρικής οδού έχουν τους άξονές τους στη λευκή ουσία.

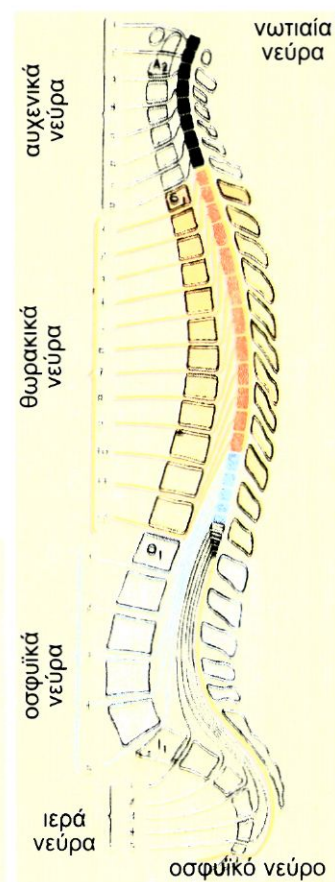
Η λευκή ουσία περιβάλλει μια πιο γκριζα περιοχή που λέγεται **φαιά ουσία**. Στην φαιά ουσία δεν υπάρχουν παρά ελάχιστες εμμύελες ίνες. Αντίθετα, υπάρχουν πάρα πολλά **σώματα** νευρώνων. Στο κέντρο υπάρχει το κεντρικό κανάλι, που είναι γεμάτο με εγκεφαλονωτιαίο υγρό (βλέπε παρακάτω), όπως άλλωστε και ο χώρος που περιβάλλει ολόκληρο το νωτιαίο μυελό.

Ο νωτιαίος μυελός αποτελεί το κέντρο τελικής "διεκπεραίωσης" των εντολών προς τα μέλη και όργανα του σώματος. Η σημασία του νωτιαίου μυελού γίνεται φανερή όταν δούμε τις επιπτώσεις που έχει μια διατομή του.



Εικ. 2.2.2:

Αναπαράσταση της θέσης του νωτιαίου μυελού (αριστερά) και μιας εγκάρσιας διατομής του (δεξιά). (Παρατηρείστε ότι οι αισθητικές ίνες εισέρχονται από διαφορετική είσοδο στο νωτιαίο μυελό, απ' ότι οι κινητικοί νευράξονες).

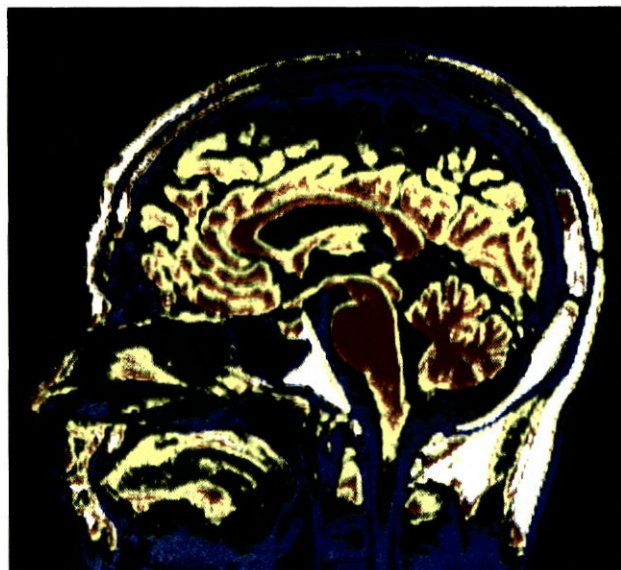


Εικ. 2.2.3:

Σχηματική απεικόνιση του νωτιαίου μυελού. Διακρίνονται οι μοίρες του και τα νωτιαία νεύρα. Α. Αυχενική μοίρα, Θ. Θωρακική μοίρα, Ο. Οσφυϊκή μοίρα, Ι. Ιερή μοίρα.

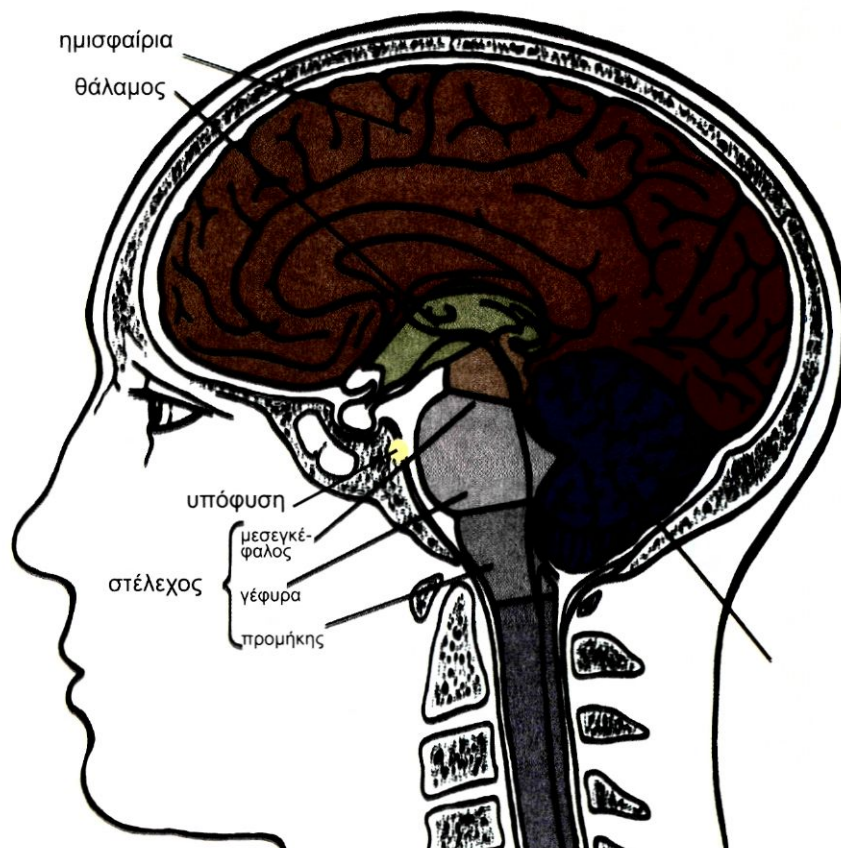
2.2.4 Ο Εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος αποτελεί συνέχεια του νωτιαίου μυελού. Στον εγκέφαλο διακρίνονται τρεις αδρές περιοχές (κατά την εξελικτική τους ανάπτυξη): το **στέλεχος**, ο **διεγκέφαλος** και τα **ημισφαίρια** (Εικ. 2.2.4).



Εικ.2.2.4:

Α. Απεικόνιση κάθετης διατομής του ανθρώπινου εγκεφάλου με τη μέθοδο της μαγνητικής τομογραφίας. Β. Σχήμα όπου διακρίνονται οι διάφορες δομές του εγκεφάλου.



α) Στέλεχος

Το στέλεχος αποτελείται από τον **προμήκη μυελό**, τη **γέφυρα**, και το **μεσεγκέφαλο**. Σε αυτές τις περιοχές βρίσκονται πολύ σημαντικά κέντρα, όπως το κέντρο ρύθμισης της αναπνοής, το κέντρο ρύθμισης του καρδιακού ρυθμού, κέντρα που συμμετέχουν στον έλεγχο του ύπνου και της εγρήγορσης κλπ. Επίσης, μέσα από το στέλεχος περνούν οι αισθητικές πληροφορίες από την περιφέρεια προς την παρεγκεφαλίδα, και τα ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου (θάλαμος, ημισφαίρια). Στο στέλεχος, οι άξονες που φέρουν τις πληροφορίες προς τις ανώτερες περιοχές χιάζονται.

Έτσι, οι αισθητήριοι άξονες που έρχονται από την αριστερή πλευρά του σώματος περνούν στη δεξιά πλευρά κι έτσι καταλήγουν στο δεξιό ημισφαίριο. Αντίστοιχα, οι νευράξονες που ξεκινούν από το δεξιό ημισφαίριο για να νευρώσουν κινητικούς νευρώνες, κατά τη διαδρομή τους προς το νωτιαίο μυελό χιάζονται, δηλαδή περνούν στην αριστερή πλευρά, στο ύψος του στελέχους. Έτσι εξηγείται γιατί κάποιος άνθρωπος που παθαίνει μια βλάβη στο αριστερό π.χ. ημισφαίριο (π.χ. ένα εγκεφαλικό επεισόδιο) εμφανίζει δυσλειτουργίες στην αντίθετη πλευρά του σώματος.

β) Παρεγκεφαλίδα

Η παρεγκεφαλίδα συνδέεται με τη γέφυρα, το προμήκη και το νωτιαίο μυελό, καθώς και με τα κινητικά κέντρα των ημισφαιρίων του εγκεφάλου. Εκεί φθάνουν διαρκώς πληροφορίες από αισθητήριους υποδοχείς των μυών, των τενόντων και των αρθρώσεων, καθώς και πολλές

ίνες από τα κινητικά κέντρα των ημισφαιρίων. Έτσι, δεν πρέπει να μας ξενίζει το γεγονός ότι παίζει σημαντικό ρόλο στο **συντονισμό** των κινήσεων του σώματός μας (βλάβη της παρεγκεφαλίδας προκαλεί σοβαρά προβλήματα στην ακρίβεια εκτέλεσης των κινήσεων).

γ) Διεγκέφαλος

Ο διεγκέφαλος περιβάλλεται από τα ημισφαίρια του εγκεφάλου. Αποτελείται από το **θάλαμο**, τον **υποθάλαμο** και την **υπόφυση** (Εικ. 2.2.4).

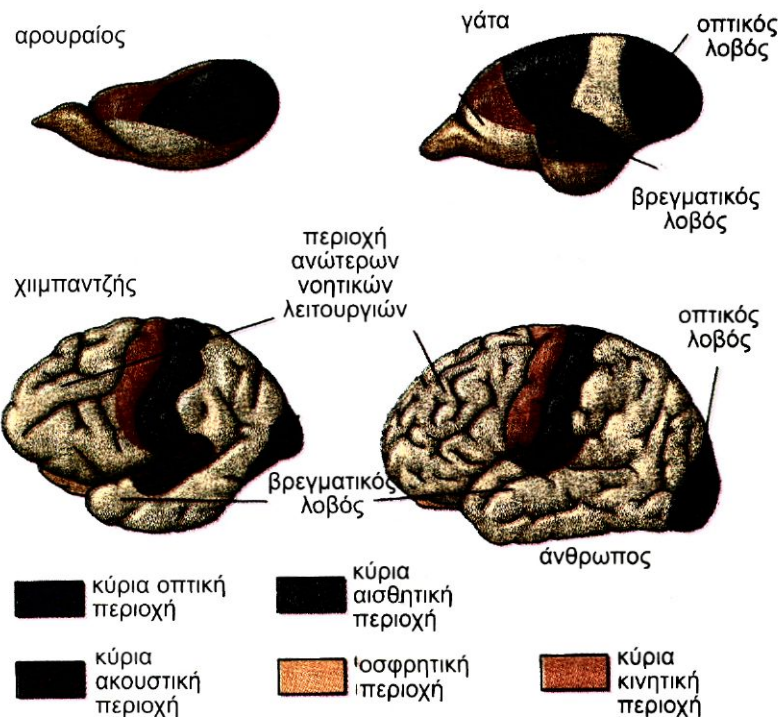
Ο **θάλαμος** αποτελεί κέντρο **διέλευσης** όλων των ερεθισμάτων που έρχονται από τις διάφορες περιοχές του σώματος, δηλ. την “περιφέρεια”, προς τα ημισφαίρια, αλλά και από τα ημισφαίρια προς την περιφέρεια.

Στον **υποθάλαμο** υπάρχουν κέντρα που παίζουν ρόλο στην ομοίωση του οργανισμού (πείνα, δίψα, ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος). Επίσης, στον υποθάλαμο γίνεται ο συντονισμός της δράσης του συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού συστήματος με την πρόσληψη ερεθισμάτων από ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου και ρυθμίζεται η δράση ενός από τους σπουδαιότερους ενδοκρινείς αδένες, της υπόφυσης.

Η **υπόφυση** διαμέσου των ορμονών που εκκρίνει, παίζει ρόλο στη ρύθμιση και το συντονισμό της λειτουργίας των άλλων ενδοκρινών αδένων (βλέπε Κεφ.2.5).

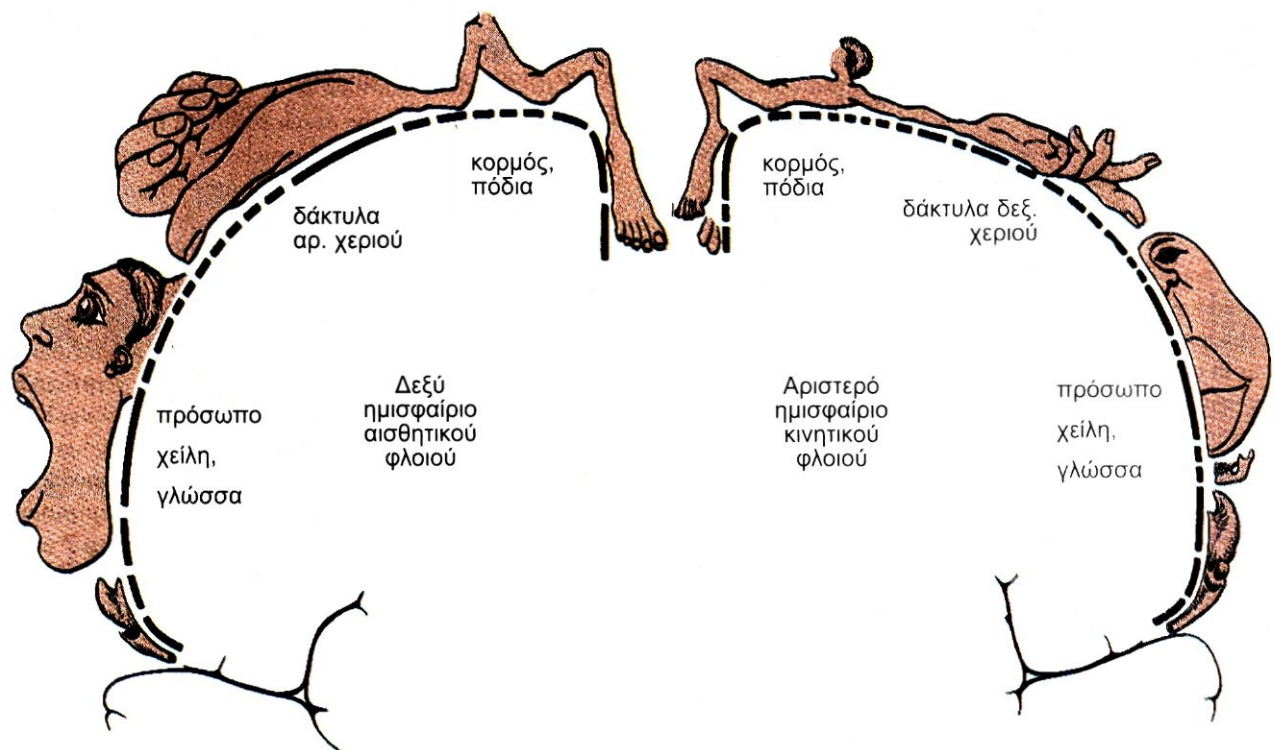
δ) Ημισφαίρια του εγκεφάλου

Τα ημισφαίρια του εγκεφάλου είναι η εξελικτικά πιο πρόσφατη περιοχή του ΚΝΣ. Σε σχέση δε με τα άλλα ανώτερα ζώα αλλά ακόμη και τα πρωτεύοντα, τα ημισφαίρια του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι πολύ ανεπτυγμένα (Εικ. 2.2.5). Η επιφάνεια των ημισφαιρίων εμφανίζει πτυχές (**έλικες**), οι οποίες ξεχωρίζουν μεταξύ τους με τις **αύλακες**. Χάρη σε αυτές τις αύλακες η επιφάνεια των ημισφαιρίων αυξάνει πάρα πολύ. Με βάση την **επιμήκη αύλακα** τα ημισφαίρια διακρίνονται σε **αριστερό** και **δεξιό**. Αν και φαίνονται συμμετρικά, υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στις λειτουργίες του κάθε ημισφαιρίου (βλέπε ενότητα Συμπεριφορά, Μνήμη, Μάθηση).



Εικ.2.2.5:

Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια και οι διάφορες περιοχές τους..



Εικ.2.2.6:
Το “ανθρωπάριο”. Η αντιπροσώπευση των
διαφόρων περιοχών του σώματός μας στα
κύτταρα του σωματοαισθητικού φλοιού.

ίνες από τα κινητικά κέντρα των ημισφαιρίων. Έτσι, δεν πρέπει να μας ξενίζει το γεγονός ότι παίζει σημαντικό ρόλο στο **συντονισμό** των κινήσεων του σώματός μας (βλάβη της παρεγκεφαλίδας προκαλεί σοβαρά προβλήματα στην ακρίβεια εκτέλεσης των κινήσεων).

γ) Διεγκέφαλος

Ο διεγκέφαλος περιβάλλεται από τα ημισφαίρια του εγκεφάλου. Αποτελείται από το **θάλαμο**, τον **υποθάλαμο** και την **υπόφυση** (Εικ. 2.2.4).

Ο **θάλαμος** αποτελεί κέντρο διέλευσης όλων των ερεθισμάτων που έρχονται από τις διάφορες περιοχές του σώματος, δηλ. την “περιφέρεια”, προς τα ημισφαίρια, αλλά και από τα ημισφαίρια προς την περιφέρεια.

Στον **υποθάλαμο** υπάρχουν κέντρα που παίζουν ρόλο στην ομοιοστάση του οργανισμού (πείνα, δίψα, ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος). Επίσης, στον υποθάλαμο γίνεται ο συντονισμός της δράσης του συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού συστήματος με την πρόσληψη ερεθισμάτων από ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου και ρυθμίζεται η δράση ενός από τους σπουδαιότερους ενδοκρινείς αδένες, της υπόφυσης.

Η **υπόφυση** διαμέσου των ορμονών που εκκρίνει, παίζει ρόλο στη ρύθμιση και το συντονισμό της λειτουργίας των άλλων ενδοκρινών αδένων (βλέπε Κεφ.2.5).

δ) Ημισφαίρια του εγκεφάλου

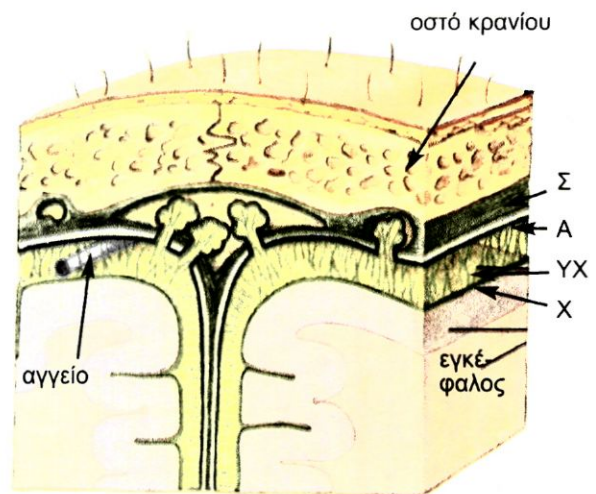
Τα ημισφαίρια του εγκεφάλου είναι η εξελικτικά πιο πρόσφατη περιοχή του ΚΝΣ. Σε σχέση δε με τα άλλα ανώτερα ζώα αλλά ακόμη και τα πρωτεύοντα, τα ημισφαίρια του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι πολύ ανεπτυγμένα (Εικ. 2.2.5). Η επιφάνεια των ημισφαιρίων εμφανίζει πτυχές (**έλικες**), οι οποίες ξεχωρίζουν μεταξύ τους με τις **αύλακες**. Χάρη σε αυτές τις αύλακες η επιφάνεια των ημισφαιρίων αυξάνει πάρα πολύ. Με βάση την **επιμήκη αύλακα** τα ημισφαίρια διακρίνονται σε **αριστερό** και **δεξιό**. Αν και φαίνονται συμμετρικά, υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στις λειτουργίες του κάθε ημισφαιρίου (βλέπε ενότητα Συμπεριφορά, Μνήμη, Μάθηση).

Ο φλοιός του εγκεφάλου με βάση τις βαθύτερες αύλακες διακρίνεται σε **λοβούς**. Υπάρχουν ο **μετωπιαίος** λοβός, ο **βρεγματικός** λοβός, ο **ινιακός** λοβός, και ο **κροταφικός** λοβός.

Στον **μετωπιαίο** λοβό εντοπίζεται το **κινητικό κέντρο** του εγκεφάλου. Εδώ διαμορφώνονται τα σχέδια για την εκτέλεση μιας εκούσιας κίνησης και ο συντονισμός των διαφόρων μυών που σχετίζονται με την αυτήν την κίνηση. Στο **βρεγματικό** λοβό εντοπίζονται οι **σωματισθητικοί χάρτες**. Στους χάρτες αυτούς αντιπροσωπεύονται όλες οι περιοχές του σώματος (Εικ. 2.2.6). Έτσι, όταν ακουμπάμε με το δάχτυλο το τραπέζι, το αίσθημα καταλήγει σε μια συγκεκριμένη περιοχή του σωματισθητικού φλοιού, την περιοχή όπου αναπαρίσταται το δάχτυλο. Στην ίδια περιοχή θα καταλήξει και το αίσθημα της θερμοκρασίας, αν ακουμπήσουμε ένα ζεστό ή ένα κρύο αντικείμενο. Με αυτό τον τρόπο το ΚΝΣ μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση κάθε περιοχής του σώματος. Στον **κροταφικό** λοβό υπάρχουν τα **ακουστικά κέντρα** όπου γίνεται η επεξεργασία των ακουστικών πληροφοριών ενώ στον **ινιακό** λοβό υπάρχουν τα **οπτικά κέντρα**, όπου γίνεται η επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών (βλέπε αντίστοιχες ενότητες).

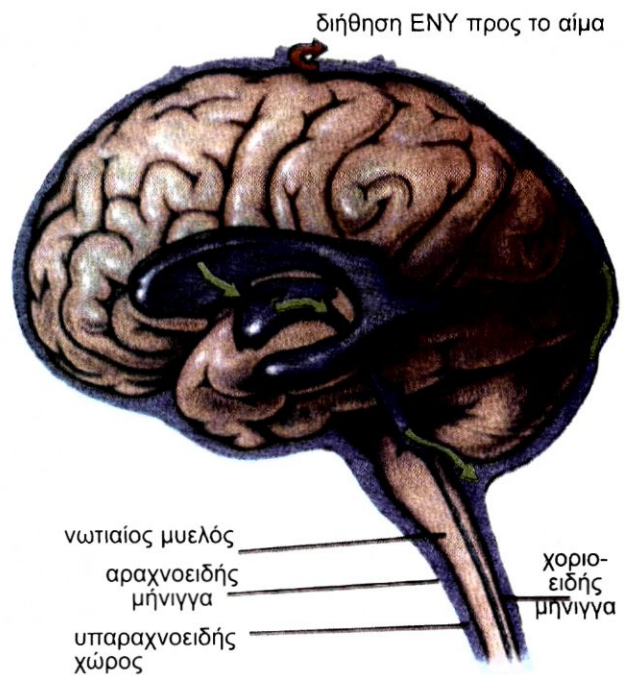
2.2.5 Το Εγκεφαλονωτιαίο Υγρό

Ουσιαστικά, ολόκληρος ο εγκέφαλος δομείται γύρω από τέσσερα εσωτερικά διαμερίσματα, τις **κοιλίες** του εγκεφάλου. Οι κοιλίες επικοινωνούν μεταξύ τους, καθώς επίσης και με το κεντρικό κανάλι του νωτιαίου μυελού αλλά και με το χώρο που περιβάλλει ολόκληρο τον εγκέφαλο και τον



Εικ.2.2.7:

Σχηματική απεικόνιση των 3 μηνίγγων (Σ=σκληρή, Α=αραχνοειδής, Χ=χοριοειδής, ΥΧ=υπαραχνοειδής χώρος. Το ΕΝΥ βρίσκεται στον υπαραχνοειδή χώρο και περιβάλλει όλο το ΚΝΣ.

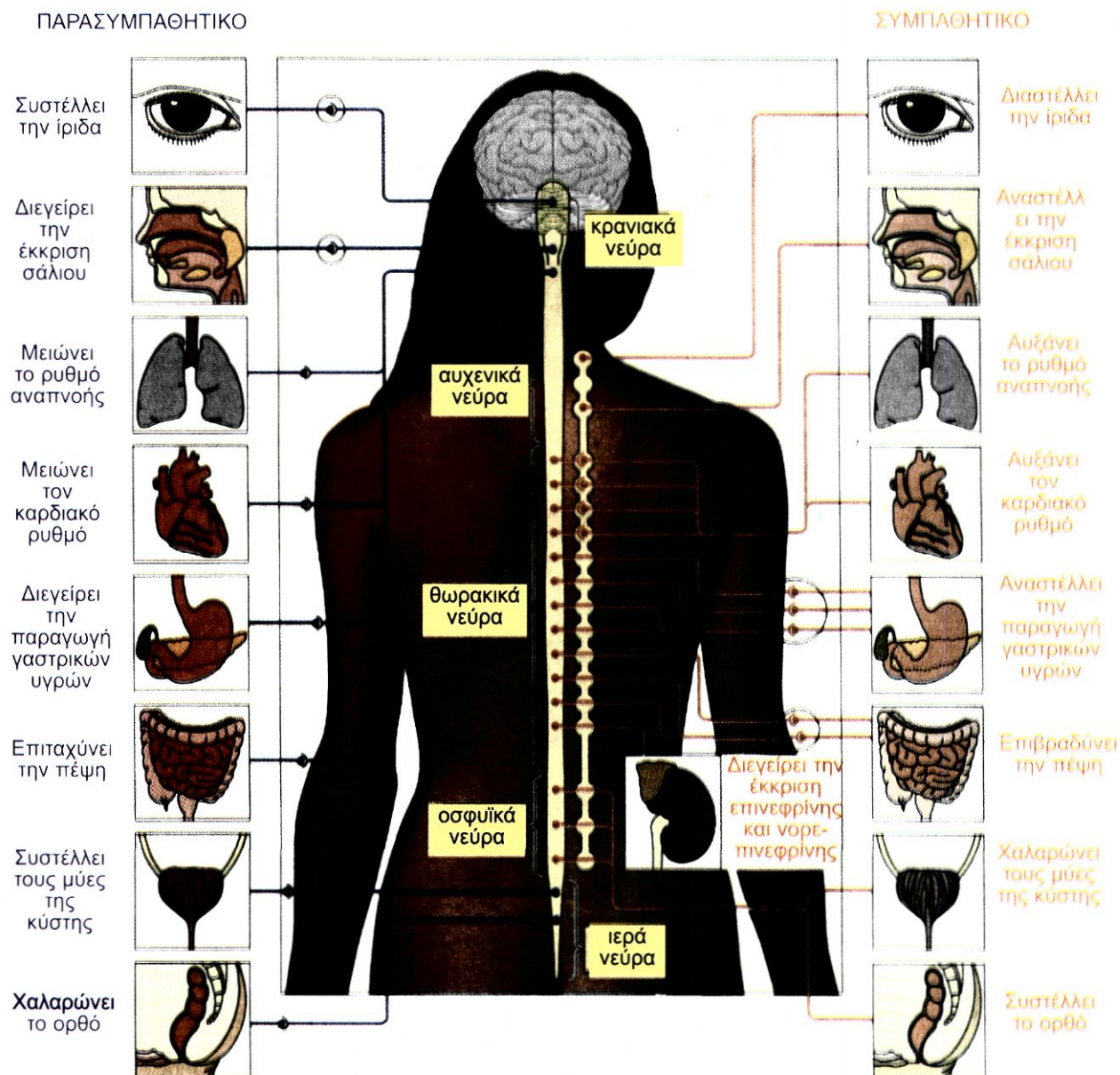


Εικ.2.2.8:

Η κυκλοφορία του ΕΝΥ μέσα και γύρω από το ΚΝΣ. Ο εγκέφαλος ζυγίζει (έξω από το σώμα) περίπου 1,5 Kg. Μέσα στο ΕΝΥ το βάρος του είναι μόλις 50 gr.

νωτιαίο μυελό (Εικ. 2.2.8). Ο χώρος αυτός περιέχει περίπου 150ml **εγκεφαλονωτιαίου υγρού (ΕΝΥ)**. Το ΕΝΥ παράγεται από τα κύτταρα στα τοιχώματα των κοιλιών και φιλτράρεται προς το πλάσμα του αίματος (Εικ. 2.2.8).

Ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός περιβάλλονται από τα οστά του κρανίου και τη σπονδυλική στήλη αντίστοιχα. Μεταξύ των οστών και του ΚΝΣ υπάρχουν επίσης τρεις **μήνιγγες**



Εικ.2.2.9:

Συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Οι έγχρωμες γραμμές αντιπροσωπεύουν τα συμπαθητικά νεύρα και οι μαύρες τα παρασυμπαθητικά.

Χωριστείτε σε δύο ομάδες στην τάξη σας. Η μία θα αναλάβει να υπερασπίσει τη θέση ότι στο μέλλον θα επικρατήσει ο άνθρωπος έναντι των Η/Υ και η άλλη ότι θα επικρατήσουν οι Η/Υ έναντι του ανθρώπου. Αναζητείστε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπου ο υπολογιστής είναι αποτελεσματικότερος από το ανθρώπινο ΚΝΣ και παραδείγματα όπου το ΚΝΣ υπερτερεί. Ζητείστε από τον κοντινότερο κινηματογράφο να προβάλει για λογαριασμό σας την ταινία του Stanley Cubric 2004, Οδύσσεια του Διαστήματος. Μετά διοργανώστε ένα μικρό δημοψήφισμα στο σχολείο σας. Δημοσιοποιείστε τα αποτελέσματα.

Αναζητείστε από το διαδίκτυο πληροφορίες σχετικά με τους σύγχρονους τρόπους απεικόνισης του εγκεφάλου (αξονική τομογραφία, μαγνητική τομογραφία). Σκεφτείτε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η χρήση των μεθόδων αυτών και συζητείστε ενδεχόμενα μειονεκτήματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Νευρικό Σύστημα του ανθρώπου αποτελείται από πολλά δισεκατομμύρια νευρώνες που είναι οργανωμένα με συγκεκριμένη δομή. Το νευρικό σύστημα αποτελείται από δύο μεγάλους κλαδούς, το **Κεντρικό Νευρικό Σύστημα** και το **Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα**. Με τα περιφερικά **νεύρα** άγονται οι εντολές από τον εγκέφαλο προς τα εκτελεστικά όργανα και παράλληλα φέρονται οι αισθητικές πληροφορίες από την περιφέρεια στο ΚΝΣ. Ο **νωτιαίος μυελός** είναι η αρχαιότερη περιοχή του νευρικού συστήματος και ελέγχει τις πιο αυτόματες κινητικές λειτουργίες. Στο **στέλεχος** εντοπίζονται κέντρα που ελέγχουν τις βασικές ζωτικές λειτουργίες του σώματος. Η **παρεγκεφαλίδα** αποτελεί σημαντικό κέντρο στον έλεγχο των κινήσεων. Ο **διεγκέφαλος** είναι κέντρο διέλευσης και ολοκλήρωσης όλων των αισθητικών πληροφοριών που άγονται από την περιφέρεια προς τον φλοιό και από το φλοιό στην περιφέρεια. Ο **φλοιός** είναι το κυριότερο κέντρο των “ανώτερων” λειτουργιών, ενώ στις περιοχές του αναπαρίστανται όλες οι περιοχές του σώματος αλλά και ο εξωτερικός κόσμος. Στο φλοιό καταστρώνονται τα σχέδια για την εκτέλεση των σωματικών κινήσεων. Ο εγκέφαλος περιβάλλεται από το **εγκεφαλονωτιαίο υγρό**, που παρέχει μηχανική προστασία στο ΚΝΣ.

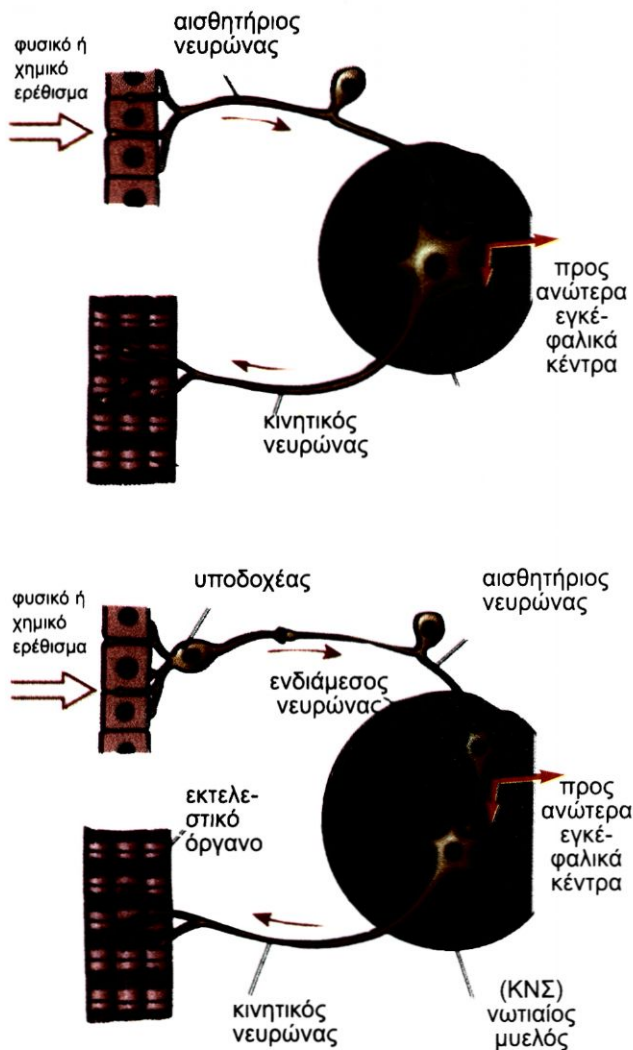
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί μια διατομή στο ύψος του νωτιαίου μυελού αποδεικνύεται συνήθως θανατηφόρα;
2. Τι είναι η φαιά και τι η λευκή ουσία;
3. Τι είναι οι σωματισθητικοί χάρτες;
4. Ποιά λειτουργία δεν επιτελούν τα εγκεφαλικά ημισφαίρια;
5. Αντιστοιχείστε τις έννοιες:

ινιακός λοβός	έλεγχος κινήσεων
περιφερικά νεύρα	αγωγή ώσεων από/προς την περιφέρεια
παρεγκεφαλίδα	ΕΝΥ
μήνιγγες	οπτικά ερεθίσματα
6. Πιο βαριά θα είναι μια διατομή στο ύψος των ιερών σπονδύλων ή στο ύψος των αυχενικών σπονδύλων; Γιατί;
7. Μπορείτε να φανταστείτε τα μειονεκτήματα που θα έχει ένας (φανταστικός) οργανισμός που διαθέτει μόνο συμπαθητικό ή μόνο παρασυμπαθητικό σύστημα; Αναφέρατε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή που να δικαιολογούν τη σκέψη σας.

2.3 ΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

2.3.1 Υποδοχείς



Εικ. 2.3.1:
Ένας υποδοχέας, ένας
αισθητικός νευρώνας και οι
νευρικές οδούς που ακολουθούν
οι ώσεις για το ερέθισμα που
καταγράφει ο υποδοχέας.

Μια ιδιαιτερότητα των αισθητικών ινών είναι ότι η νευρική ώση δημιουργείται στους δενδρίτες τους και όχι στο σώμα, όπως στους κινητικούς νευρώνες.

Η συνειδητή αίσθηση του εξωτερικού κόσμου (αλλά και η ασύνειδη αίσθηση του εσωτερικού περιβάλλοντος) οφείλεται σε ειδικά κύτταρα που λέγονται **υποδοχείς**. Οι υποδοχείς είναι, είτε εξειδικευμένα κύτταρα που περιβάλλονται από κάποια νευρική ίνα, είτε νευρικές ίνες (Εικ. 2.3.1). Για παράδειγμα, οι υποδοχείς θερμοκρασίας του δέρματος είναι ουσιαστικά οι ελεύθερες δενδριτικές απολήξεις νευρικών ινών που διακλαδίζονται στο δέρμα σε έκταση 0,1 mm² περίπου. Αυτές οι απολήξεις είναι ευαίσθητες στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Αν στην περιοχή που καλύπτουν, αυξηθεί πάνω από κάποιο όριο η θερμοκρασία, αυξάνεται η διαπερατότητα των ιοντικών πόρων στη μεμβράνη τους με αποτέλεσμα να παράγουν νευρικές ώσεις. Ο αριθμός των νευρικών ώσεων που παράγουν οι θερμοευαίσθητες ίνες είναι ανάλογος του ερεθίσματος που δέχονται (τιμή της θερμοκρασίας, χρόνος έκθεσης στο ερέθισμα).

Οι νευρικές ώσεις που δημιουργούνται στις απολήξεις, άγονται μέσω των αξόνων προς το ΚΝΣ. Εκεί προκαλούν τη διέγερση συγκεκριμένων νευρικών οδών, οι οποίες καταλήγουν σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου και τον ενημερώνουν. Οι νευρικές οδοί που ακολουθούν οι πληροφορίες μιας αίσθησης και οι περιοχές του εγκεφάλου που καταλήγουν είναι συγκεκριμένες και ειδικές για κάθε αίσθηση. Στην περίπτωση του αισθήματος της θερμοκρασίας π.χ., το σημείο κατάληξης των νευρικών ώσεων είναι ο σωματισθητικός φλοιός. Αν, δηλαδή, ακουμπήσουμε με το δάκτυλό μας ένα θερμό αντικείμενο, η πληροφορία για τη θερμοκρασία του αντικειμένου καταλήγει στην περιοχή που αναπαρίσταται το δάκτυλο στον αισθητικό φλοιό.

Τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος έχουν ποικίλες ενεργειακές μορφές. Μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητικά (φως), μηχανικά (αφή), χημικά (συγκέντρωση κάποιας ουσίας -όσφρηση κλπ), θερμικά, ηχητικά κλπ. Κάθε υποδοχέας έχει την ικανότητα να μετατρέπει την ενέργεια ενός συγκεκριμένου φυσικοχημικού ερεθίσματος του περιβάλλοντος σε νευρικές ώσεις. Υπάρχουν εξειδικευμένοι υποδοχείς στο μάτι που μετατρέπουν την ενέργεια των φωτονίων σε νευρικές ώσεις, πληροφορώντας με αυτό τον

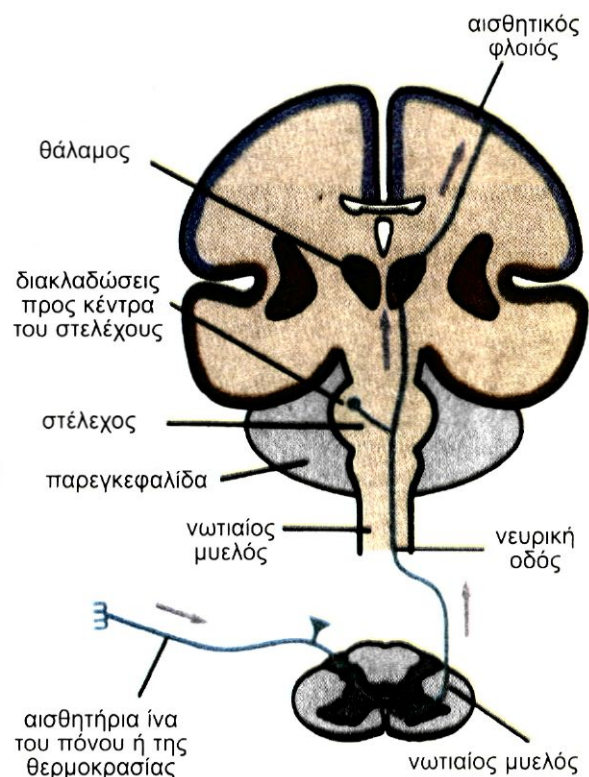
τρόπο τον εγκέφαλο για τα οπτικά “χαρακτηριστικά” του περιβάλλοντος. Οι υποδοχείς αυτοί είναι αναίσθητοι σε ερεθίσματα θερμοκρασίας και ελάχιστα ευαίσθητοι στη μηχανική πίεση. Το ερέθισμα στο οποίο αποκρίνεται με μέγιστη ευαισθησία ένας υποδοχέας λέγεται **ομόλογο**, ενώ **ετερόλογο** είναι ένα ερέθισμα που απαιτεί πολύ περισσότερη ενέργεια για να διεγείρει τον υποδοχέα. Για παράδειγμα, αν χτυπήσουμε ελαφρά το βολβό του ματιού μας, έχουμε την εντύπωση ότι είδαμε μια λάμψη, χωρίς ωστόσο να έχει υπάρξει ένα τέτοιο φωτεινό ερέθισμα. Το ετερόλογο για τους υποδοχείς ερέθισμα της μηχανικής πίεσης προκάλεσε νευρικές ώσεις, που κατέληξαν στον οπτικό φλοιό (όπου και οφείλεται η ερμηνεία τους από το ΚΝΣ, ως λάμψη).

Γενικά οι υποδοχείς κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με τις γενικές ιδιότητες του ομόλογου ερεθίσματος:

1. *μηχανοϋποδοχείς* (πίεση, αφή, ακοή κλπ.)
2. *θερμοϋποδοχείς* (θερμό, ψυχρό)
3. *χημιοϋποδοχείς* (γεύση, όσφρηση κλπ.)
4. *φωτοϋποδοχείς* (ραβδία, κωνία)

2.3.2 Αισθήσεις

Η συνεχής ροή πληροφοριών (υπό τη μορφή νευρικών ώσεων) από τους υποδοχείς στο ΚΝΣ δημιουργεί τη συνεχή συνειδητή αντίληψη του εξωτερικού περιβάλλοντος, δημιουργεί με λίγα λόγια αυτό που ονομάζουμε γενικά “αισθήσεις”. Όταν κοιμόμαστε, βέβαια, οι πληροφορίες από τα περισσότερα αισθητήρια όργανα συνεχίζουν να ρέουν προς το ΚΝΣ, αλλά δεν έχουμε αίσθηση του περιβάλλοντος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά τη διάρκεια του ύπνου καταστέλλεται σημαντικά, τόσο η αγωγή των ώσεων στις διάφορες νευρικές οδούς, όσο και η λειτουργία των ειδικών για κάθε αίσθηση κέντρων του εγκεφάλου. Στην πραγματικότητα μια παρόμοια “αγνόηση” των αισθητικών πληροφοριών είναι κάτι που συμβαίνει διαρκώς στο ΚΝΣ, ακόμη και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο εγκέφαλός μας δέχεται κάθε στιγμή εκατομμύρια ξεχωριστές πληροφορίες από τα εκατομμύρια των υποδοχέων του, αλλά έχει την ικανότητα να εστιάζει εκλεκτικά την προσοχή του σε λίγες από αυτές. Για παράδειγμα, την ώρα που τρώμε, οι πληροφορίες που στέλνει το δέρμα μας στον εγκέφαλο για το βάρος των ρούχων μας, είναι



Εικ. 2.3.2:
Νευρική οδός που ακολουθούν οι
πληροφορίες της θερμοκρασίας

Υπάρχουν και οι αισθήσεις από το εσωτερικό του σώματος. Στο τοίχωμα των αρτηριών π.χ. βρίσκονται υποδοχείς που διεγείρονται όταν αυξηθεί η διάταση του αγγείου (δηλ. όταν ανέβει η αρτηριακή πίεση), και οι οποίοι πληροφορούν το ΑΝΣ για αυτή τη φυσική μεταβολή. Είναι και αυτή μια αίσθηση για την οποία όμως, δεν έχουμε συνειδητή επίγνωση.

πληροφορίες που αγνοούνται από το ΚΝΣ. Αντίθετα, αποκτούν ιδιαίτερη σημασία όταν δοκιμάζουμε ένα νέο ρούχο.

Οι αισθήσεις διακρίνονται σε ειδικές και σωματικές. **Ειδικές** είναι η όραση, η ακοή, η όσφρηση και η γεύση, ενώ **σωματικές** είναι οι δερματικές, οι "εν τω βάθει" αισθήσεις (από οστά και τένοντες) και οι σπλαχνικές αισθήσεις (από τα όργανα του σώματος) κλπ. Στις επόμενες σελίδες θα περιγραφούν οι ειδικές αισθήσεις και σε επόμενα κεφάλαια θα συναντήσουμε περιπτώσεις σωματικών υποδοχέων, αλλά και υποδοχέων του ΑΝΣ.

Δύο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των αισθήσεων είναι τα ακόλουθα:

α) *η ένταση του προκαλούμενου αισθήματος είναι (γενικά) ανάλογη προς την ένταση του ερεθίσματος.* Όσο πιο μεγάλη είναι η ενέργεια της φυσικοχημικής παραμέτρου που διεγείρει έναν υποδοχέα (ή η συγκέντρωση της ουσίας, στην περίπτωση των χημειοϋποδοχέων), τόσο μεγαλύτερη είναι και η συχνότητα των νευρικών ώσεων που αυτός παράγει, κι έτσι, τόσο εντονότερη η αίσθηση που προκαλείται. Για παράδειγμα, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός, τόσο περισσότεροι φωτοϋποδοχείς διεγείρονται στον αμφιβληστροειδή και τόσο πιο έντονη είναι η αίσθηση που δημιουργείται.

β) *οι περισσότεροι υποδοχείς εμφανίζουν την ιδιότητα της εξοικείωσης ή προσαρμογής.* Αν εφαρμοστεί σταθερή πίεση σε ένα υποδοχέα πίεσης και μετρηθούν οι νευρικές ώσεις που παράγει, τότε μετά από σύντομο διάστημα ο αριθμός των ώσεων μειώνεται ή (ανάλογα με το είδος του υποδοχέα) μπορεί και να μηδενιστεί ενελώς. Αυτό το φαινόμενο λέγεται **εξοικείωση** ή **προσαρμογή** και διακρίνει πολλούς υποδοχείς. Υπάρχουν πάντως και υποδοχείς που δεν εμφανίζουν αυτό το φαινόμενο, όπως οι υποδοχείς του πόνου. (Τι επιπτώσεις θα υπήρχαν, αν οι υποδοχείς πόνου εμφάνιζαν προσαρμογή;)

Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή της επίδρασης ενός ερεθίσματος μέχρι την ενσυνείδητη αντίδραση του οργανισμού ονομάζεται **χρόνος αντίδρασης**.

2.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα αισθητήρια όργανα όπως και τα άλλα όργανα του ανθρώπου, είναι το αποτέλεσμα προσαρμογής και εξέλιξης στη διάρκεια της βιολογικής ιστορίας του είδους μας και είναι έτσι φτιαγμένα ώστε να εξυπηρετούν με τον καλύτερο τρόπο τις ειδικές μας ανάγκες και απαιτήσεις. Ο κόσμος όπως τον βλέπει ο άνθρωπος είναι εντελώς διαφορετικός από τον κόσμο που βλέπει μια μέλισσα. Αν συγκρίνουμε δε τους ήχους που ακούμε εμείς και μια νυκτερίδα ή ένα ψάρι, σίγουρα θα νομίσουμε ότι ζούμε σε διαφορετικούς πλανήτες.

2.4.1 Όραση

Το ανθρώπινο μάτι, το αισθητήριο όργανο της όρασης, περιέχει τους οπτικούς υποδοχείς που όχι μόνο ανιχνεύουν το φως αλλά δημιουργούν λεπτομερείς αναπαραστάσεις του κόσμου που μας περιβάλλει.

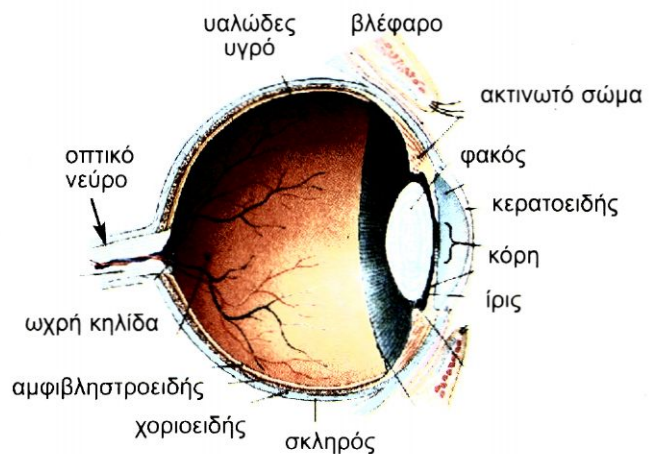
• Ανατομία ματιού

Το ανθρώπινο μάτι αποτελείται από τον **οφθαλμικό βολβό** και τα **επικουρικά όργανα**.

Τα **επικουρικά όργανα** όπως οι βλεφαρίδες, τα βλέφαρα, και οι δομές που παράγουν τα δάκρυα, παρέχουν προστασία και στήριξη στο ανθρώπινο μάτι ενώ διατηρούν υγρή και καθαρή από σκόνες και μικρόβια την εξωτερική επιφάνεια του βολβού.

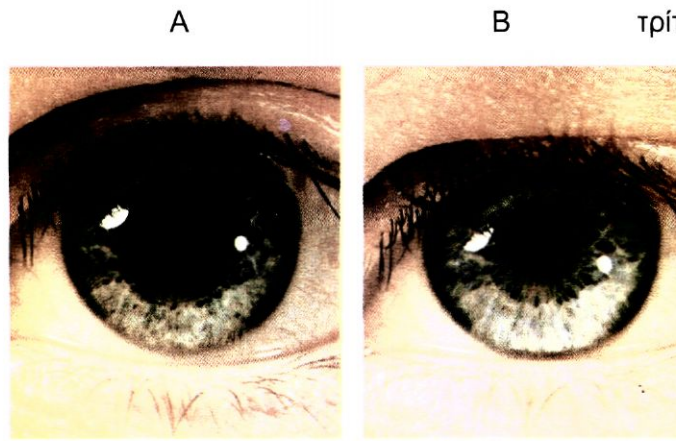
• Ο οφθαλμικός βολβός

Ο **οφθαλμικός βολβός** σχηματίζεται από τρεις διαδοχικούς χιτώνες, τον εξωτερικό, το μεσαίο και τον εσωτερικό χιτώνα (Εικ. 2.4.1). Ο εξωτερικός χιτώνας, αποτελείται από τον **σκληρό χιτώνα** και τον **κερατοειδή** και η λειτουργία του είναι να προσφέρει μηχανική υποστήριξη και προστασία, ενώ συμμετέχει στη διαδικασία της εστίασης. Ο σκληρός χιτώνας, το άσπρο του ματιού, είναι πολύ ανθεκτικός και προστατεύει το εσωτερικό του οφθαλμικού βολβού. Στο εμπρόσθιο μέρος του βολβού υπάρχει ο **κερατοειδής χιτώνας** που είναι διαφανής ώστε το φως να περνά στο εσωτερικό του βολβού. Ο **μεσαίος** χιτώνας περιλαμβάνει τον **χοριοειδή χιτώνα**, την **ίριδα** και το **φακό**. Ο χοριοειδής χιτώνας περιέχει ένα εκτεταμένο δίκτυο από αιμοφόρα αγγεία που μεταφέρουν οξυγόνο και θρεπτικά στοιχεία στον

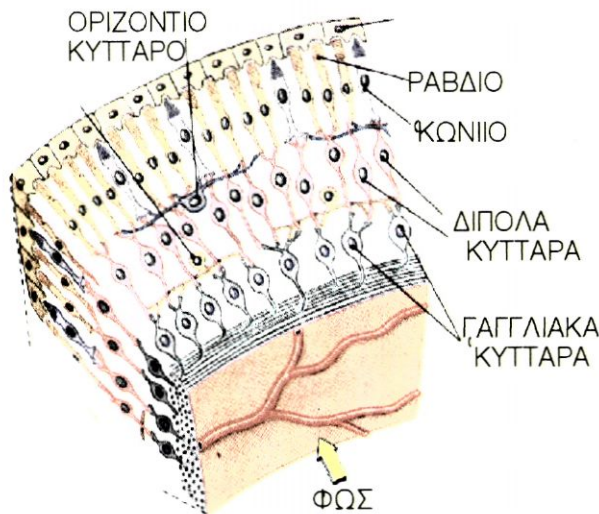


Εικ. 2.4.1
Οφθαλμικός βολβός

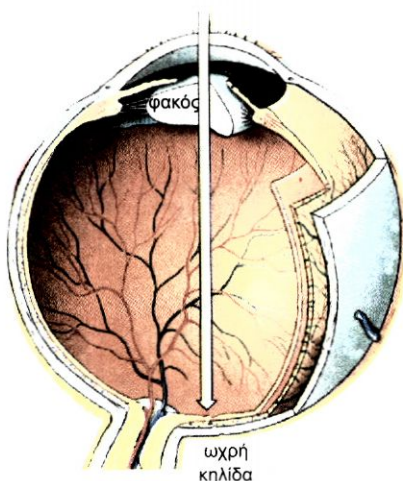
Τα 130 εκατομμύρια φωτοϋποδοχέων στον αμφιβληστροειδή συνάπτονται με 6 εκατομμύρια νευρικά κύτταρα (δίπολα και οριζόντια κύτταρα), που με τη σειρά τους συνάπτονται με ένα εκατομμύριο γαγγλιακά κύτταρα. Αυτή η αναλογία 130:1 δηλώνει ότι ένα γαγγλιακό κύτταρο παίρνει πληροφορίες από πολλούς φωτοϋποδοχείς. Ο αμφιβληστροειδής επομένως δεν είναι απλώς ένα στρώμα από φωτοευαίσθητα κύτταρα αλλά είναι ένας “μικρός εγκέφαλος” που εκτελεί περίπλοκη επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών πριν φθάσουν στο οπτικό νεύρο.



Εικ. 2.4.2:
Η κόρη του ματιού
α) Στο σκοτάδι β) Σε έντονο φως



Εικ. 2.4.3:
Αμφιβληστροειδής χιτώνας



Εικ. 2.4.4:
Οπτικός άξονας και ωχρή κηλίδα

τρίτο χιτώνα, τον αμφιβληστροειδή. Η λειτουργία του μεσαίου χιτώνα είναι να ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο εσωτερικό του ματιού και να ρυθμίζει το σχήμα του φακού για την εστίαση. Η **ίριδα**, είναι ένας έγχρωμος δίσκος με μια οπή στο κέντρο, την **κόρη**. Στο έντονο φως, με τη δράση ειδικών μυών, η κόρη του ματιού συστέλλεται, ενώ αντίθετα στο αμυδρό φως διαστέλλεται, ρυθμίζοντας έτσι την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στο εσωτερικό του ματιού (Εικ.2.4.2). Οι μεταβολές αυτές

γίνονται αυτόματα. Ο **φακός** βρίσκεται ακριβώς πίσω από την ίριδα και σχηματίζεται από εξειδικευμένα κύτταρα που περιέχουν ειδικές πρωτεΐνες, τις **κρυσταλλίνες**. Το **ακτινωτό σώμα**, οι εσωτερικοί μυς του ματιού, συγκρατούν το φακό στη θέση του ενώ μεταβάλλουν την καμπυλότητά του, ανάλογα με την απόσταση των αντικειμένων ώστε το είδωλο τους να σχηματίζεται πάντα πάνω στον αμφιβληστροειδή.

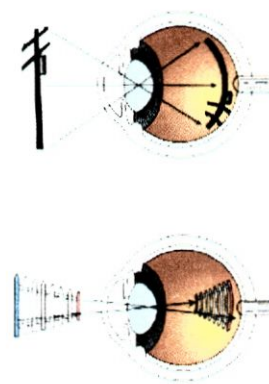
Ο **εσωτερικός χιτώνας** ονομάζεται **αμφιβληστροειδής** (Εικ. 2.4.3) και είναι το ευαίσθητο στο φως τμήμα του ματιού. Περιέχει τους **φωτοϋποδοχείς**, εξειδικευμένα κύτταρα που αντιδρούν στο φως και μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρικά σήματα και **νευρικά κύτταρα** που συνάπτονται με τους φωτοϋποδοχείς, συλλέγουν τις οπτικές πληροφορίες και τις στέλνουν στον εγκέφαλο. Το φως πρώτα πρέπει να περάσει από τις στοιβάδες νευρικών κυττάρων, τα **γαγγλιακά κύτταρα** και τα **δίπολα** κύτταρα για να φθάσει στους φωτοϋποδοχείς, που βρίσκονται στο εσωτερικό του χιτώνα). Υπάρχουν δυο τύποι φωτοϋποδοχέων, τα **κωνία** και τα **ραβδία**. Τα **ραβδία** είναι υπεύθυνα για την όραση στο σκοτάδι και σε συνθήκες αμυδρού φωτισμού. Τα **κωνία** είναι υπεύθυνα για την όραση σε συνθήκες έντονου φωτισμού και για την αντίληψη των χρωμάτων.

• Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας

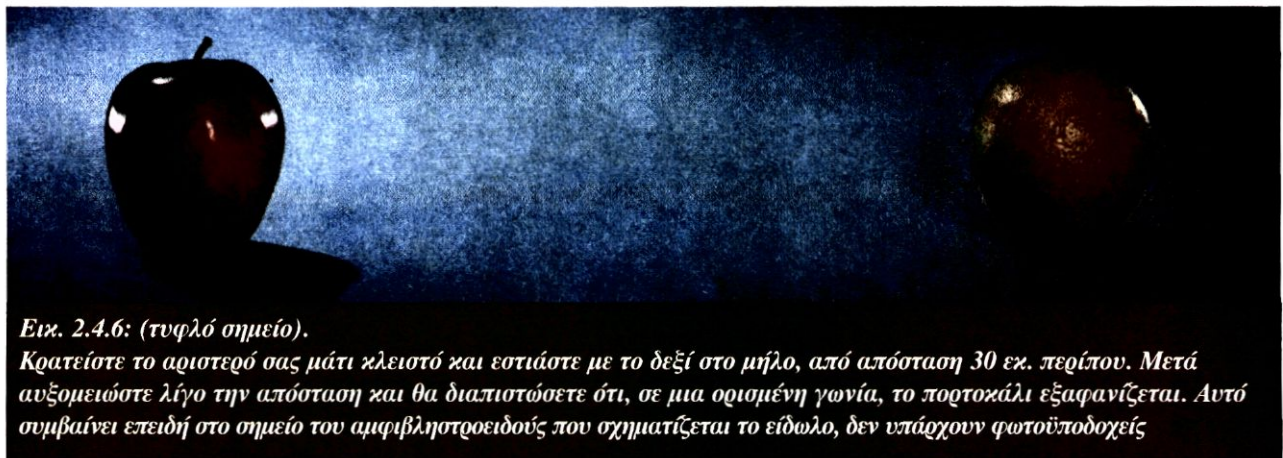
Περίπου 125 εκατομμύρια ραβδία είναι διατεταγμένα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς, ενώ τα περισσότερα από τα 6 εκατομμύρια κωνία είναι συγκεντρωμένα σε ένα τμήμα απέναντι από το φακό, την **ωχρή κηλίδα**. Η ωχρή κηλίδα είναι το σημείο στο οποίο η όραση είναι οξυτάτη, σε συνθήκες βέβαια έντονου φωτισμού. Επειδή μπορούμε να κατευθύνουμε τα μάτια μας σε κάθε τι που μας κινεί το ενδιαφέρον, δεν έχουμε συνείδηση του πόσο αδύναμη είναι η περιφερική

μας όραση. Όταν κοιτάζουμε ένα αντικείμενο που βρίσκεται ακριβώς μπροστά μας, το είδωλο του σχηματίζεται επάνω στην ωχρή κηλίδα (Εικ.2.4.4). Η εικόνα που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή είναι ανεστραμμένη και αντίθετη σε σχέση με το αντικείμενο (Εικ.2.4.5). Ωστόσο, ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται τα αντικείμενα στη σωστή τους θέση γιατί έχει εκπαιδευθεί να θεωρεί την ανεστραμμένη εικόνα σαν κανονική.

Οι άξονες των γαγγλιακών κύτταρων σχηματίζουν το **οπτικό νεύρο**, που μεταφέρει τα οπτικά σήματα από το μάτι στον εγκέφαλο. Το σημείο που ξεκινά το οπτικό νεύρο ονομάζεται **οπτική θηλή**, δεν περιέχει καθόλου κωνία και ραβδία και δεν ανταποκρίνεται στο φως (**τυφλό σημείο**). Δεν έχουμε συνήθως συνείδηση του τυφλού



Εικ. 2.4.5:
Σχηματισμός
ειδώλου
στον
αμφιβλη-
στροειδή

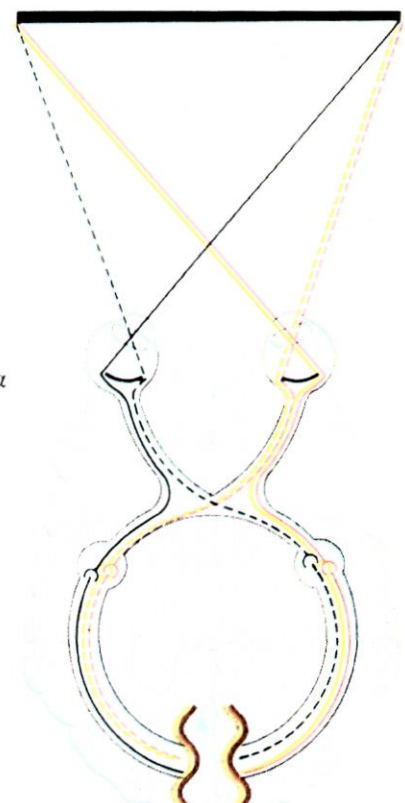


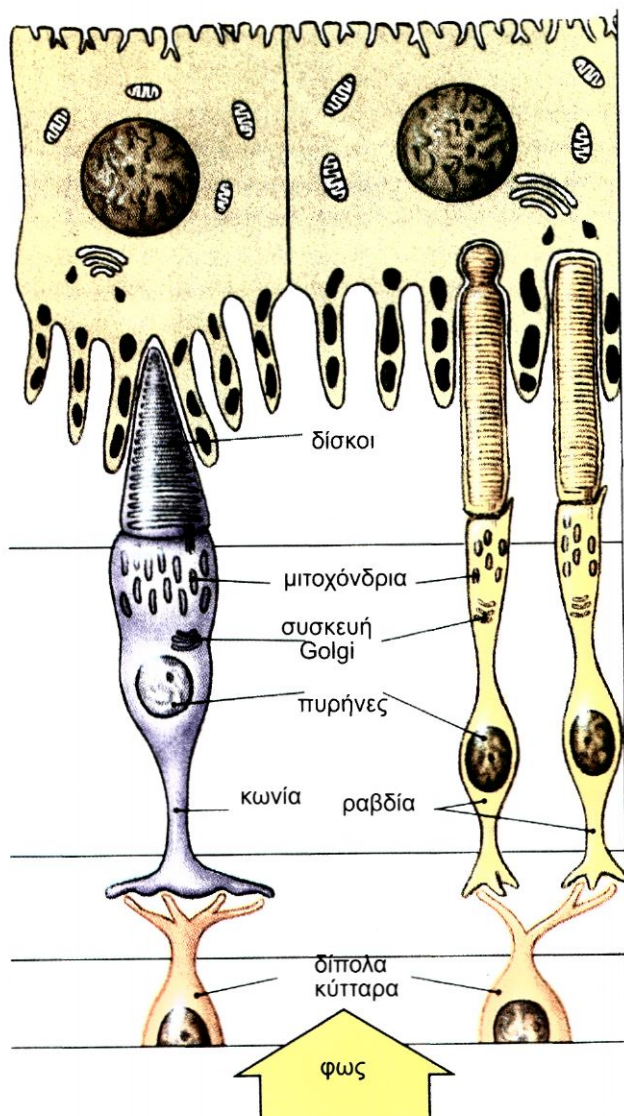
Εικ. 2.4.6: (τυφλό σημείο).

Κρατείστε το αριστερό σας μάτι κλειστό και εστιάστε με το δεξί στο μήλο, από απόσταση 30 εκ. περίπου. Μετά αυξομειώστε λίγο την απόσταση και θα διαπιστώσετε ότι, σε μια ορισμένη γωνία, το πορτοκάλι εξαφανίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή στο σημείο του αμφιβληστροειδούς που σχηματίζεται το είδωλο, δεν υπάρχουν φωτοϋποδοχείς

σημείου επειδή στην διόφθαλμη όραση, το τμήμα μιας εικόνας που “λείπει” λόγω του τυφλού σημείου από το ένα μάτι, συμπληρώνεται από το άλλο μάτι (Εικ.2.4.6). Τα οπτικά νεύρα από τα δυο μάτια εισέρχονται στον εγκέφαλο και χιάζονται (**οπτικό χίασμα**, Εικ. 2.4.7) με αποτέλεσμα κάθε πλευρά του εγκέφαλου να δέχεται σήματα και από τους δυο οφθαλμούς. Το δεξιό τμήμα ενός αντικειμένου που παρατηρούμε καταγράφεται στο αριστερό ημισφαίριο του εγκέφαλου, ενώ το αριστερό τμήμα του αντικειμένου καταγράφεται στο δεξιό ημισφαίριο. Μια παρόμοια διάταξη ισχύει για πολλές αισθήσεις (π.χ. πίεση αφή). Έτσι, γενικά μπορούμε να πούμε ότι κάθε εγκεφαλικό ημισφαίριο είναι υπεύθυνο για το αντίθετο ήμισυ του σώματος. Η επεξεργασία των οπτικών σημάτων στον εγκέφαλο, αν και δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή, πρέπει να περιλαμβάνει τρία χωριστά συστήματα επεξεργασίας, ένα για το σχήμα, ένα δεύτερο για το χρώμα και ένα τρίτο για την κίνηση, την οργάνωση και τη θέση των αντικειμένων στο χώρο.

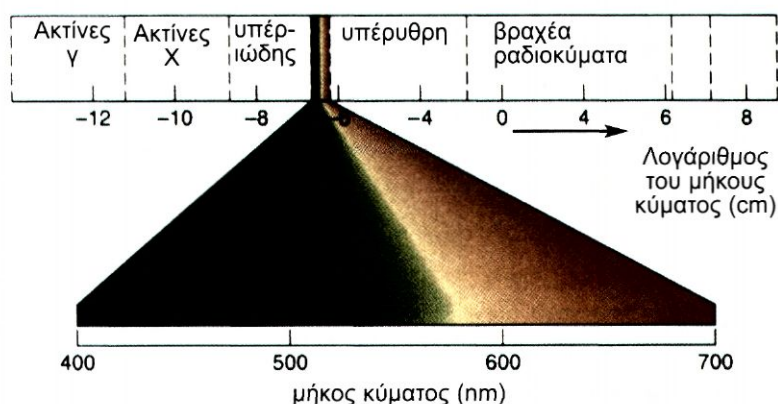
Εικ. 2.4.7
Οπτικό χίασμα





Εικ.2.4.8:
Κωνία και ραβδία

Εικ. 2.4.9:
Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος ενεργειακών περιοχών. Τα ραβδία και τα κωνία είναι υποδοχείς που ανιχνεύουν την ορατή ακτινοβολία.



• Τα κωνία, τα ραβδία και ο μηχανισμός της όρασης

Τα κωνία και τα ραβδία είναι εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα και αποτελούνται από ένα εσωτερικό τμήμα που περιέχει τον πυρήνα και τα οργανίδια του κύτταρου και συνάπτεται με τα δίπολα κύτταρα, και ένα εξωτερικό τμήμα που έχει αντίστοιχα σχήμα κώνου ή ράβδου, και περιέχει εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες μεμβρανώδεις **δίσκους**. (Εικ.2.4.8) Στους δίσκους υπάρχουν ειδικές **φωτοευαίσθητες ενώσεις (χρωστικές)** που απορροφούν την φωτεινή ενέργεια και αποτελούνται από μια πρωτεΐνη **την οψίνη** και ένα παράγωγο της βιταμίνης Α, **τη ρετινίνη** (αυτός είναι ένας από τους λόγους που η βιταμίνη Α είναι απαραίτητη για τον οργανισμό μας). Η ρετινίνη είναι κοινή σ' όλες τις χρωστικές ενώ η οψίνη είναι λίγο διαφορετική. Η φωτοευαίσθητη χρωστική των ραβδίων λέγεται **ροδοψίνη**.

Το φως εισέρχεται στο μάτι μέσω του κερατοειδούς στη συνέχεια περνά μέσα από την κόρη του ματιού, και από τον φακό, που εστιάζει τις ακτίνες πάνω στον αμφιβληστροειδή. Όταν το φως πέσει στους φωτοϋποδοχείς, η φωτοευαίσθητη χρωστική που περιέχουν απορροφά την φωτεινή ενέργεια, διασπάται σε οψίνη και ρετινίνη. Αυτό το γεγονός μεταβάλλει τις ιδιότητες της μεμβράνης των φωτοϋποδοχέων (ραβδία-κωνία) με τελικό αποτέλεσμα να δημιουργούνται νευρικές ώσεις όχι στους ίδιους τους υποδοχείς, αλλά στα γειτονικά τους κύτταρα, τα δίπολα και τα οριζόντια κύτταρα (Εικ. 2.4.3, 2.4.8). Για όσο διάστημα διαρκεί η επίδραση του φωτός στους φωτοϋποδοχείς, δημιουργούνται νευρικές ώσεις στα δίπολα και τα οριζόντια κύτταρα, τα οποία με τη σειρά τους διεγείρουν τα γαγγλιακά κύτταρα. Από εκεί τα σήματα (μέσω των οπτικών νεύρων) καταλήγουν στο οπτικό κέντρο του εγκεφάλου

όπου γίνεται η συνένωση των δυο εικόνων (μία από κάθε μάτι) σε μια και η ανόρθωση τους (στον αμφιβληστροειδή τα είδωλα είναι ανεστραμμένα). Η ανόρθωση των οπτικών εικόνων, και η προβολή τους στη θέση που βρίσκονται στο χώρο (τρισεδιάστατη εικόνα), είναι πολύπλοκα νευρωνικά φαινόμενα.

• Έγχρωμη όραση

Οι οπτικοί υποδοχείς του ανθρώπου διεγείρονται από **φωτόνια** στο φάσμα του ορατού φωτός. Το ορατό φως (350-750nm) είναι ένα μικρό μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Εικ. 2.4.9). Τα ραβδία πληροφορούν το ΚΝΣ για την ύπαρξη ή όχι φωτονίων χωρίς να δίνουν πληροφορίες για το μήκος κύματος. Τα κωνία δίνουν πληροφορίες για το μήκος κύματος επιτρέποντας έτσι την αντίληψη των χρωμάτων.

Στον άνθρωπο υπάρχουν τρεις τύποι κωνίων ανάλογα με το φάσμα απορρόφησης της χρωστικής που περιέχουν. Κάθε χρωστική είναι πιο ευαίσθητη στο μήκος κύματος ενός από τα τρία βασικά χρώματα, του κόκκινου, πράσινου και μπλε. Η διέγερση των τριών τύπων κωνίων σε διαφορετικές αναλογίες έχει σαν αποτέλεσμα την έγχρωμη όραση, που έχει τριχρωματική βάση.

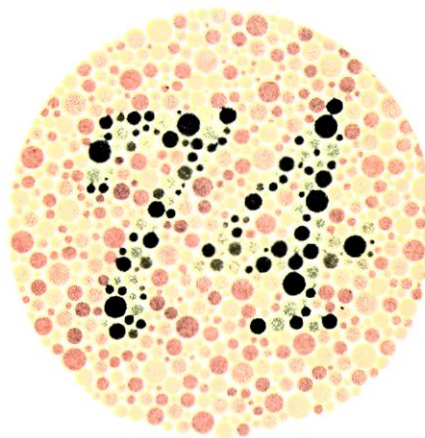
Η αντίληψη του κίτρινου χρώματος δημιουργείται από περίπου ίση διέγερση των κόκκινων και πράσινων κωνίων. Η αντίληψη του πορτοκαλί χρώματος δημιουργείται από διέγερση των κόκκινων και πράσινων κωνίων με σχέση 99:42. Η ισότιμη περίπου διέγερση των κόκκινων, πράσινων και μπλε κωνίων δίνει την αίσθηση του λευκού χρώματος.

Περίπου 8% των ανδρών έχουν αδυναμία στην διάκριση χρωμάτων, μια κατάσταση που ονομάζεται **αχρωματοψία**. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι η αδυναμία διάκρισης κόκκινου-πράσινου χρώματος. Ειδικό πίνακες επιτρέπουν την διάγνωση της αχρωματοψίας (Εικ.2.4.10).

• Προσαρμογή στο φως και στο σκοτάδι

Αν ένα άτομο μείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα στο έντονο φως, μεγάλο μέρος των φωτοευαίσθητων ουσιών των ραβδίων και των κωνίων ανάγεται σε ρετινίνη και οψίνες και η ευαισθησία του ματιού στο φως ελαττώνεται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **προσαρμογή στο φως**. Αντίθετα αν το άτομο μείνει πολλή ώρα στο σκοτάδι, ολόκληρη ουσιαστικά η ποσότητα της ρετινίνης και των οψίνων των ραβδίων και των κωνίων μετατρέπεται σε φωτοευαίσθητες χρωστικές και οι φωτοϋποδοχείς γίνονται τόσο ευαίσθητοι που ακόμα και η ελάχιστη ποσότητα φωτός τους διεγείρει. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **προσαρμογή στο σκοτάδι**. Ανάμεσα στη μέγιστη προσαρμογή στο σκοτάδι και τη μέγιστη προσαρμογή στο φως, το μάτι μπορεί να

Είμαστε τυχεροί που δεν μπορούμε να δούμε την υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμότητα) αλλιώς τα πάντα θα ήταν καλυμμένα από μια κόκκινη ομίχλη, αποτέλεσμα της θερμότητας που εκπέμπουν τα σώματα μας.



Εικ. 2.4.10:

Η διάγνωση της αχρωματοψίας γίνεται με ειδικές εικόνες, που αποτελούνται από χρωματιστές κουκκίδες. Όποιος έχει αχρωματοψία βλέπει τον αριθμό 21, ενώ όσοι έχουν φυσιολογική όραση βλέπουν τον αριθμό 74.

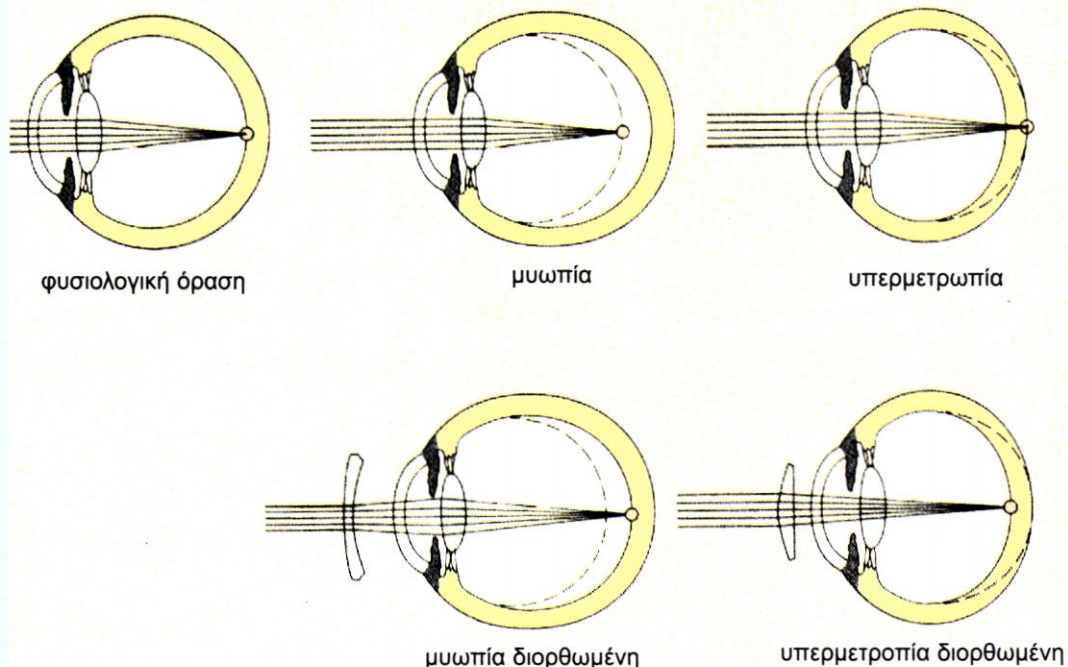
Φωτεινά ερεθίσματα ορισμένης συχνότητας και υψηλής φωτεινότητας (γύρω στα 40 Hz) μπορεί να προκαλέσουν επιληπτικές κρίσεις σε επιληπτικούς και παιδιά.

μεταβάλλει την ευαισθησία του στο φως 500.000-1.000.000 φορές. Ο χρόνος που απαιτείται για την προσαρμογή στο σκοτάδι είναι αρκετά μεγαλύτερος απ' αυτόν που απαιτείται για την προσαρμογή στο φως.

• Σχηματική αναπαράσταση των διαταραχών της όρασης

Εάν η διάμετρος του οφθαλμικού βολβού είναι μικρή, ή ο φακός δεν είναι όσο πρέπει καμπύλος, η εστίαση ενός κοντινού αντικειμένου θα γίνει πίσω και όχι πάνω στον αμφιβληστροειδή. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται υπερμετρωπία (μακρινή όραση). Αντίθετα, εάν η διάμετρος του οφθαλμικού βολβού είναι μεγάλη, ή ο φακός είναι πολύ καμπύλος, ένα κοντινό αντικείμενο θα εστιασθεί μπροστά και όχι πάνω στον αμφιβληστροειδή. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται μυωπία (κοντινή όραση). Και οι δυο περιπτώσεις διορθώνονται με γυαλιά ή φακούς επαφής. Μια άλλη συχνή παθολογική περίπτωση όρασης είναι ο καταρράκτης που δημιουργείται από θόλωση του φακού και αντιμετωπίζεται χειρουργικά.

Ο χώρος ανάμεσα στον κερατοειδή χιτώνα και το φακό περιέχει το υδατοειδές υγρό, ενώ ο χώρος πίσω από το φακό είναι γεμάτος από μια ημίρρευστη διαφανή ουσία, το υαλώδες σώμα. Αυξημένη πίεση του υδατοειδούς υγρού προκαλεί το γλαύκωμα που χρειάζεται ιατρική αντιμετώπιση. Ο στραβισμός προκύπτει από αδυναμία των δυο οφθαλμών να εστιάσουν ταυτόχρονα στο ίδιο αντικείμενο (συγκλίνοντες ή αποκλίνοντες οφθαλμοί). Σήμερα θεραπεύεται με χειρουργική επέμβαση πριν την ηλικία των τεσσάρων ετών.



2.4.2 Ακοή και ισορροπία

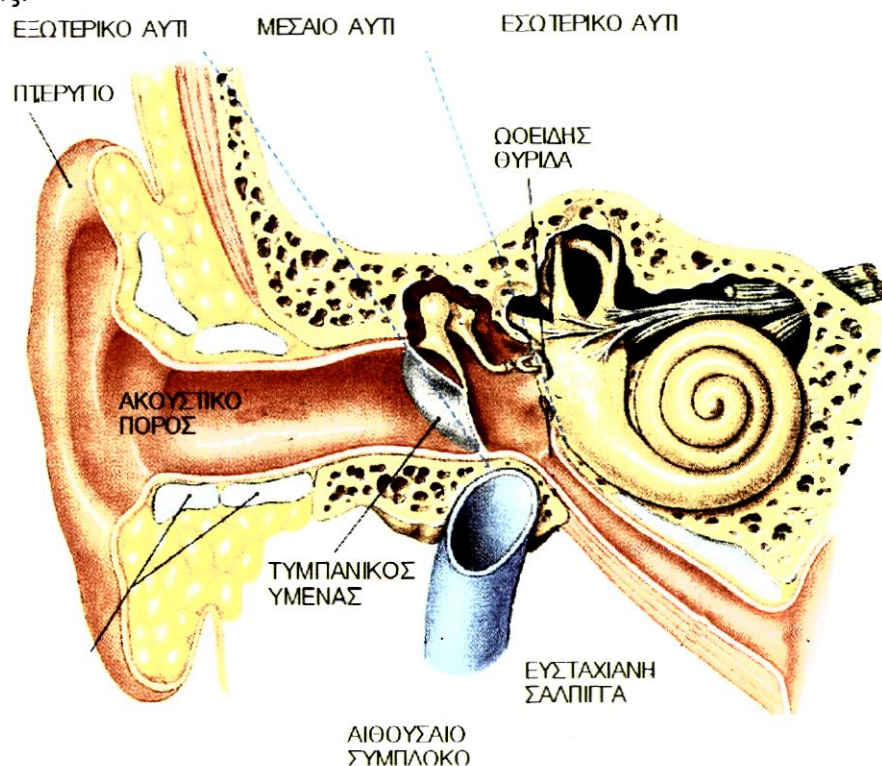
Το εσωτερικό αυτί είναι το αισθητήριο όργανο για δυο αισθήσεις, την ακοή και την ισορροπία. Η ακοή μας επιτρέπει να ανιχνεύουμε ηχητικά κύματα. Η ισορροπία μας δίνει πληροφορίες για την θέση της κεφαλής στο χώρο, ανιχνεύοντας τη βαρύτητα, την γραμμική επιτάχυνση και την περιστροφική κίνηση. Οι υποδοχείς και για τις δυο αισθήσεις είναι ίδιου τύπου: ονομάζονται **τριχοφόρα κύτταρα** και κατατάσσονται στους μηχανοϋποδοχείς. Η περίπλοκη όμως κατασκευή του εσωτερικού αυτιού και οι διαφορετικές δομές που πλαισιώνουν τα τριχοφόρα κύτταρα, τους υποδοχείς να αποκρίνονται σε διαφορετικά ερεθίσματα και να παρέχουν έτσι πληροφορίες για δυο διαφορετικές αισθήσεις.

• Μηχανισμός της ακοής

Το αυτί αντιδρά στη μηχανική δόνηση των ηχητικών κυμάτων που φθάνουν σ' αυτό με τον αέρα. Το αυτί διαιρείται σε τρία τμήματα, το εξωτερικό, το μεσαίο και το εσωτερικό (Εικ. 2.4.11). Τα ηχητικά κύματα συλλέγονται στο εξωτερικό αυτί και μέσω του μεσαίου τμήματος μεταβιβάζονται στο εσωτερικό αυτί όπου βρίσκονται οι υποδοχείς του ήχου. Συγκεκριμένα, τα ηχητικά κύματα περνούν από τον **ακουστικό πόρο** και προσκρούουν στον τυμπανικό υμένα, ή **τύμπανο**, θέτοντας τον σε παλμική δόνηση της ίδιας συχνότητας.

Οι παλμικές δονήσεις του τύμπανου μεταδίδονται στο μεσαίο αυτί, σε τρία οστάρια, τη **σφύρα**, τον **άκμονα** και τον **αναβολέα**, που πήραν το όνομα τους από το σχήμα τους. Το μεσαίο αυτί περιέχει αέρα και συνδέεται με τον ρινοφάρυγγα και τον εξωτερικό αέρα μέσω της **ευσταχιανής σάλπιγγας**.

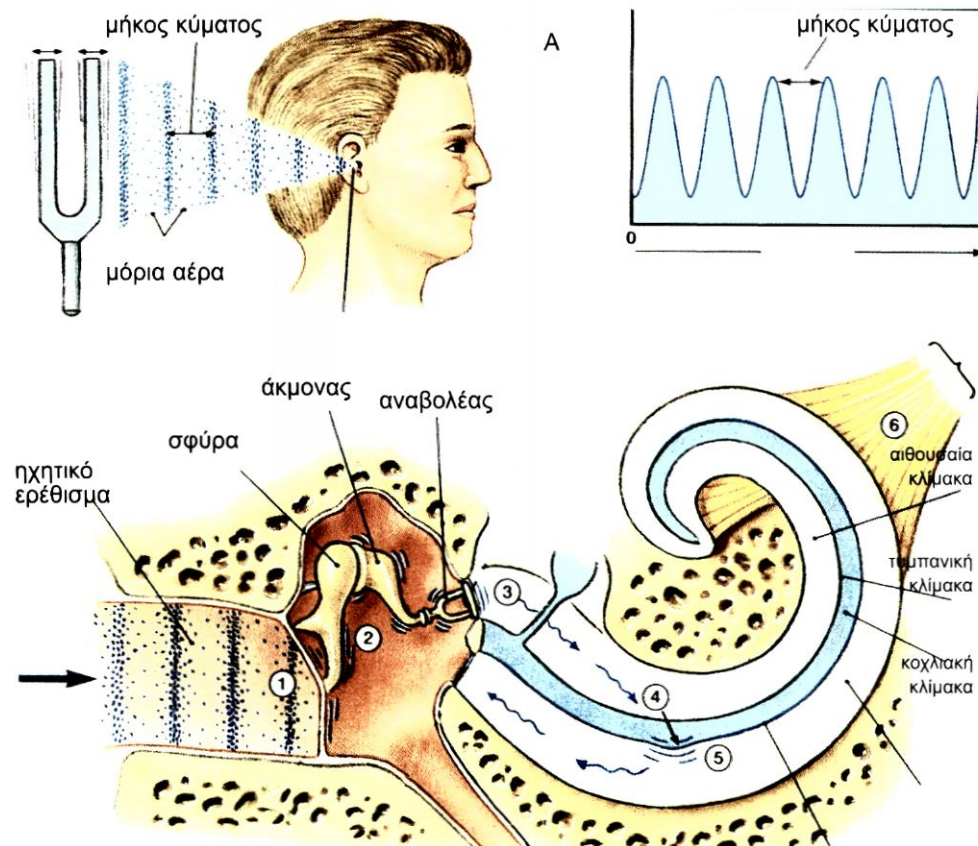
Οι μηχανικές δονήσεις του τρίτου οσταρίου, του αναβολέα, μεταδίδονται σε μια μεμβράνη, την **ωοειδή θυρίδα** και από κει στο **εσωτερικό αυτί**, στον **κοχλία**. Ο **κοχλίας** είναι ένας σωλήνας



Εικ.2.4.11
Ανατομία αυτιού

Όταν καταπίνουμε ή χασμουριόμαστε, η ευσταχιανή σάλπιγγα ανοίγει και η πίεση του αέρα εξισώνεται στις δυο πλευρές του τύμπανου. Απότομες αλλαγές στην ατμοσφαιρική πίεση όπως στην κάθοδο ενός αεροσκάφους για προσγείωση- μπορεί να προκαλέσουν αίσθημα πόνου στον άνθρωπο λόγω διαφοράς πίεσης στις δυο πλευρές του τυμπάνου.

μήκους τριών εκατοστών που μοιάζει με κέλυφος σαλιγκαριού. Εσωτερικά δυο μεμβράνες χωρίζουν τον κοχλία σε τρία διαμερίσματα, την κοχλιακή κλίμακα, την τυμπανική και την αιθουσαία που περιέχουν υγρό, τη λέμφο. Στο εσωτερικό του κοχλία, στην **βασική μεμβράνη** υπάρχει το **όργανο του Corti**, που αποτελείται από **τριχοφόρα κύτταρα**, που είναι οι υποδοχείς του ήχου.

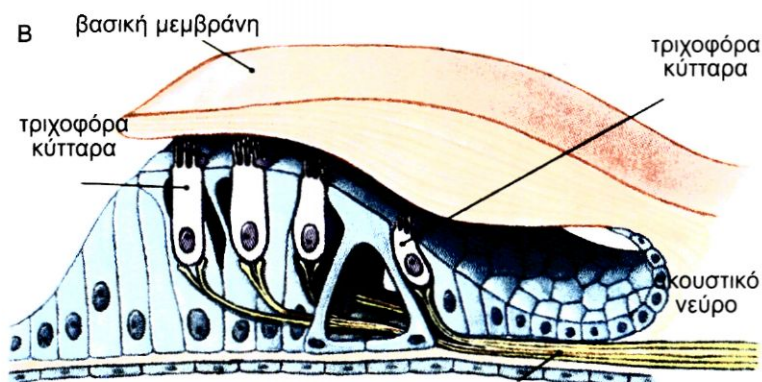


Οι παλμικές δονήσεις από την ωοειδή θυρίδα μεταδίδονται στην έξω λέμφο της αιθουσαίας κλίμακας, στη λέμφο της τυμπανικής κλίμακας και προκαλούν παραμόρφωση στη βασική μεμβράνη. Η παραμόρφωση της **βασικής μεμβράνης** προκαλεί διέγερση των τριχοφόρων κύτταρων του οργάνου Corti, και τη δημιουργία δυναμικών ενέργειας, που μεταφέρονται με το **ακουστικό νεύρο** στο **κέντρο της ακοής** στον εγκέφαλο (Εικ. 2.4.12).

Εικ.2.4.12:

A. Μηχανισμός ακοής

B. Όργανο του Corti



Ήχοι μεγάλης συχνότητας προκαλούν μεγαλύτερη παραμόρφωση στη βάση του κοχλία, ενώ ήχοι μικρής συχνότητας προκαλούν μεγαλύτερη παραμόρφωση στην κορυφή του κοχλία. Η συχνότητα του ήχου που αντιλαμβανόμαστε καθορίζεται επομένως από το μήμα του κοχλιακού αγωγού που διεγείρεται, ενώ η ένταση καθορίζεται από τον αριθμό των τριχοφόρων κύτταρων που διεγείρονται.

Ο άνθρωπος είναι σε θέση να ανιχνεύει ήχους συχνότητας 16 μέχρι 20.000 Hertz, που σε γενικές γραμμές αντιστοιχούν στο εύρος της ανθρώπινης φωνής. (ένα Hz εκφράζει μια ταλάντωση, ένα κύκλο ανά δευτερόλεπτο). Η ικανότητα αυτή μειώνεται στους ηλικιωμένους. Έξω από τα όρια αυτών των

συχνοτήτων δεν μπορεί η ακουστική μεμβράνη να συντονισθεί με τη συχνότητα του ήχου. **Οι υπέρηχοι**, ήχοι με συχνότητες μεγαλύτερες από 20.000 Hz, και οι **υπόηχοι**, ήχοι με συχνότητες μικρότερες από 16 Hz, δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο ενώ γίνονται αντιληπτοί από άλλα ζώα. (Πίν.2.4.1). Η αδυναμία μας να ακούμε χαμηλούς ήχους είναι μια χρήσιμη προσαρμογή, γιατί διαφορετικά θα κατακλυζόμαστε από ήχους από την μετακίνηση του σώματος μας, από την κυκλοφορία του αίματος, ή την κίνηση των οστών μας.

Η ένταση του ήχου μετρείται σε **decibel (dB)**. Η κλίμακα των ντεσιμπέλ είναι λογαριθμική. Ήχος έντασης 0 dB αντιστοιχεί στο όριο ακουστότητας ενώ ήχος έντασης 140 ντεσιμπέλ αντιστοιχεί στο όριο πόνου (Πίν.2.4.2). Εάν ένα πειραματόζωο εκτεθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ήχους υψηλής έντασης, τελικά γίνεται κουφό σε αυτές τις συχνότητες και η εξέταση κάτω από το μικροσκόπιο του οργάνου Corti δείχνει ότι τα τριχοφόρα κύτταρα σε μια συγκεκριμένη περιοχή του κοχλίου έχουν καταστραφεί.

Παρόμοια καταστροφή είναι δυνατόν να συμβεί και στους ανθρώπους που εκτίθενται σε δυνατούς θορύβους για μεγάλα χρονικά διαστήματα

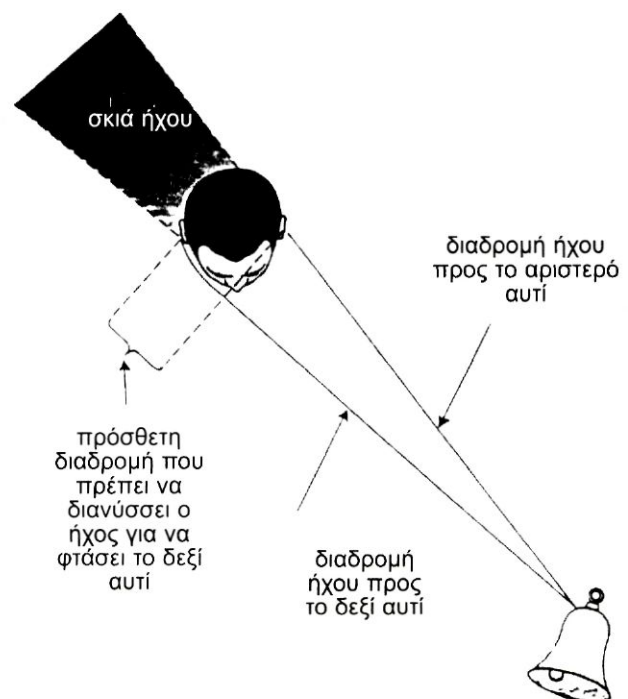
Η ακοή επιτρέπει να επικοινωνούμε μεταξύ μας, συλλαμβάνοντας ήχους και ερμηνεύοντας την ομιλία. Επιπλέον μας επιτρέπει να αντιλαμβανόμαστε αντικείμενα που δεν βλέπουμε με τα μάτια, όπως για παράδειγμα ένα αυτοκίνητο που βρίσκεται πίσω μας. Το νευρικό σύστημα δέχεται δυο ήχους, ένα στο δεξιό κι ένα στο αριστερό αυτί, που φθάνουν στο κάθε αυτί με μια μικρή χρονική διάφορα ή και διαφορά στην ένταση, ανάλογα με το αν η πηγή του ήχου βρίσκεται στα αριστερά ή στα δεξιά, και την απόσταση της. Αυτή η ελάχιστη διαφορά επιτρέπει τον υπολογισμό της θέσης της πηγής του ήχου (ο ήχος έφθασε πρώτα στο αριστερό αυτί, άρα είναι προς τα αριστερά, σε τόση απόσταση) (Εικ.2.4.13). Τότε επιστρατεύεται η όραση και στρέφουμε τα μάτια μας για να δούμε.

Πίν.2.4.1: Το εύρος συχνοτήτων των ακουστών ήχων σε διάφορα είδη

Άνθρωπος	16-20.000 Hz
Σκύλος	15-50.000 Hz
Γάτα	60-65.000 Hz
Τζιτζίκας	100-15.000 Hz
Δελφίνι	150-150.000 Hz
Νυκτερίδα	1000-120.000 Hz

Πίν.2.4.2 Παραδείγματα έντασης ήχου

Είδος ήχου	decibel
Ήσυχη βιβλιοθήκη, ψίθυρος	30
Συνηθισμένη ομιλία	40
Κίνηση δρόμου από απόσταση, ψυγείο	50
Κλιματιστικό στα 20 πόδια, συνομιλία	60
Πυκνή κυκλοφορία δρόμου, θορυβώδης εστιατόριο (συνεχής έκθεση)	70
Υπόγειος, κίνηση δρόμου σε ώρες αιχμής, θόρυβος εργοστάσιου	80
Δρόμος με φορτηγά, θορυβώδεις οικιακές συσκευές, μηχανή που κουρεύει γρασίδι	90
Αλυσσοπριονο, κομπρεσέρ	100
Ροκ συναυλία μπροστά από τα μεγάφωνα	120
Πυροβολισμός, αεροπλάνο jet	140
Απογείωση διαστημόπλοιου	180

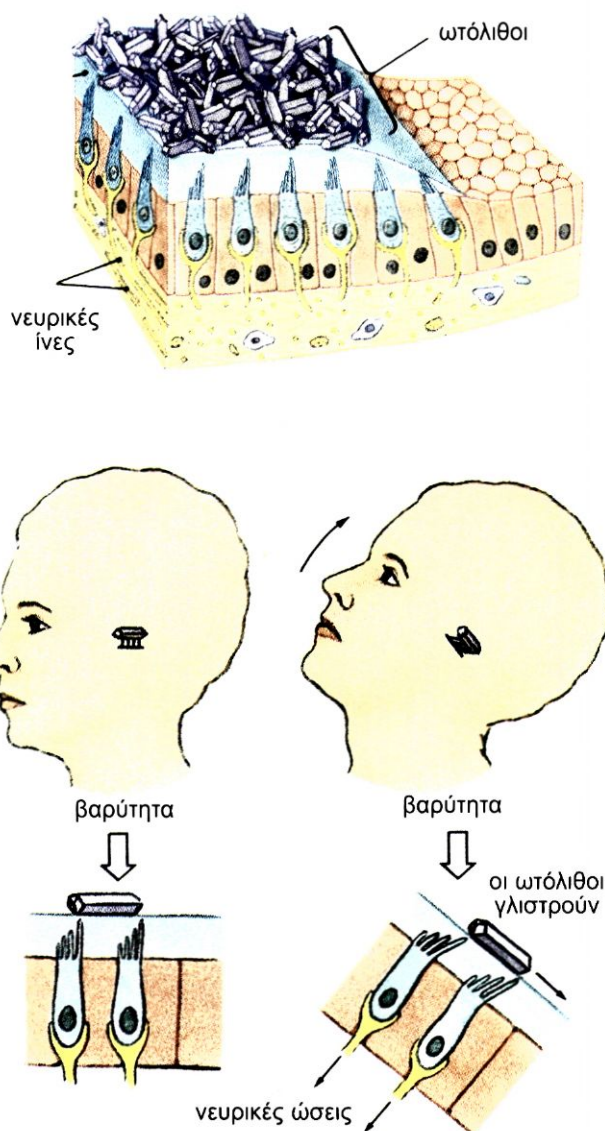


Εικ.2.4.13:

Πως υπολογίζεται η απόσταση από την πηγή ήχου

Ηχορύπανση

Η αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων και των δικύκλων στις μεγάλες πόλεις έχει ως αποτέλεσμα ήχους μεγάλης έντασης, κυκλοφοριακό θόρυβο, που αναγνωρίζεται σήμερα ως μια σοβαρή πηγή ρύπανσης (Ηχορύπανση). Το κυριότερο αποτέλεσμα του θορύβου για τον άνθρωπο είναι η ελάττωση της ακουστικής οξύτητας που μπορεί να οδηγήσει προοδευτικά σε βαρηκοΐα και κώφωση. Έχουν καταγραφεί όμως και αλλαγές στην συμπεριφορά όπως δυσκολία στην ομιλία, πτώση της ποιότητας της εργασίας, ερεθιστικότητα, δυσκολία στην εκπαίδευση των παιδιών και γενικότερη δυσκολία επικοινωνίας λόγω εκνευρισμού και άγχους. Διάφοροι οργανισμοί όπως η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχουν προτείνει μέγιστα επιτρεπτά όρια για διάφορα περιβάλλοντα. Μια έρευνα που έγινε στην Αθήνα το καλοκαίρι του 1987 για τα επίπεδα θορύβου στον εσωτερικό δακτύλιο κυκλοφορίας, έδειξε ότι το 11% των μετρήσεων αντιστοιχούσε σε επίπεδα θορύβου υψηλότερα των 78 ντεσιμπέλ, ακουστική κατάσταση τουλάχιστον απαράδεκτη, το 60% των μετρήσεων αντιπροσώπευε επίπεδα θορύβου μεταξύ 78 και 70 ντεσιμπέλ, ακουστική κατάσταση θορυβώδη, ενώ μόνο το 8% των μετρήσεων έδειχνε επίπεδα θορύβου μικρότερα των 64 ντεσιμπέλ, μια άνετη δηλαδή ακουστική κατάσταση.



Εικ. 2.4.14: Μηχανισμός ισορροπίας

• Ισορροπία

Ο μηχανισμός της αίσθησης της ισορροπίας περιλαμβάνει ανίχνευση της θέσης του σώματος ως προς τον κατακόρυφο άξονα, ανίχνευση της γραμμικής επιτάχυνσης και ανίχνευση της κίνησης της κεφαλής. Στο εσωτερικό αυτί υπάρχει ένα σύστημα αγωγών και διαμερισμάτων, το **αιθουσαίο σύμπλεγμα** που αποτελείται από τους **τρεις ημικύκλιους αγωγούς** και την **αίθουσα** (Εικ. 2.4.11). Στα τοιχώματα των ημικύκλιων σωλήνων βρίσκονται τα στηρικτικά κύτταρα και τα **τριχοφόρα** κύτταρα που είναι οι υποδοχείς για την ισορροπία. Με την περιστροφική κίνηση της κεφαλής, κινούνται και οι ημικύκλιοι σωλήνες. Το υγρό που περιέχουν όμως (η λέμφος) είναι αδρανές και περιστρέφεται βραδύτερα από τα τοιχώματα των σωλήνων. Έτσι, (Εικ. 2.4.14) η διεγείρονται τα τριχοφόρα κύτταρα και στέλνουν ηλεκτρικά σήματα τον εγκέφαλο για τη γωνία κλίσης και την κατεύθυνση κλίσης της κεφαλής. Υποδοχείς ισορροπίας βρίσκονται και στην **αίθουσα** στην οποία εκτός από τα **τριχοφόρα κύτταρα** βρίσκονται και οι **ωτόλιθοι**, κρύσταλλοι ανθρακικού ασβεστίου που αλλάζουν θέση καθώς το σώμα μετακινείται. Αυτοί οι υποδοχείς δίνουν πληροφορίες σχετικές με τη βαρύτητα κατά την ακινησία. Επίσης ανιχνεύουν τη γραμμική επιτάχυνση.

Οι σχετικές με την ισορροπία πληροφορίες συνδυάζονται στον εγκέφαλο με οπτικές πληροφορίες. Εάν οι πληροφορίες αυτές είναι αντίθετες, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ζάλη, τάση για εμετό, δηλαδή ναυτία. Όταν για παράδειγμα διαβάσετε ένα βιβλίο σε ένα κινούμενο όχημα, τα μάτια είναι εστιασμένα σε ένα σταθερό αντικείμενο (τις σελίδες του βιβλίου) και στέλνουν πληροφορίες στον εγκέφαλο ότι δεν μετακινείστε. Οι υποδοχείς της ισορροπίας όμως ανιχνεύουν επιτάχυνση. Αυτές οι αντικρουόμενες πληροφορίες προκαλούν σύγχυση στον εγκέφαλο και ναυτία.

2.4.3 Χημειοϋποδοχείς (Γεύση- Όσφρηση)

Οι χημικές ενώσεις ανιχνεύονται από τους χημειοϋποδοχείς, που βρίσκονται στους **γευστικούς κάλυκες** της γλώσσας, και τα **κύτταρα του οσφρητικού επιθηλίου** που βρίσκονται στη ρινική κοιλότητα. Αν και διαφορετικές, αυτές οι δυο αισθητικές εμπειρίες, η γεύση και η όσφρηση, είναι στενά συνδεδεμένες και δρουν μαζί για να μας επιτρέψουν να διακρίνουμε πολλές διαφορετικές γεύσεις και οσμές.

• Γεύση

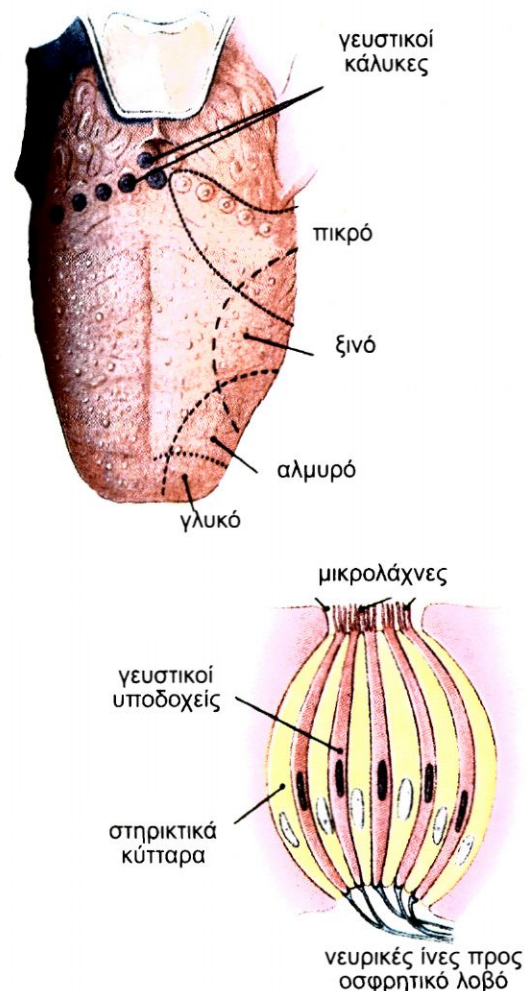
Η αίσθηση της γεύσης οφείλεται στους **γευστικούς κάλυκες**. Συνολικά, ένας άνθρωπος έχει 2.000-5.000 γευστικούς κάλυκες που βρίσκονται κυρίως στην επιφάνεια της γλώσσας. Κάθε γευστικός κάλυκας περιέχει 50-150 **γευστικούς υποδοχείς**, εξειδικευμένα κύτταρα που αντιδρούν σε διάφορες χημικές ουσίες, που βρίσκονται στην τροφή μας, διεγείρονται, και στέλνουν ηλεκτρικά σήματα, νευρικές ώσεις, στο **κέντρο της γεύσης** στον εγκέφαλο. Υπάρχουν τέσσερα βασικά αισθήματα γεύσης, το **γλυκό**, το **ξινό**, το **αλμυρό** και το **πικρό** με συγκεκριμένη κατανομή στην επιφάνεια της γλώσσας (Εικ.2.4.15). Η μεγάλη ποικιλία γεύσεων που είναι γνωστές σήμερα στον άνθρωπο είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των τεσσάρων κυρίων αισθημάτων.

Η γεύση είναι απαραίτητη για την επιβίωση. Οι γευστικοί υποδοχείς ελέγχουν την τροφή για σημαντικές χημικές ενώσεις που δεν εξατμίζονται όπως τα άλατα, και επομένως δεν μπορεί να γίνουν αντιληπτές με την όσφρηση. Το γλυκό χαρακτηρίζει την γλυκόζη, μια πολύ καλή πηγή ενέργειας, το ξινό τα ιόντα υδρογόνου, ενώ το πικρό είναι χαρακτηριστικό πολλών δηλητηρίων.

Σε γενικές γραμμές, ότι έχει καλή γεύση είναι καλό για την επιβίωση των οργανισμών.

• Όσφρηση

Υπεύθυνο για την όσφρηση είναι το **οσφρητικό επιθήλιο** που βρίσκεται στη ρινική κοιλότητα. Σε μια μικρή περιοχή που έχει το μέγεθος ενός γραμματόσημου και αντιδρά σε οσμηρά μόρια, χημικές ενώσεις που μεταφέρονται στην ρινική κοιλότητα με τον αέρα. Το οσφρητικό επιθήλιο (Εικ.2.4.16) περιέχει **τριχοφόρους αισθητικούς νευρώνες**, **υποστηρικτικά κύτταρα** και **βασικά**



Εικ. 2.4.15

α) Κατανομή βασικών γευστικών αισθημάτων στη γλώσσα β) Γευστικοί κάλυκες

Πρόσφατα έγινε γνωστή μια πέμπτη βασική γεύση που ονομάστηκε από τους επιστήμονες “umami”, που στα ιαπωνικά σημαίνει “νόστιμο”. Αυτή το γευστικό αίσθημα προκαλείται π.χ. από το ζωμό κρέατος και ανιχνεύει αμινοξέα.

Τα γευστικά ερεθίσματα συνδυάζονται πολύ με τα οσφρητικά ερεθίσματα. Οσμηρές χημικές ενώσεις από τη τροφή και τα ποτά διεγείρουν και το οσφρητικό επιθήλιο. Όταν τρώμε ένα παγωτό φράουλα π.χ. ο μηχανισμός της γεύσης μας πληροφορεί ότι είναι κρύο, γλυκό και μαλακό, αλλά ο μηχανισμός της όσφρησης μας πληροφορεί ότι είναι “φράουλα”. Υπολογίζεται ότι το 80% της τροφής μας το εκτιμούμε μέσω της όσφρησης. Αυτός ο συνδυασμός εξηγεί γιατί η απώλεια της αίσθησης της όσφρησης όπως στην περίπτωση ενός κρυολογήματος προκαλεί σοβαρή μείωση στη γεύση. Η αίσθηση της γεύσης μειώνεται με την ηλικία. Επιπλέον, το κάπνισμα και το αλκοόλ καταστρέφουν πρόωρα τους γευστικούς κάλυκες.

Η ουσία μεθυλομερκαπτάνη π.χ. μπορεί να γίνει αντιληπτή σε συγκέντρωση μόλις $1/25.000.000.000$ mg ανά ml αέρα. Η προσθήκη της στο φυσικό αέριο επιτρέπει την ανίχνευση διαρροών.



Εικ. 2.4.16:
Οσφρητικό επιθήλιο

κύτταρα που πολλαπλασιάζονται σε τακτά διαστήματα και αντικαθιστούν τους αισθητικούς νευρώνες που πεθαίνουν. Αυτή είναι μια από τις λίγες γνωστές περιπτώσεις αντικατάστασης νευρικών κύτταρων στον ενήλικα άνθρωπο.

Για να γίνουν αντιληπτά τα οσμηρά μόρια από τον άνθρωπο πρέπει πρώτα να διαλυθούν σε ένα υγρό μέσο, τη βλέννα της ρινικής κοιλότητας. Στη συνέχεια ενώνονται με ειδικά μόρια-υποδοχείς που βρίσκονται στους κροσσούς των τριχοφόρων νευρώνων. Η ένωση αυτή εξαρτάται από το σχήμα της χημικής ένωσης, όπως το κλειδί ανοίγει μια κλειδαριά. Οι άνθρωποι μπορούν να διακρίνουν μέχρι 10.000 διαφορετικές οσμηρές ουσίες.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της όσφρησης είναι ότι δεν απαιτείται παρά ελάχιστη συγκέντρωση της εκάστοτε δραστικής ουσίας για την πρόκληση του οσφρητικού αισθήματος. Πάντως, η οσφρητική ικανότητα του ανθρώπου δεν μπορεί να συγκριθεί με άλλων σπονδυλωτών όπως της γάτας, η του σκύλου. Οι άνθρωποι έχουν 5 εκατομμύρια οσφρητικούς υποδοχείς, ενώ ένα κυνηγόσκυλο έχει 100 εκατομμύρια. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της όσφρησης είναι ότι πολύ γρήγορα συνηθίζουμε και στην πιο έντονη μυρωδιά, ενώ σε ξηρή ατμόσφαιρα ή όταν έχουμε συνάχι, η αίσθηση της όσφρησης ελαττώνεται ή και εξαφανίζεται. Ο συνολικός αριθμός των οσφρητικών υποδοχέων στον άνθρωπο μειώνεται με την ηλικία.

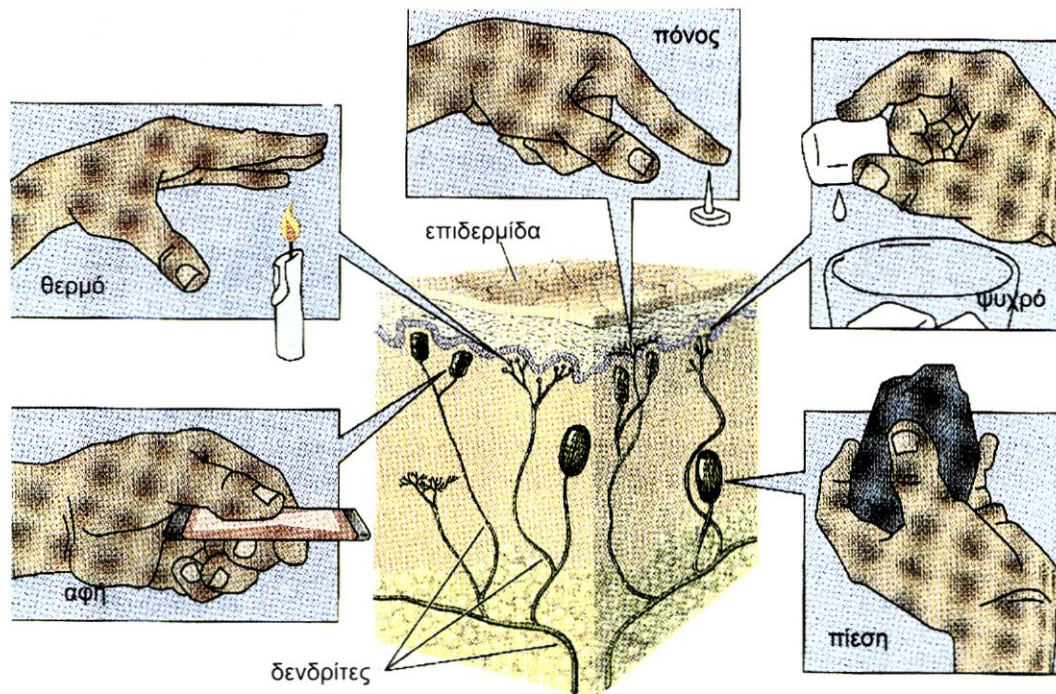
Όπως και με την όραση και την ακοή, οι άνθρωποι εξαρτώνται και από την όσφρηση για την επιβίωση τους συλλέγοντας πολύτιμες πληροφορίες για το περιβάλλον (καπνός φωτιάς, διαρροή υγραερίου, χαλασμένο φαγητό κλπ) ακόμα και για τους συνάνθρωπους μας. Μελέτες έχουν δείξει ότι στις πρώτες εβδομάδες της ζωής, τα βρέφη που θηλάζουν αναγνωρίζουν τη μητέρα τους από την οσμή της.

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, ο άνθρωπος διαθέτει 500-1000 διαφορετικούς τύπους οσφρητικών υποδοχέων, αριθμός που προκαλεί έκπληξη αν σκεφθεί κανείς ότι στην έγχρωμη όραση συμμετέχουν μόνο τρεις τύποι υποδοχέων, στην ακοή δύο και στη γεύση τέσσερις ή πέντε.

2.4.4 Απτικές αισθήσεις:

Αφή, Πίεση, Πόνος, Θερμοκρασία

Το δέρμα το μεγαλύτερο σ' επιφάνεια όργανο του ανθρώπινου σώματος, είναι το αισθητήριο όργανο για την αφή, την πίεση, τον πόνο, και τη θερμοκρασία. Η αφή είναι η αίσθηση με την οποία προσδιορίζονται διάφορα χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως το μέγεθος, το σχήμα, η υφή. Η αφή και η πίεση πολλές φορές κατατάσσονται σαν ξεχωριστά αισθήματα ωστόσο ανιχνεύονται και οι δύο από μηχανοϋποδοχείς.



Οι υποδοχείς της αφής ονομάζονται **απτικοί υποδοχείς**, βρίσκονται στο δέρμα και μπορεί να είναι διάφορων τύπων, π.χ. ελεύθερες νευρικές απολήξεις, ή ειδικά σωμάτια (Εικ.2.4.17). Ένας από τους καλύτερα μελετημένους υποδοχείς στον άνθρωπο είναι το σωμάτιο Pacini, ένας υποδοχέας πίεσης. Μηχανική πίεση προκαλεί την παραμόρφωση του σωματίου και έναρξη δυναμικών ενέργειας κατά μήκος της νευρικής ίνας που υπάρχει στο κέντρο του σωματίου. Οι υποδοχείς αυτοί προσαρμόζονται μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου, μια πολύ χρήσιμη ιδιότητα που εμποδίζει τη μετάδοση στο νευρικό σύστημα ασήμαντων πληροφοριών όπως για παράδειγμα για την πίεση που δημιουργούν τα ρούχα που φοράμε.

Οι απτικοί υποδοχείς δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένοι στην επιφάνεια του δέρματος. Οι πιο ευαίσθητες περιοχές του ανθρώπινου

Εικ.2.4.17:

Οι αισθητικοί υποδοχείς στο δέρμα



Εικ.2.4.18:

Πρόσφατες έρευνες υπογραμμίζουν την μεγάλη σημασία της αφής για τον άνθρωπο. Έχει διαπιστωθεί ότι **πρόωρα** νεογνά που καθημερινά δέχονται χάρδια, αυξάνουν γρηγορότερα το βάρος τους, γεγονός πολύ σημαντικό για την επιβίωση τους.

σώματος είναι η γλώσσα, τα χείλη, και οι άκρες των δακτύλων. Κάθε άκρη δάκτυλου περιέχει περισσότερους από 3.000 απτικούς υποδοχείς, όσους περίπου ολόκληρος ο κορμός του ανθρώπου. Σήματα από τους απτικούς υποδοχείς μεταφέρονται μέσω αισθητικών νεύρων στο νωτιαίο μυελό, στο θάλαμο και τέλος στον αισθητικό φλοιό του εγκεφάλου (συγκρίνετε την έκταση που καταλαμβάνει η αναπαράσταση των δακτύλων στον αισθητικό φλοιό, σε σχέση με την αναπαράσταση του υπόλοιπου κορμού.)

• Θερμικά αισθήματα

Ο άνθρωπος μπορεί να αντιλαμβάνεται διαβαθμίσεις του θερμού και του ψυχρού, το παγωμένο μέχρι το ψυχρό, δροσερό και από το θερμό, πολύ θερμό, μέχρι καυτό. Η διάκριση των διαβαθμίσεων της θερμοκρασίας γίνεται με τους **υποδοχείς ψυχρού** και τους **υποδοχείς θερμού** που είναι ελεύθερες νευρικές απολήξεις και βρίσκονται ακριβώς κάτω από το δέρμα. Ο αριθμός των υποδοχέων ψυχρού είναι τριπλάσιος από τους υποδοχείς του θερμού.

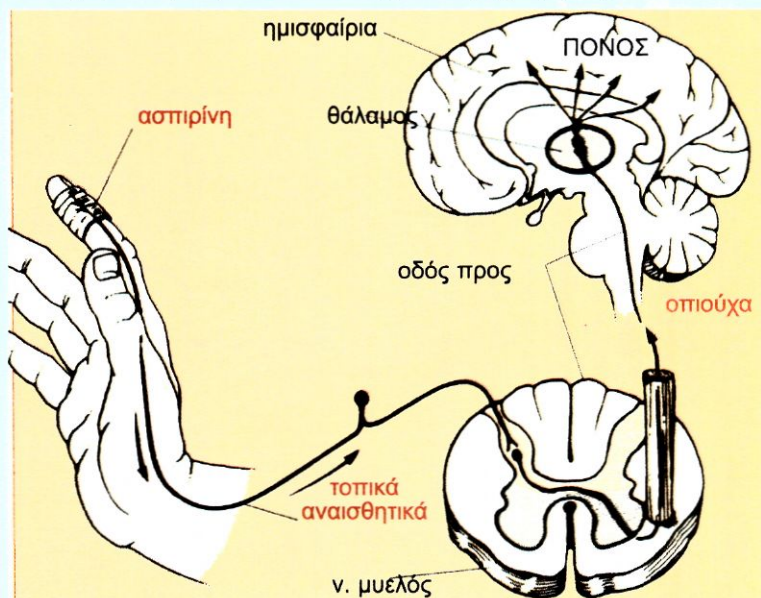
Οι υποδοχείς θερμοκρασίας αντιδρούν στις σταθερές θερμοκρασίες αλλά περισσότερο στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Οι υποδοχείς θερμού / ψυχρού μπορούν να ανιχνεύσουν μια ξαφνική αλλαγή 1/20 του βαθμού Κελσίου αλλά σταματούν να λειτουργούν σε περίπτωση καταστροφής των ιστών. Πάνω από τους 45 °C και κάτω από τους 10-15 °C λειτουργούν οι υποδοχείς πόνου γι' αυτό και το αίσθημα που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος από το παγωμένο και το καυτό είναι το ίδιο.

• Πόνος

Ο πόνος είναι ένας προστατευτικός μηχανισμός για τον οργανισμό, παρουσιάζεται σε περίπτωση βλάβης των ιστών και υποχρεώνει το άτομο να αντιδράσει ώστε να απομακρύνει το ερέθισμα που τον προκάλεσε. Στην ιατρική, ο πόνος βοηθά τον γιατρό στη διάγνωση φλεγμονών και διάφορων παθήσεων. Οι υποδοχείς πόνου ονομάζονται **αλγοϋποδοχείς**, και είναι ελεύθερες νευρικές απολήξεις. Διάφορα ερεθίσματα, μηχανικά, θερμικά και χημικά μπορεί να διεγείρουν τους υποδοχείς πόνου. Ο τραυματισμός των **ιστών** σε κάποιες περιπτώσεις έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ειδικών χημικών ουσιών που αυξάνουν την ευαισθησία των **υποδοχέων πόνου** στο σημείο της βλάβης ή της φλεγμονής.

Τα σήματα πόνου μεταφέρονται στο νωτιαίο μυελό και από κει στον εγκέφαλο. Στο ανθρώπινο σώμα όμως λειτουργούν και **συστήματα καταστολής του πόνου** που εμποδίζουν τη μεταβίβαση των σημάτων πόνου στα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο και στον νωτιαίο μυελό έχουν βρεθεί χημικές ενώσεις όπως οι **εγκεφαλίνες**, οι **ενδορφίνες** και οι **δυνορφίνες** που μοιάζουν στην χημική δομή με τα οπιοειδή και δρουν σε υποδοχείς οπιοειδών στον εγκέφαλο. Ο μηχανισμός δράσης τους και η συμβολή τους στην επιβίωση δεν είναι γνωστοί, αλλά μάλλον καταστέλλουν τον πόνο σε καταστάσεις τραυματισμού και κίνδυνου ώστε να αυξάνεται η πιθανότητα του ατόμου να επιβιώσει. Αυτή η υπόθεση μπορεί να εξηγήσει γιατί μια μικρή κάκωση στη διάρκεια άθλησης περνάει συχνά απαρατήρητη τις πρώτες ώρες.

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο διάφορες χημικές ουσίες προωθούν ή καταστέλλουν τη μεταβίβαση των σημάτων πόνου, έχει οδηγήσει σε νέες θεραπείες τόσο για τις χρόνιες, όσο και για τις οξείες μορφές πόνου στον άνθρωπο. Οι δυο κύριες κατηγορίες αναλγητικών φαρμάκων που χρησιμοποιούνται σήμερα στην ιατρική είναι τα μη οπιούχα όπως η ασπιρίνη και τα οπιούχα όπως η μορφίνη.



Τρόπος δράσης των αναλγητικών. Τα αναλγητικά όπως η ασπιρίνη, εμποδίζουν την παραγωγή των ουσιών που αυξάνουν την ευαισθησία στο σημείο βλάβης. Τα τοπικά αναισθητικά παρεμποδίζουν την πορεία των σημάτων πόνου κατά μήκος του νεύρου. Τα οπιούχα εμποδίζουν τη μεταφορά σημάτων πόνου από το νωτιαίο μυελό προς τον εγκέφαλο.

Χρησιμοποιώντας το ειδικό όργανο που μετρά την ένταση του ήχου (μπορείτε να το δανειστείτε από την Τροχαία) μετρήστε τα επίπεδα θορύβου στο δρόμο που περνά μπροστά από το σχολείο σας. Συγκρίνετε τη μέτρησή σας με άλλα σχολεία της Ελλάδας (με τα οποία μπορείτε να επικοινωνήσετε μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αισθητήρια όργανα περιέχουν τους **υποδοχείς**. Οι υποδοχείς μετατρέπουν τα ερεθίσματα σε νευρικές ώσεις οι οποίες μεταφέρονται σε συγκεκριμένα σημεία του Κ.Ν.Σ και δημιουργούνται οι αισθήσεις. Τα ερεθίσματα ανάλογα με το ποιά ενεργοποιούν ευκολότερα ή δυσκολότερα κάποιον υποδοχέα, διακρίνονται σε **ομόλογα** και **ετερόλογα**. Οι αισθήσεις χωρίζονται σε σωματικές και ειδικές. Πολλοί υποδοχείς εμφανίζουν το φαινόμενο της **προσαρμογής**.

Ο **αμφιβληστροειδής** στον εσωτερικό χιτώνα του ματιού περιέχει τα **κωνία** και τα **ραβδία**, που μετατρέπουν το ορατό φως σε ηλεκτρικά σήματα, με τα οποία (μέσω του οπτικού νεύρου) πληροφορείται ο εγκέφαλος. Τα ραβδία είναι υπεύθυνα για την όραση στο σκοτάδι και τα κωνία για την όραση σε έντονο φως.

Το **αυτί** είναι το αισθητήριο όργανο δυο αισθήσεων, της **ακοής** και της **ισορροπίας**. Τα ηχητικά κύματα φθάνουν στο αυτί με τον αέρα, θέτουν σε παλμική δόνηση το τύμπανο, μεταδίδονται στην σφύρα, τον άκμονα, και τον αναβολέα και από εκεί στη βασική μεμβράνη του κοχλία, στο εσωτερικό αυτί. Τα **τριχοφόρα κύτταρα** της βασικής μεμβράνης μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικά σήματα. Τα τριχοφόρα κύτταρα στους τρεις **ημικύκλιους αγωγούς** και στην **αίθουσα** είναι οι υποδοχείς για την **ισορροπία**.

Χημικές ουσίες της τροφής διεγείρουν τους γευστικούς υποδοχείς που βρίσκονται στους **γευστικούς κάλυκες** της γλώσσας. Το **οσφρητικό επιθήλιο** που βρίσκεται στην ρινική κοιλότητα περιέχει οσφρητικούς υποδοχείς που ανιχνεύουν χημικές ουσίες που φθάνουν εκεί με τον αέρα. Ένα μεγάλο μέρος της γεύσης είναι στην ουσία όσφρηση.

Το **δέρμα** είναι το αισθητήριο όργανο για την **αφή**, την **πίεση**, τον **πόνον** και τη **θερμοκρασία**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Τι είναι οι υποδοχείς;
 - Ποιά είναι τα είδη των αισθήσεων;
 - Απο τι εξαρτάται το είδος της αίσθησης που δημιουργείται;
 - Πότε εμφανίζεται το φαινόμενο της εξοικείωσης σε κάποιον υποδοχέα;
 - α) Ποιες δομές σχηματίζουν τον εξωτερικό χιτώνα του οφθαλμικού βολβού;
β) Ποια είναι η λειτουργία του εξωτερικού χιτώνα;
 - Πώς επιτυγχάνεται η έγχρωμη όραση στον άνθρωπο;
 - Ποια είναι τα βασικά στάδια του μηχανισμού της ακοής;
 - Ο Νίκος δεν χρειάζεται γυαλιά για να διαβάσει ή για να δει αντικείμενα που είναι κοντά, φοράει όμως γυαλιά όταν οδηγεί το αυτοκίνητο του. Τι πρόβλημα υπάρχει στην όραση του;
 - Πως η γεύση και η όσφρηση βοηθούν στην επιβίωση μας;
 - Γιατί δεν αισθανόμαστε πόνο τα πρώτα λεπτά μετά από ένα τραυματισμό;
 - Τα τριχοφόρα κύτταρα στην αίθουσα και στους τρεις ημικύκλιους αγωγούς είναι οι υποδοχείς:
α) της ακοής β) της ισορροπίας γ) της ναυτίας δ) του ήχου
 - Συμπληρώστε τις λέξεις που λείπουν.
Η είναι το σημείο στο οποίο η ανθρώπινη όραση είναι οξυτάτη.
Το σημείο στο οποίο ξεκινά το οπτικό νεύρο ονομάζεται και δεν ανταποκρίνεται καθόλου στο φως.
 - Αντιστοιχίστε τις λέξεις ή φράσεις της αριστερής στήλης με τις λέξεις ή φράσεις της δεξιάς στήλης:
- | | |
|------------------|------------------------------------|
| Καιαρράκτης | Υπερμερωπία |
| κωνία | ραβδία |
| αχρωματοψία | ροδοψίνη |
| μυωπία | φωτοευαίσθητη χρωστική |
| μακρινή όραση | αδυναμία στη διάκριση των χρωμάτων |
| θόλωση του φακού | όραση στο σκοτάδι |
| κοντινή όραση | έγχρωμη όραση |
- Η σφύρα, ο άκμονας και ο αναβολέας είναι οστάρια που βρίσκονται: α) στο εξωτερικό αυτί β) μέσα στο αυτί γ) στο εσωτερικό αυτί δ) στον κοχλία
 - Πώς μπορούμε να διακρίνουμε εάν ένα ερέθισμα είναι ομόλογο ή ετερόλογο για κάποιο υποδοχέα;
 - Ο (μικρότερος) χρόνος αντίδρασης σε ένα ακουστικό ερέθισμα είναι περίπου 150 msec (π.χ. κατά την εκκίνηση ενός αθλητή των 100). Ο αντίστοιχος χρόνος αντίδρασης σε ένα οπτικό ερέθισμα είναι πάνω από 200 msec. Πώς εξηγείτε τη διαφορά αυτή σε σχέση με τις νευρικές οδούς που ακολουθεί το κάθε είδος ερεθίσματος;

2.5 ΕΝΔΟΚΡΙΝΕΙΣ ΑΔΕΝΕΣ ΚΑΙ ΟΡΜΟΝΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2.5.1 Εισαγωγή

Οι λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού ρυθμίζονται από δύο συστήματα ελέγχου, το νευρικό και το ενδοκρινικό. Στο ενδοκρινικό υπάγονται όλοι οι ενδοκρινείς αδένες.

Οι αδένες στον ανθρώπινο οργανισμό διακρίνονται σε εξωκρινείς, ενδοκρινείς και μεικτούς. Οι εξωκρινείς αδένες εκκρίνουν το προϊόν τους σε κοιλότητες του σώματος (π.χ. οι σιελογόνοι) ή και στη επιφάνεια του δέρματος (π.χ. οι ιδρωτοποιοί). Οι ενδοκρινείς αδένες εκκρίνουν τις ορμόνες οι οποίες διαμέσου του αίματος κατευθύνονται προς τα κύτταρα (υπόφυση, θυρεοειδής κ.λ.π.). Οι μεικτοί διαθέτουν εξωκρινή και ενδοκρινή μοίρα (πάγκρεας, όρχεις κ.λ.π.).

Το νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα βρίσκονται μεταξύ τους σε άμεση σχέση, όπως έχουμε ήδη δει.

Οι **ορμόνες** (από την ελληνική λέξη ορμή) είναι χημικά μόρια-μηνύματα που απευθύνονται σε κύτταρα στόχους, τα οποία διαθέτουν τους κατάλληλους πρωτεϊνικούς υποδοχείς (ορμονοϋποδοχείς) και με αυτόν τον τρόπο συντονίζουν τη δραστηριότητα των κυττάρων ενός πολυκύτταρου οργανισμού. Οι ορμόνες ως προς την χημική τους σύσταση είναι πολύ διαφορετικές μεταξύ τους. Μερικές ορμόνες, όπως η αδρεναλίνη και η θυροξίνη, είναι παράγωγα αμινοξέων, άλλες όπως η ινσουλίνη και η θυρεοειδοτρόπος, είναι πρωτεΐνες και τέλος άλλες όπως η αλδοστερόνη και η κορτιζόλη παράγονται από τον μεταβολισμό της χοληστερόλης και ονομάζονται στεροειδείς ορμόνες.

Οι ορμόνες διακρίνονται σε **τοπικές ορμόνες**, οι οποίες έχουν τοπική δράση, δηλαδή πολύ κοντά στον τόπο παραγωγής τους (ακετυλοχολίνη στη νευρομυϊκή σύναψη, χολοκυστοκινίνη στο εντερικό αυλό κ.λ.π.) και σε **γενικές ορμόνες**, οι οποίες έχουν δράση σε απομακρυσμένα από τον τόπο παραγωγής τους σημεία. Μερικές από τις γενικές ορμόνες επηρεάζουν σχεδόν όλα τα κύτταρα του οργανισμού, όπως η αυξητική ορμόνη, ενώ άλλες επηρεάζουν μόνο ορισμένους ιστούς όπως η προλακτίνη η οποία δρα στα κύτταρα των μαστών.



Εικ.2.5.1:
Οι ενδοκρινείς αδένες του ανθρώπινου οργανισμού.

Ένα βιομόριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως ορμόνη, όταν παράγεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις σε ένα κύτταρο, αλλά δρα (προκαλώντας μια συγκεκριμένη κάθε φορά κυτταρική απόκριση) σε ένα άλλο κύτταρο.

Οι σημαντικότερες ορμόνες του ανθρώπου καθώς και οι αδένες, από τους οποίους παράγονται (Εικ.2.5.1) είναι:

- 1) Από τους όρχεις, η τεστοστερόνη.
- 2) Από τις ωθήκες, τα οιστρογόνα και η προγεστερόνη.

Σημείωση:

Για τους όρχεις και τις ωθήκες καθώς επίσης και για τις ορμόνες που παράγουν γίνεται αναλυτική αναφορά στο κεφάλαιο της αναπαραγωγής.

- 3) Από την ενδοκρινή μούρα του παγκρέατος, η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη.
- 4) Από τον θυρεοειδή αδένα, η θυροξίνη.
- 5) Από τα επινεφρίδια, η αδρεναλίνη και η νοραδρεναλίνη.
- 6) Από τον οπίσθιο λοβό της υπόφυσης, η αντιδιουρητική ορμόνη.
- 7) Από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης, η αυξητική ορμόνη και η θυρεοειδοτρόπος.

2.5.2 Μηχανισμοί δράσης

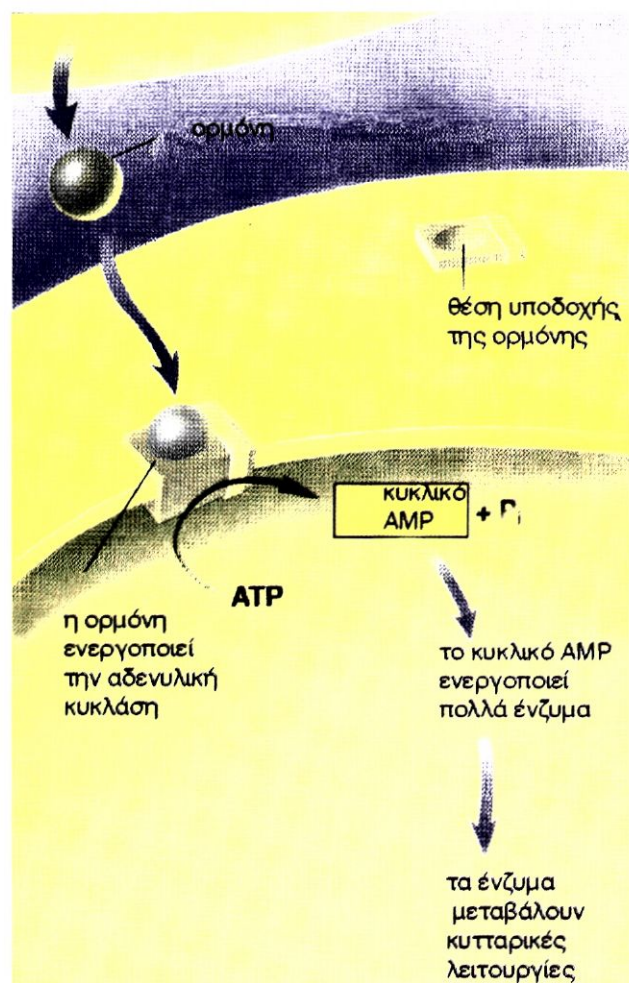
Σε γενικές γραμμές δύο είναι οι κύριοι μηχανισμοί δράσης των ορμονών:

A. Ενεργοποίηση ενός συστήματος βιοχημικής μεταφοράς του «σήματος» προς το εσωτερικό του κυττάρου. (Εικ.2.5.2).

Η ορμόνη ενώνεται με τον υποδοχέα της στην κυτταρική μεμβράνη του κυττάρου στόχου αλλά δεν εισέρχεται στο κύτταρο. Με τη σύνδεση αυτή ενεργοποιείται ένα ένζυμο της μεμβράνης η αδενυλική κυκλάση η οποία παρουσία ιόντων μαγνησίου μετατρέπει το ATP σε κυκλικό AMP (cAMP). Αυτό με τη σειρά του ενεργοποιεί διαδοχικές βιοχημικές επεξεργασίες μέσα στο κύτταρο όπως ενεργοποίηση ενζύμων, μεταβολή κυτταρικής διαπερατότητας, πρόκληση μυϊκής συστολής κ.λ.π. Οι παραπάνω βιοχημικές επεξεργασίες εξαρτώνται από τον τύπο του κυττάρου. Η επίδραση των ορμονών με τον παραπάνω μηχανισμό είναι σχεδόν στιγμιαία.

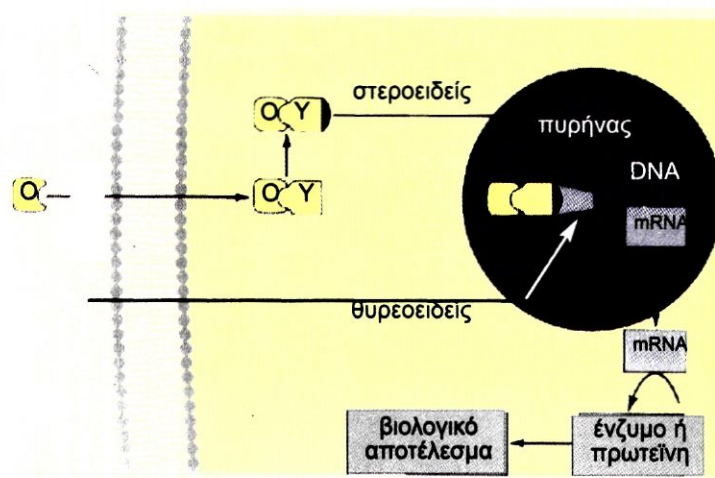
B. Ενεργοποίηση γονιδίων (Εικ.2.5.3).

Η ορμόνη εισέρχεται στο εσωτερικό του κυττάρου όπου και ενώνεται με τον πρωτεϊνικό υποδοχέα της. Το σύμπλεγμα υποδοχέας - ορμόνη μεταφέρεται στον πυρήνα του κυττάρου όπου και ενεργοποιεί τη μεταγραφή συγκεκριμένου



Εικ.2.5.2:

Ο μηχανισμός δράσης των ορμονών με την ενεργοποίηση του cAMP.



γονιδίου. Το mRNA εξέρχεται από τον πυρήνα και μεταφράζεται σε πρωτεϊνικό προϊόν. Το μοντέλο αυτό, αφορά κυρίως τις στεροειδείς ορμόνες αλλά και τις ορμόνες του θυρεοειδή. Η επίδραση της ορμόνης με τον παραπάνω μηχανισμό είναι αρκετά αργή (μία έως μερικές ώρες).

Εικ.2.5.3:
Ο μηχανισμός δράσης των ορμονών που επιδρούν κατευθείαν στα γονίδια.

2.5.3 Οι πιο σημαντικοί αδένες του ανθρώπου και οι ορμόνες του

• ΥΠΟΦΥΣΗ

Η υπόφυση βρίσκεται στην βάση του κρανίου και συνδέεται με τον υποθάλαμο. Διακρίνεται σε πρόσθια υπόφυση που ονομάζεται Αδενοϋπόφυση και σε οπίσθια υπόφυση που ονομάζεται Νευροϋπόφυση. Είναι ίσως ο πιο σημαντικός ενδοκρινής αδένας του ανθρώπου επειδή με τις ορμόνες που παράγει ελέγχει την εκκριτική λειτουργία άλλων ενδοκρινών αδένων (Εικ.2.5.4).

Οι κυριότερες ορμόνες που εκκρίνονται από την αδενοϋπόφυση είναι:

1. **Αυξητική ορμόνη**, η οποία δρα σε όλους σχεδόν τους ιστούς του ανθρώπινου οργανισμού και με τη δράση της προωθεί την κυτταρική αύξηση σε αριθμό και μέγεθος. Η αυξητική ορμόνη παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην αύξηση κατά την παιδική ηλικία αλλά συνεχίζει να παράγεται και μετά την ενηλικίωση. Ανεπαρκής έκκριση κατά την παιδική ηλικία αλλά και στην ηλικία της ανάπτυξης μπορεί να οδηγήσει σε νανισμό, ενώ υπέρμετρη έκκριση μπορεί να οδηγήσει σε γιγαντισμό. Υπερπαραγωγή της αυξητικής ορμόνης μετά την ενηλικίωση οδηγεί σε μεγαλακρία, δηλαδή μια κατάσταση κατά την οποία παρατηρείται αύξηση των μαλακών μερών και των οστών, όχι σε μήκος αλλά σε πάχος.
2. **Προλακτίνη**, η οποία ελέγχει την ανάπτυξη του μαζικού αδένα κατά την διάρκεια και μετά τον τοκετό αλλά και την παραγωγή γάλατος μετά τον τοκετό.

3. **Ωοθυλακιοτρόπος**, η οποία ελέγχει την ωρίμανση των ωοθυλακίων στη γυναίκα και τη σπερματογένεση στον άνδρα.
4. **Θυρεοειδοτρόπος**, η οποία διεγείρει την ανάπτυξη του θυρεοειδή αδένος και την παραγωγή θυροξίνης.

Οι κυριότερες ορμόνες που εκκρίνονται από την νευροϋπόφυση είναι:

- 1) **Αντιδιουρητική**, η οποία αυξάνει την κατακράτηση μεγάλων ποσοτήτων νερού πριν από την αποβολή των ούρων και με αυτό τον τρόπο γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση νερού στον οργανισμό.
- 2) **Ωκυτοκίνη**, η οποία προκαλεί συστολή του μαστού στις γυναίκες με σκοπό την προώθηση του γάλακτος στην θηλή κατά τον θηλασμό. Προκαλεί επίσης συστολή στην μήτρα προς το τέλος της κύησης βοηθώντας στον τοκετό.

Ο έλεγχος της υπόφυσης άμεσα ή έμμεσα, επιτελείται από τον υποθάλαμο. Ο υποθάλαμος δέχεται νευρικές ώσεις από όλες σχεδόν τις περιοχές του νευρικού συστήματος και με βάση αυτές τις πληροφορίες χρησιμοποιεί την υπόφυση για τον έλεγχο των υπολοίπων ενδοκρινών αδένων. Στο σημείο αυτό γίνεται φανερή η σύνδεση του νευρικού με το ενδοκρινικό σύστημα. (Εικ.2.5.4)

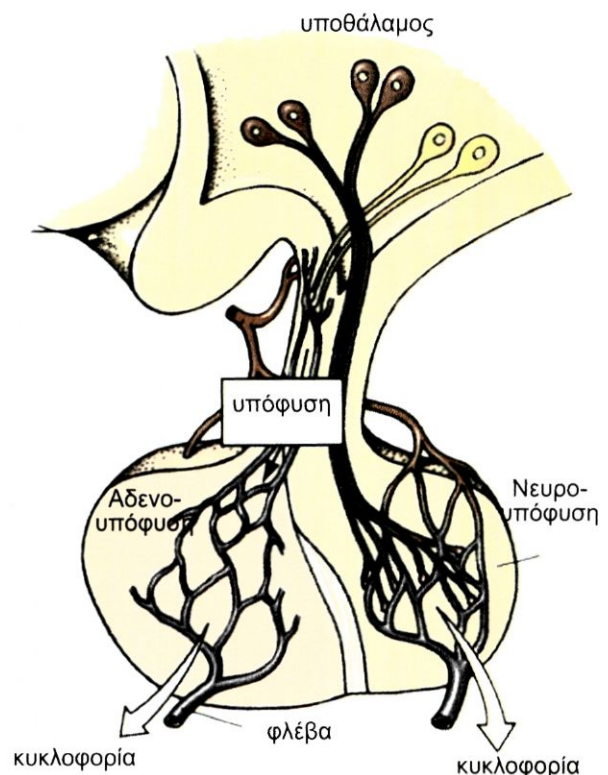
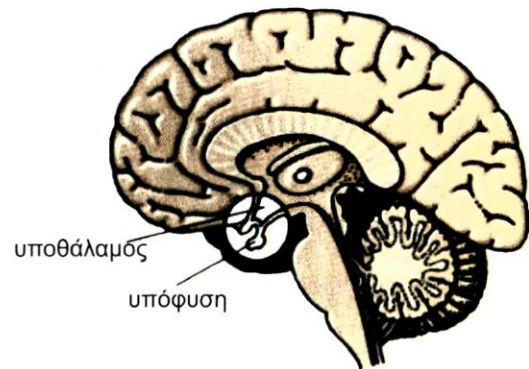
• ΕΠΙΝΕΦΡΙΔΙΑ

Είναι δύο μικροί αδένες, οι οποίοι βρίσκονται στο άνω μέρος των νεφρών και αποτελούνται από τη μυελώδη μοίρα που βρίσκεται στο εσωτερικό και τη φλοιώδη μοίρα που βρίσκεται στο εξωτερικό.

Η μυελώδης μοίρα των επινεφριδίων μετά από διέγερση από το συμπαθητικό σύστημα, παράγει τις ορμόνες **αδρεναλίνη** και **νοραδρεναλίνη**. Οι ορμόνες αυτές μέσω του αίματος δεσμεύονται από τα κύτταρα στόχους όπου προκαλούν σύσπαση αγγείων και αύξηση καρδιακής λειτουργίας.

Η φλοιώδης μοίρα των επινεφριδίων εκκρίνει τις κορτικοστεροειδείς ορμόνες:

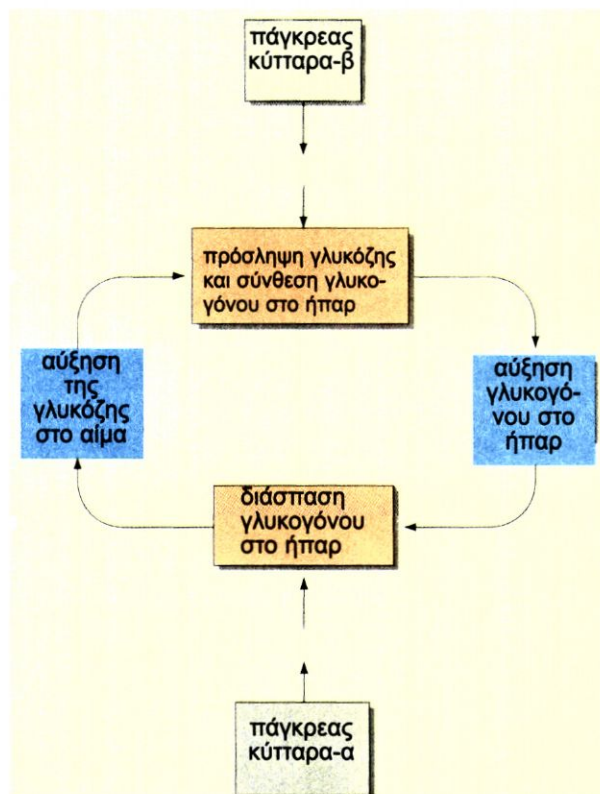
- 1) **Αλδοστερόνη**, η οποία ρυθμίζει την ομοιόσταση των ιόντων νατρίου και καλίου καθώς οδηγεί σε κατακράτηση νατρίου και αποβολή καλίου από τα σκληροθηλακικά επιθηλιακά κύτταρα των νεφρών.



Εικ.2.5.4

Η υπόφυση και οι ορμόνες που παράγει

- 2) **Κορτιζόλη**, η οποία έχει μεγάλη σημασία στη δράση του ανοσοποιητικού συστήματος και διεγείρει την παραγωγή γλυκογόνου στα ηπατικά κύτταρα και έτσι οδηγεί σε αποθήκευση ενέργειας.



Εικ.2.5.5:
Οι αντίθετες δράσεις της ινσουλίνης και της γλυκαγόνης.

Ο σακχαρώδης διαβήτης διακρίνεται σε δύο τύπους:

- νεανικός διαβήτης, ο οποίος εμφανίζεται απότομα σε νεαρή ηλικία και μερικές φορές οφείλεται σε κληρονομική προδιάθεση.
- διαβήτης της ώριμης ηλικίας, ο οποίος εμφανίζεται σε μεγάλη ηλικία και συνήθως σε παχύσαρκα άτομα. Οφείλεται σε εκφυλισμό των κυττάρων του παγκρέατος που παράγουν την ινσουλίνη.

Ο σακχαρώδης διαβήτης συνδέεται κύρια με τις παρακάτω συνέπειες:

- ελάττωση της χρήσης της γλυκόζης με αποτέλεσμα την αύξησή της στο αίμα.
- παθολογικό μεταβολισμό των λιπών και εναπόθεσή τους στα αγγειακά τοιχώματα (αθηροσκλήρυνση).
- εξάντληση των πρωτεϊνών των ιστών.

Η θεραπεία του σακχαρώδη διαβήτη γίνεται με χορήγηση ινσουλίνης.

• ΘΥΡΕΟΕΙΔΗΣ ΑΔΕΝΑΣ

Ο θυρεοειδής βρίσκεται εμπρός από την πρόσθια επιφάνεια της τραχείας και κάτω από τον λάρυγγα. Η κυριότερη ορμόνη που εκκρίνει είναι η **θυροξίνη**.

Η θυροξίνη περιέχει ιώδιο. Αυξάνει το γενικό μεταβολισμό σε όλα ουσιαστικά τα κύτταρα και γι' αυτό είναι πολύ σημαντική κατά το στάδιο της ανάπτυξης. Φαίνεται ότι η θυροξίνη ενεργοποιεί γονίδια τα οποία σχετίζονται με την πρωτεϊνοσύνθεση και την κυτταρική αύξηση. Η υπολειτουργία του θυρεοειδή ονομάζεται υποθυρεοειδισμός και εάν συμβεί κατά το στάδιο της ανάπτυξης οδηγεί στον κρετινισμό μια κατάσταση στην οποία το άτομο δεν αναπτύσσεται φυσιολογικά, ενώ εάν συμβεί μετά την ενηλικίωση οδηγεί σε αύξηση βάρους, μυϊκή αδυναμία κ.λ.π. Η υπερλειτουργία του θυρεοειδή ονομάζεται υπερθυρεοειδισμός και οδηγεί σε σημαντικές διαταραχές π.χ. εξόφθαλμη βρογχοκήλη. Ο ασθενής παρουσιάζει απώλεια βάρους, αυξημένη εφίδρωση, μυϊκή αδυναμία κ.λ.π.

• ΠΑΓΚΡΕΑΣ

Το πάγκρεας είναι ένας αδένας και βρίσκεται πίσω από το στομάχι στο ύψος του πρώτου οσφυϊκού σπονδύλου. Έχει δύο μοίρες. Η εξωκρινής μοίρα του παράγει το παγκρεατικό υγρό που συμμετέχει στη διαδικασία της πέψης, και η ενδοκρινής μοίρα του παράγει τις ορμόνες ινσουλίνη και γλυκαγόνη (Εικ. 2.5.5).

Η **ινσουλίνη** αυξάνει την σύνθεση γλυκογόνου στο ήπαρ και στα μυϊκά κύτταρα και προωθεί μεγάλες ποσότητες γλυκόζης σε μεταβολισμό που έχει ως αποτέλεσμα τη σύνθεση λιπαρών οξέων και αμινοξέων. Έτσι, η ινσουλίνη μειώνει την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα.

Η **γλυκαγόνη** προκαλεί διάσπαση του γλυκογόνου του ήπατος σε γλυκόζη και με αυτό τον τρόπο αυξάνει την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα.

Μειωμένες ποσότητες ινσουλίνης για οποιοδήποτε λόγο έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση του σακχαρώδη διαβήτη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ενδοκρινείς αδένες επηρεάζουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό κυτταρικών λειτουργιών σε όλους τους ιστούς του σώματος. Οι ενδοκρινείς αδένες παράγουν τις ορμόνες οι οποίες ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες χημικών ενώσεων όπως πρωτεΐνες και στεροειδή. Οι ορμόνες μέσω του αίματος φθάνουν παντού στο σώμα, αλλά δεσμεύονται μόνο από τα κύτταρα στόχους, δηλαδή αυτά που διαθέτουν τους κατάλληλους υποδοχείς και τα οδηγούν σε συγκεκριμένη αντίδραση. Οι μηχανισμοί δράσης των ορμονών στα κύτταρα στόχους ποικίλουν, αλλά τις περισσότερες φορές επηρεάζουν μια σειρά ενζυμικών αντιδράσεων του κυττάρου ή ενεργοποιούν την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων. Αν οι ενδοκρινείς αδένες υπο- ή υπερλειτουργούν οδηγούν σε εμφάνιση ανωμαλιών που μπορεί να είναι και θανατηφόρες. Οι κυριότεροι ενδοκρινείς αδένες του ανθρώπου είναι η υπόφυση, τα επινεφρίδια, ο θυρεοειδής το πάγκρεας οι όρχεις και οι ωοθήκες. Οι κυριότερες ανθρώπινες ορμόνες είναι η αυξητική, η θυροξίνη, η ινσουλίνη τα οιστρογόνα και τα τεστοστεροειδή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές οι κατηγορίες των ενδοκρινών αδένων;
2. Να περιγραφεί ο ρόλος της αυξητικής ορμόνης.
3. Ποιές οι ορμόνες των επινεφριδίων και ποιές οι λειτουργίες που ελέγχουν;
4. Τι γνωρίζεται για την θυροξίνη;
5. Τι γνωρίζεται για τον σακχαρώδη διαβήτη;
6. Ποιοί είναι οι μηχανισμοί με τους οποίους οι ορμόνες επηρεάζουν τα κύτταρα;
7. Σε τι διαφέρουν οι ορμόνες από τα ένζυμα;
8. Ποιές είναι οι διαφορές στο τρόπο ελέγχου των διαφόρων λειτουργιών από το νευρικό σύστημα και τις ορμόνες;
9. Στον παρακάτω πίνακα να αντιστοιχίσετε τις ορμόνες με την φυσιολογική τους δράση στον ανθρώπινο οργανισμό.

• Αυξητική ορμόνη	• Αύξηση της ποσότητας της γλυκόζης στο αίμα.
• Προλακτίνη	• Μείωση της ποσότητας της γλυκόζης στο αίμα.
• Αντιδιουρητική	• Αυξάνει την κατακράτηση νερού από τα ούρα
• Κορτιζόλη	• Προωθεί τον γενικό μεταβολισμό.
• Θυροξίνη	• Πρωταγωγή γάλατος μετά τον τοκετό.
• Ινσουλίνη	• Προωθεί την ανάπτυξη.
• Γλυκογόνη	• Προάγει παραγωγή γλυκογόνου
10. Ποιά από τις παρακάτω ορμόνες δεν παράγεται από την υπόφυση;

α) Θυρεοειδοτρόπος	γ) Θυροξίνη
β) Προλακτίνη	δ) Ωκυτοκίνη
11. Ποιά από τις παρακάτω ορμόνες έχει σχέση με τον νανισμό;

α) Αυξητική	γ) Γλυκαγόνη
β) Αδρεναλίνη	δ) Αντιδιουρητική
12. Με ποιά ορμόνη έχει σχέση η μετατροπή του γλυκογόνου του ήπατος σε γλυκόζη;

α) Κορτιζόλη	γ) Ινσουλίνη
β) Γλυκαγόνη	δ) Ωκυτοκίνη
13. Το κοινό γνώρισμα μεταξύ ενζύμων και ορμονών είναι:

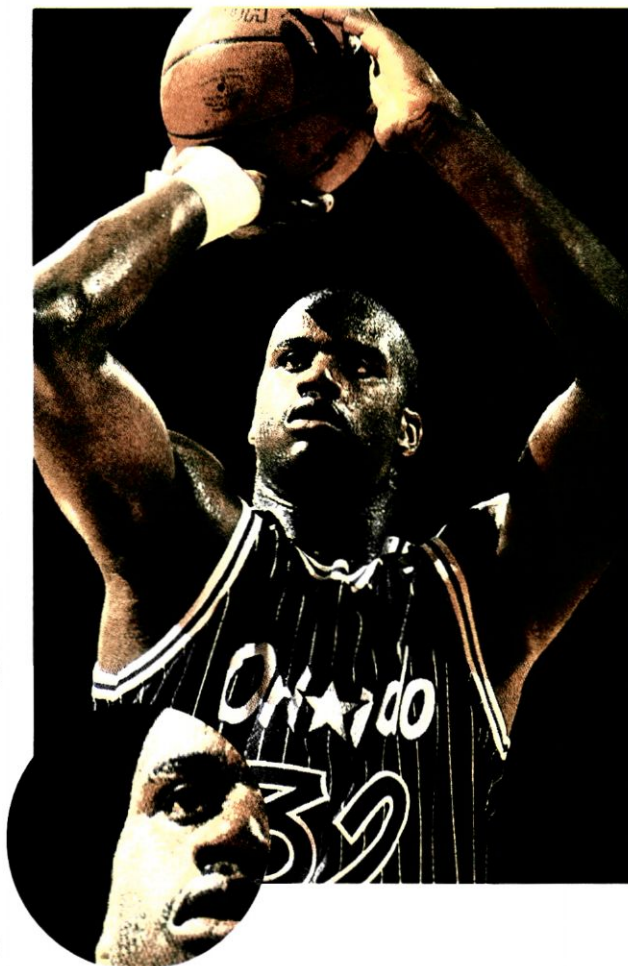
α) επιδρούν σε διάφορους βιολογικούς μηχανισμούς
β) εκδηλώνουν την δράση τους στο αίμα
γ) παράγονται από τους ενδοκρινείς αδένες
δ) μετατρέπουν το γλυκογόνο σε γλυκόζη
14. Με ποίο τρόπο θα χορηγούσατε ορμόνη σε άτομο το οποίο παρουσιάζει μειωμένη παραγωγή της συγκεκριμένης ορμόνης;

2.6 ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ

Οι περισσότεροι οργανισμοί ζουν σε ένα εξωτερικό περιβάλλον που αλλάζει διαρκώς. Παρόλα αυτά το *εσωτερικό* περιβάλλον των έμβιων όντων, δηλαδή τα υγρά, που διακινούνται από και προς τα κύτταρα του σώματος και τους ιστούς, πρέπει να διατηρούν αρκετές ιδιότητές τους με εξισορροπημένες ποσότητες οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών. Τα άχρηστα υλικά πρέπει να απομακρύνονται διαρκώς από τα κύτταρα. Η ισορροπία που διατηρείται στο εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού μέσω διαφόρων λειτουργιών, ονομάζεται **ομοιόσταση**.

Ο Claude Bernar, ένας μεγάλος Γάλλος φυσιολόγος του 19^{ου} αιώνα, διέκρινε τη μεγάλη σημασία που έχει η ικανότητα ενός οργανισμού να διατηρεί σταθερό το εσωτερικό του περιβάλλον. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι αλλάζουν αρκετά το διαιτολόγιό τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ενα γεύμα είναι δυνατόν να περιέχει μεγάλη ποσότητα σακχάρων, ενώ το επόμενο να περιέχει μικρή. Εντούτοις, το ποσοστό των σακχάρων στο αίμα παραμένει σχεδόν σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Κατά τη διάρκεια έντονης σωματικής άσκησης οι μύες απαιτούν μεγάλα ποσά οξυγόνου. Αλλά τα επίπεδα οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα δεν μεταβάλλονται πολύ. Η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι δυνατόν να μεταβληθεί πολύ και σε σύντομο χρόνο, αλλά η θερμοκρασία του σώματος σε φυσιολογικές συνθήκες παραμένει εκπληκτικά σταθερή, περίπου 37°C (Εικ. 2.6.1). Ουσιαστικά η ομοιόσταση δεν είναι ένας μηχανισμός, αλλά ένα σύνολο μηχανισμών που συμβάλλουν στη διατήρηση των σταθερών συνθηκών για τα κύτταρα, ώστε αυτά να λειτουργούν αποδοτικά.

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από διάφορα όργανα και συστήματα, καθένα από τα οποία αποτελείται από εκατομμύρια κύτταρα. Όλα αυτά τα κύτταρα περιβάλλονται από το *εξωκυττάριο υγρό*, που μπορεί να διαιρεθεί στο *υγρό των ιστών* και το *πλάσμα* του αίματος. Τα κύτταρα χρειάζονται σχετικά σταθερές συνθήκες για να λειτουργήσουν αποδοτικά και να συνεισφέρουν στην επιβίωση του οργανισμού. Στόχος της ομοιόστασης είναι η διατήρηση σταθερών συνθηκών, δηλ. σχετικά σταθερής ποσότητας και σύστασης του υγρού των ιστών και του πλάσματος (δηλ. του εσωτερικού περιβάλλοντος του οργανισμού).



Εικ. 2.6.1:

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος αποτελεί ομοιοστατικό μηχανισμό. Η εξάτμιση του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος.

Το σώμα μπορεί να παρομοιαστεί με μια μεγάλη ορχήστρα της οποίας η μουσική αποτελεί την ίδια τη ζωή. Το νευρικό σύστημα μαζί με το σύστημα των ενδοκρινών αδένων ενεργούν μαζί ως διευθυντές αυτής της ορχήστρας. Αποστολή τους είναι να συγχρονίσουν τα διάφορα όργανα της ορχήστρας έτσι ώστε αυτά βρίσκονται και να εκτελούν τα μουσικά κομμάτια σε μια αρμονική ισορροπία.

Η ποιότητα της μουσικής που παίζει η ορχήστρα, δηλαδή η ποιότητα της ζωής, υποφέρει εάν κάποιο όργανο είναι «ξεκούρδιστο» ή παίζει σε λάθος χρόνο. Ο ρόλος των ομοιοστατικών μηχανισμών είναι να «κουρδίσουν» κατάλληλα τα διάφορα όργανα ή να καθορίσουν την κατάλληλη χρονική στιγμή που θα παίζει κάθε όργανο με στόχο την πλήρη αρμονία, δηλαδή τη βέλτιστη ποιότητα ζωής.

Ανάμεσα στις ουσίες του υγρού των ιστών υπάρχουν αέρια, θρεπτικές ουσίες και ιόντα (ηλεκτρολύτες π.χ. Na^+ και Cl^-), κάθε ένα από τα οποία έχει τα δικά του φυσιολογικά όρια τιμών. Αυτά τα όρια πρέπει να διατηρούνται σταθερά. Επομένως, ο οργανισμός είναι σε ομοιόσταση όταν το εσωτερικό του περιβάλλον περιέχει συγκεκριμένες συγκεντρώσεις χημικών ουσιών, βρίσκεται σε μια κατάλληλη θερμοκρασία και σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης. Επιπλέον οι διάφορες μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού πρέπει να ρυθμίζονται συνεχώς και προσεκτικά, ώστε να διατηρείται μια εσωτερική ισορροπία. Όταν, για παράδειγμα, η παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο ελαττώνεται, ενεργοποιούνται κατάλληλες διαδικασίες για την δημιουργία ενεργειακών αποθεμάτων. Αυτά τα αυτορρυθμιζόμενα συστήματα ελέγχου είναι τόσο αποτελεσματικά όσο και ευαίσθητα. Στην ομοιόσταση συμβάλλουν όλα τα συστήματα του οργανισμού, αλλά κεντρικότερο ρόλο έχουν το νευρικό, το ενδοκρινικό και το κυκλοφορικό.

Όταν η ομοιόσταση διαταράσσεται, δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα στην υγεία του οργανισμού. Αν τα εξωκυττάρια υγρά δεν επιστρέψουν στις συνθήκες ομοιόστασης σε σύντομο σχετικά διάστημα, τότε επέρχεται ο θάνατος του οργανισμού.

Η ομοιόσταση μπορεί να διαταραχθεί από ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως είναι η ζέστη ή το κρύο ή η έλλειψη οξυγόνου. Ακόμη, η διαταραχή της ομοιόστασης μπορεί να οφείλεται στην υψηλή πίεση του αίματος, την ύπαρξη ασθένειας, ή ακόμα και σε κάποια ψυχολογικά αίτια. Οι περισσότερες περιπτώσεις διατάραξης της ομοιόστασης πάντως είναι ήπιες και πολύ συνηθισμένες. Εξαιρετικές καταστάσεις μπορούν να δημιουργηθούν από δηλητηριάσεις, έκθεση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες ή και χειρουργικές επεμβάσεις.

Ευτυχώς ο οργανισμός έχει πολλούς ρυθμιστικούς (ομοιοστατικούς) μηχανισμούς που τον επαναφέρουν στην ισορροπία. Κάθε σωματική δομή, από το επίπεδο των κυττάρων ως το επίπεδο των συστημάτων, επιχειρεί να κρατήσει το εσωτερικό της περιβάλλον στα επίπεδα που ευνοούν τη βέλτιστη λειτουργία της.

2.6.1 Αρνητική ανάδραση

Όταν κάποιος παράγοντας που επηρεάζει το εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού παρεκκλίνει από τα κανονικά επίπεδα, τότε ενεργοποιούνται διορθωτικοί μηχανισμοί που ονομάζονται **συστήματα ανάδρασης** (Εικ. 2.6.2).

Το σύστημα ανάδρασης συμπεριλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία:

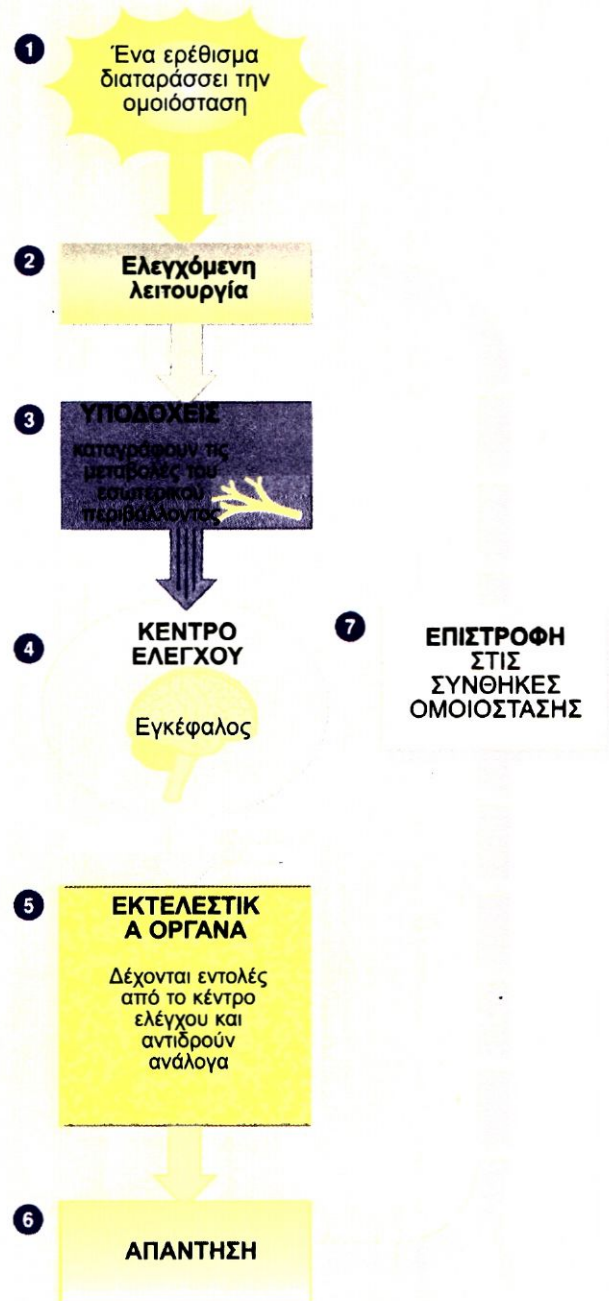
- **τους υποδοχείς**
- **το κέντρο ελέγχου**, που βρίσκεται σε κάποια περιοχή του εγκεφάλου και
- **τα εκτελεστικά όργανα** που δρούν για την αποκατάσταση της ισορροπίας

Οι **υποδοχείς** βρίσκονται σε ορισμένα "σημεία ελέγχου" και αντιλαμβάνονται τις αλλαγές που συμβαίνουν στο εσωτερικό περιβάλλον. Στην συνέχεια στέλνουν την ανάλογη πληροφορία στο αντίστοιχο κέντρο ελέγχου του εγκεφάλου. Για παράδειγμα, όταν ένας οδηγός αυτοκινήτου προσπαθεί να αποφύγει να χτυπήσει έναν πεζό, η καρδιά του κτυπάει γρηγορότερα και έτσι αυξάνεται η πίεση του αίματός του. Τα νευρικά κύτταρα των αρτηριών (υποδοχείς) που είναι ευαίσθητα στις αλλαγές αυτές της πίεσης, στέλνουν νευρικές ώσεις στο κέντρο ελέγχου στον εγκέφαλο.

Το **Κέντρο Ελέγχου** καθορίζει τη μεταβολή που πρέπει να γίνει για να διατηρηθεί η ομοιόσταση στην συγκεκριμένη λειτουργία. Συνήθως, το κέντρο ελέγχου είναι κάποια περιοχή του εγκεφάλου ή κάποιος ενδοκρινής αδένας. Για παράδειγμα, στον εγκέφαλο υπάρχουν ειδικά κέντρα που ελέγχουν τον καρδιακό ρυθμό, το pH του αίματος, τη θερμοκρασία του σώματος, το ρυθμό αναπνοής, κλπ.

Τα **εκτελεστικά όργανα** είναι αυτά που λαμβάνουν την εντολή από το κέντρο ελέγχου και αντιδρούν ανάλογα. Η απάντηση που δίδεται από τα εκτελεστικά όργανα ελέγχεται συνεχώς από τους υποδοχείς και αναφέρεται στο κέντρο ελέγχου. Αν η απάντηση είναι αντίστροφη του αρχικού ερεθίσματος, τότε το σύστημα είναι **αρνητικής ανάδρασης**. Αν η απάντηση ενισχύει το αρχικό ερέθισμα τότε το σύστημα είναι **θετικής ανάδρασης**.

Τα περισσότερα συστήματα ανάδρασης στον οργανισμό είναι συστήματα αρνητικής ανάδρασης. Τέτοια είναι τα συστήματα που ελέγχουν την πίεση του αίματος, τη θερμοκρασία του σώματος και τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα κτλ. Τα συστήματα θετικής ανάδρασης είναι συστήματα που



Εικ. 2.6.2:
Μηχανισμός αρνητικής ανάδρασης.

δρούν σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Παραδείγματα που μπορούν να αναφερθούν είναι η διαδικασία πήξης του αίματος ή οι συσπάσεις κατά τον τοκετό κτλ.

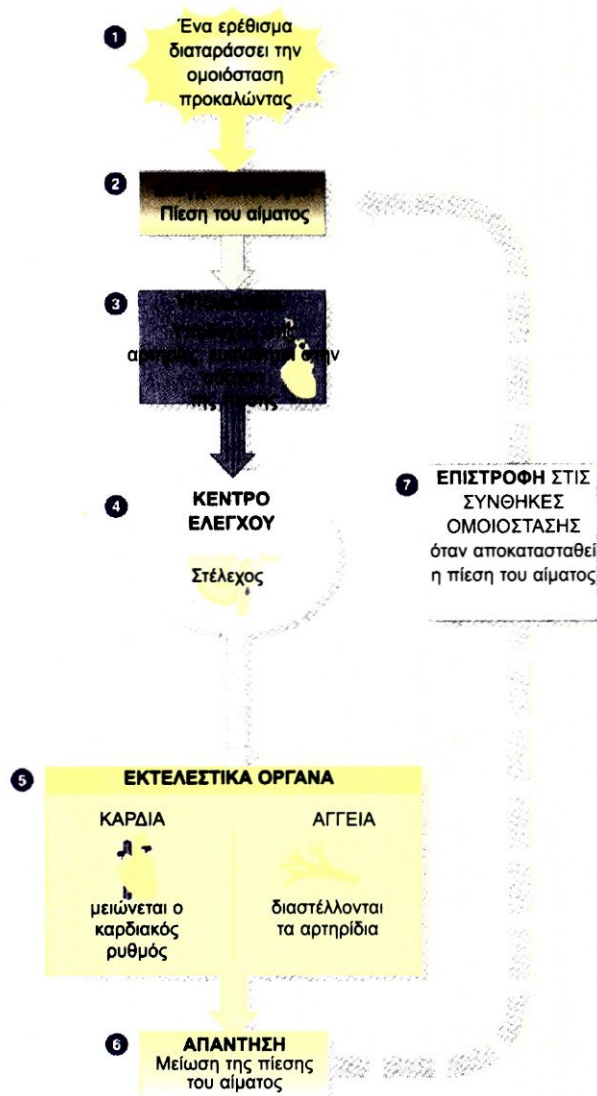
2.6.2 Συμβολή των διαφόρων συστημάτων του σώματος στην ομοιόσταση

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ομοιόσταση είναι υπόθεση όλων των συστημάτων που αποτελούν το σώμα. Όλα τα συστήματα, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο και στον έναν ή τον άλλο βαθμό συμμετέχουν ενεργά στη διατήρηση της ομοιόστασης. Ας δούμε μερικά παραδείγματα:

Α. Συμβολή του Κυκλοφορικού συστήματος στην Ομοιόσταση

Ένα πολύ καλό παράδειγμα ομοιοστατικού μηχανισμού είναι ο μηχανισμός που διατηρεί σταθερή την πίεση του αίματος. Η πίεση του αίματος καθορίζεται από τη ροή του αίματος μέσα από τα αγγεία, ειδικά από τις αρτηρίες. Με σκοπό να διατηρηθεί η ζωή, το αίμα πρέπει όχι μόνο να συνεχίζει την κυκλοφορία του αλλά και να κυκλοφορεί με μια συγκεκριμένη πίεση. Για παράδειγμα, αν η πίεση του αίματος είναι πολύ χαμηλή, τα όργανα του σώματος, όπως ο εγκέφαλος, δε θα τροφοδοτούνται με το απαραίτητο οξυγόνο και τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για να λειτουργήσουν φυσιολογικά. Η υψηλή πίεση του αίματος από την άλλη, έχει δυσμενείς συνέπειες στην λειτουργία οργάνων, όπως η καρδιά, οι νεφροί και ο εγκέφαλος και η υψηλή πίεση του αίματος μπορεί να προκαλέσει έμφραγμα του μυοκαρδίου ή και εγκεφαλικό επεισόδιο.

Μεταξύ άλλων παραγόντων, η πίεση του αίματος, εξαρτάται και από τον καρδιακό ρυθμό. Αν κάποιο ερέθισμα προκαλεί την αύξηση του καρδιακού ρυθμού, αποστέλλεται περισσότερο αίμα στις αρτηρίες, αυξάνοντας έτσι την πίεση του αίματος στα τοιχώματα των αρτηριών. Στα τοιχώματα των αρτηριών υπάρχουν νευρικά κύτταρα τα οποία αντιδρούν στέλνοντας νευρικές ώσεις (πληροφορίες) στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος με τη σειρά του απαντά στέλνοντας νευρικές ώσεις (εντολές) στη καρδιά, που μειώνουν το ρυθμό συστολής της μειώνοντας έτσι και την πίεση του αίματος. Ο συνεχής έλεγχος της αρτηριακής πίεσης από το νευρικό σύστημα είναι μια προσπάθεια να διατηρηθεί η φυσιολογική πίεση του αίματος και περιλαμβάνει ένα **σύστημα αρνητικής ανάδρασης** (Εικ.2.6.3).



Εικ. 2.6.3:
Ρύθμιση της πίεσης του αίματος

Αυτό επιτρέπει την επαναφορά της πίεσης του αίματος στα φυσιολογικά επίπεδα και έτσι αποκαθίσταται η ομοιόσταση.

Β. Συμβολή του Αναπνευστικού Συστήματος στην Ομοιόσταση

Στόχος του αναπνευστικού συστήματος είναι να διατηρεί σταθερά τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα και του οξυγόνου στο αίμα, αφού μια απόκλιση από αυτά τα επίπεδα μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στο pH του αίματος.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) στο αίμα αντιδρά με το H_2O και σχηματίζει H_2CO_3 . Όμως το H_2CO_3 διίσταται αμέσως σε H^+ και HCO_3^- . Έτσι κάθε αύξηση του επιπέδου του CO_2 στο αίμα οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης των H^+ , άρα και σε μείωση του pH. Αντίθετα μείωση του CO_2 οδηγεί σε μείωση της συγκέντρωσης των H^+ και επομένως σε αύξηση του pH. Σε περιπτώσεις αλλαγής του επιπέδου του CO_2 στο αίμα, ενεργοποιείται ένας μηχανισμός αρνητικής ανάδρασης που αποκαθιστά την ομοιόσταση. (Εικ.2.6.4).

Από τα παραπάνω, φαίνεται καθαρά ότι η διατήρηση της ομοιόστασης είναι υπόθεση όλων των συστημάτων του οργανισμού, τα οποία συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους, υπο τον έλεγχο του νευρικού συστήματος και των ενδοκρινών αδένων. Η συμβολή του συστήματος των ενδοκρινών αδένων είναι εμφανής στο μηχανισμό που ρυθμίζει τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα.

Γ. Συμβολή του Μυϊκού συστήματος στην ομοιόσταση

Το μυϊκό σύστημα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ομοιόσταση. Αυτό φαίνεται από το παραδείγμα που αναφέρεται παρακάτω:

Κατά την διάρκεια έντονης μυϊκής άσκησης, τα αγγεία των μυών διαστέλλονται και η ροή του αίματος αυξάνεται με σκοπό να αυξηθεί η διαθεσιμότητα του οξυγόνου στις μυϊκές ίνες των μυών. Όταν η μυϊκή άσκηση είναι πολύ έντονη, το οξυγόνο δεν επαρκεί και έτσι η αερόβια διάσπαση του πυροσταφυλικού οξέως δεν μπορεί να παραγάγει την απαιτούμενη ενέργεια (ATP) για περαιτέρω άσκηση. Τότε παράγεται επιπλέον ενέργεια από την αναερόβια διάσπαση της γλυκόζης, ενώ το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ. Το 80% περίπου του γαλακτικού οξέος απορροφάται από τους σκελετικούς μύες και μεταφέρεται στο ήπαρ για τη



Εικ. 2.6.4:

Ρύθμιση του pH του αίματος με τη συμβολή του αναπνευστικού συστήματος.

Οι ομοιοστατικοί μηχανισμοί χρησιμοποιούνται και για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του σώματος. Από την συνολική απελευθέρωση ενέργειας η οποία συμβαίνει κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής μόνο μια μικρή ποσότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή μηχανικού έργου. Το 85% της ενέργειας που εκλύεται με τη μορφή θερμότητας χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε συγκεκριμένα φυσιολογικά όρια.

Η μείωση της θερμοκρασίας του σώματος έχει σαν αποτέλεσμα, εκτός των άλλων, και το τρέμουλο, δηλαδή την αύξηση του μυϊκού τόνου. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού παραγωγής ενέργειας (θερμότητας) κατά εκατοντάδες φορές (!) στην προσπάθεια του οργανισμού να επαναφέρει τη θερμοκρασία του σώματος στα φυσιολογικά επίπεδα.



παραγωγή γλυκογόνου, αλλά κάποια ποσότητα παραμένει και συσσωρεύεται στο μυϊκό ιστό.

Μετά τη διακοπή της μυϊκής άσκησης, χρειάζεται επιπλέον οξυγόνο για τη διάσπαση του γαλακτικού οξέος και του γλυκογόνου που έχει παραχθεί καθώς επίσης και για την επιστροφή του οξυγόνου που έχουν “δανειστεί” οι μύες και έχει “λείψει” από τα υπόλοιπα όργανα του σώματος. Το επιπλέον οξυγόνο απαιτείται για την αποκατάσταση της φυσιολογικής λειτουργίας όλων των άλλων συστημάτων. Το “χρέος” αυτό σε οξυγόνο αποπληρώνεται με έντονες συσπάσεις των αναπνευστικών μυών (έντονες εισπνοές) για όσο διάστημα χρειάζεται, ακόμη και μετά το πέρας της μυϊκής άσκησης.

Η συσσώρευση του γαλακτικού οξέος στους μύς κάνει απαγορευτική τη συνέχιση της μυϊκής άσκησης μέχρι να αποκατασταθεί και πάλι η ομοιοστάση.

• ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΖΗΣ ΣΤΟ ΑΙΜΑ

Σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερες από μία ορμόνες συνεργάζονται για να ρυθμίσουν την αύξηση ή την ελάττωση του επιπέδου μιάς ειδικής λειτουργίας. Παράδειγμα τέτοιου ελέγχου είναι η ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα. Η γλυκόζη, όπως είναι γνωστό, είναι σπουδαία πηγή ενέργειας για

τα κύτταρα. Μόρια γλυκόζης αφήνουν συνεχώς το αίμα κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας του και εισέρχονται στα κύτταρα σε όλο το σώμα.

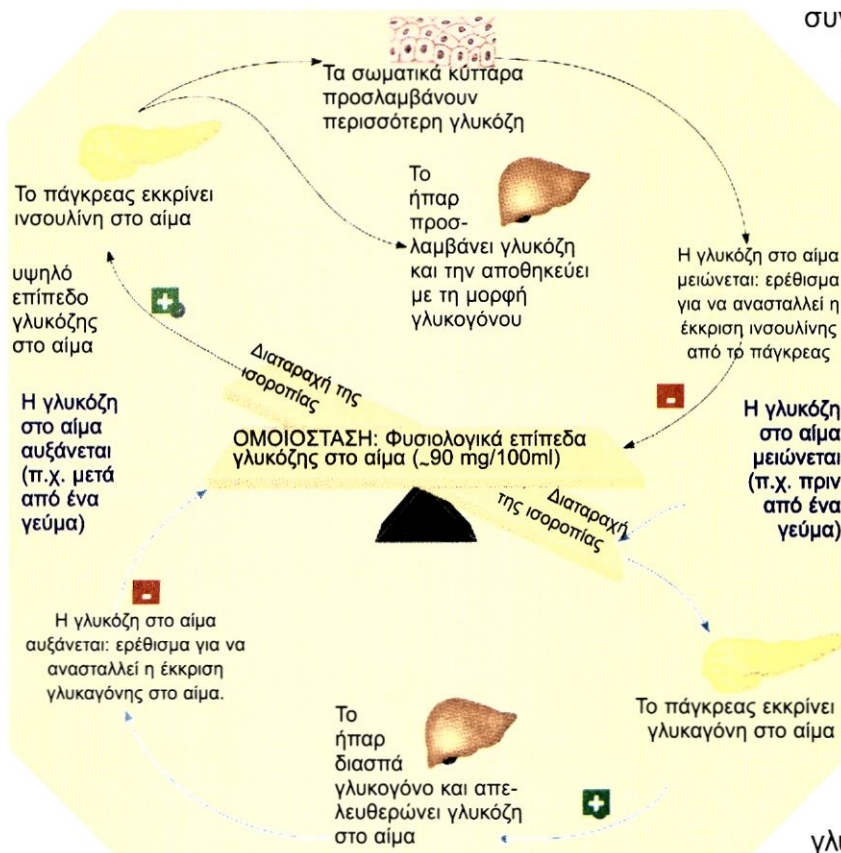
Παράλληλα μεγάλος αριθμός μορίων γλυκόζης εισέρχεται στο αίμα από τα έντερα και το ήπαρ. Και όμως η συγκέντρωση της γλυκόζης παραμένει εκπληκτικά σταθερή και κυμαίνεται μεταξύ 80 και 110 mg ανά 100 ml.

Η **ινσουλίνη** και **γλυκαγόνη** (δύο ορμόνες που παράγονται από ειδικές ομάδες κυττάρων του παγκρέατος) συνεργάζονται για τη ρύθμιση του επιπέδου της γλυκόζης στο αίμα. Στη ρύθμιση της συγκέντρωσης της γλυκόζης συμμετέχει και το ήπαρ (Εικ. 2.6.5).

Η **ινσουλίνη** επιταχύνει την απομάκρυνση των μορίων της γλυκόζης από το αίμα ενεργοποιώντας

Εικ. 2.6.5:

Ρύθμιση της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο αίμα.



την απορόφησή της από τα κύτταρα του σώματος και του ήπατος. Στα κύτταρα του σώματος η γλυκόζη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας ή να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση, ενώ στο ήπαρ αποθηκεύεται με τη μορφή γλυκογόνου.

Η γλυκαγόνη αντίθετα αυξάνει τη μεταφορά της γλυκόζης από το ήπαρ προς το αίμα, αφού επάγει τη διάσπαση του γλυκογόνου στο ήπαρ και αυξάνει την ποσότητα γλυκόζης που απελευθερώνεται στο αίμα.

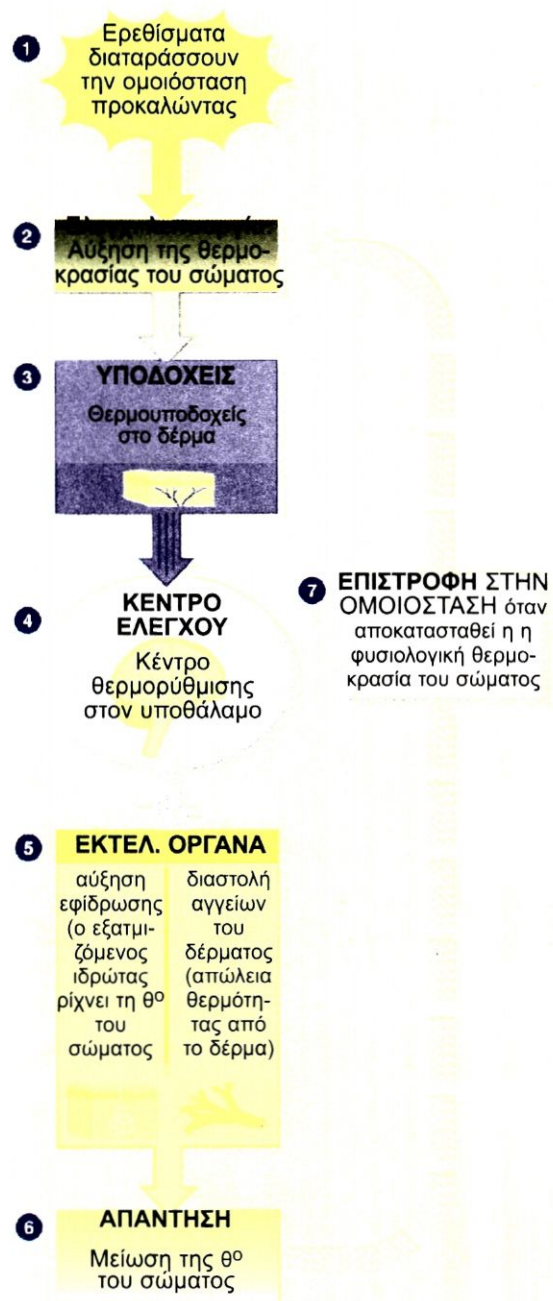
• ΡΥΘΜΙΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα ομοιόστασης (και μηχανισμού αρνητικής ανάδρασης) στον άνθρωπο είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Όπως και τα υπόλοιπα ομοιόθερμα ζώα, έτσι και ο άνθρωπος είναι ικανός να διατηρεί μια αξιοθαύμαστα σταθερή θερμοκρασία του σώματος του, περίπου 37°C .

Αν υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι βρισκόμαστε σε ένα χώρο με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 37°C , η θερμότητα (το ερέθισμα) φθάνει συνεχώς από το περιβάλλον στο σώμα, αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία. Οι θερμοϋποδοχείς του δέρματος αντιλαμβάνονται το ερέθισμα και στέλνουν νευρικές ώσεις στον εγκέφαλο (κέντρο ελέγχου). Το κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας, που βρίσκεται στον υποθάλαμο στέλνει νευρικές ώσεις (εντολές) στους ιδρωτοποιούς αδένες (εκτελεστές) και έτσι δημιουργείται άμεση εφίδρωση. Η εξάτμιση του ιδρώτα από την επιφάνεια του δέρματος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος.

Ο εγκέφαλος στέλνει επίσης εντολές στα αγγεία του δέρματος τα οποία διαστέλλονται και έτσι αυξάνεται η ροή του αίματος στο δέρμα. Έτσι χάνονται μεγαλύτερα ποσά θερμότητας από το σώμα στο περιβάλλον και συνεπώς μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος (Εικ.2.6.6).

Ας σημειωθεί ότι η θερμορύθμιση είναι μηχανισμός αρνητικής ανάδρασης επειδή η απάντηση (πτώση της θερμοκρασίας του σώματος) είναι αντίθετη προς το ερέθισμα (ζέστη). Επίσης, οι θερμοϋποδοχείς ελέγχουν συνεχώς τη θερμοκρασία του σώματος και στέλνουν συνεχώς πληροφορίες στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος με τη σειρά του συνεχίζει να στέλνει εντολές (νευρικές ώσεις) στους ιδρωτοποιούς αδένες και στα αγγεία μέχρι να



Εικ. 2.6.6:

Ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (σε περιβάλλον με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 37°C)

αποκατασταθεί η φυσιολογική θερμοκρασία του σώματος (37°C).

Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή βρισκόμαστε σε ένα χώρο με θερμοκρασία μικρότερη των 37°C , ο οργανισμός αντιδρά με μείωση της εφίδρωσης, με συστολή των αιμοφόρων αγγείων, αύξηση του ρυθμού του μεταβολισμού καθώς και έλεγχο της συστολής των σκελετικών μυών (αύξηση του μυϊκού τόνου).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ομοιόσταση είναι η διατήρηση σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος, δηλαδή η σταθερή ποσότητα και σύσταση των υγρών των ιστών, που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία των κυττάρων. Όταν κάποιος παράγοντας που επηρεάζει το εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού παρεκκλίνει από τα κανονικά επίπεδα, τότε ενεργοποιούνται διορθωτικοί μηχανισμοί που ονομάζονται **συστήματα ανάδρασης**. Η διατήρηση της ομοιόστασης είναι υπόθεση όλων των συστημάτων του οργανισμού τα οποία συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους, κάτω από τον έλεγχο του νευρικού συστήματος και των ενδοκρινών αδένων.

Η ρύθμιση της **συγκέντρωσης της γλυκόζης στο αίμα** επιτυγχάνεται με τη συμβολή κυρίως δύο ορμονών που εκκρίνονται από το **πάγκρεας**, της **ινσουλίνης** και της **γλυκαγόνης**.

Στη ρύθμιση της **θερμοκρασίας του σώματος** συμβάλλει κυρίως το **δέρμα** με την αγγειοδιαστολή ή την αγγειοσυστολή των **αγγείων** του αλλά και τους **ιδρωτοποιούς αδένες** κάτω από τον έλεγχο του **υποθαλάμου**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

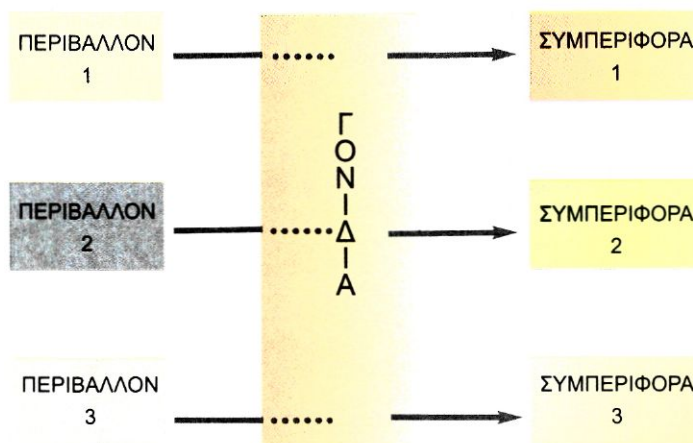
1. Περιγράψτε τους μηχανισμούς που συμβάλλουν στη διατήρηση της θερμοκρασίας του ανθρωπίνου σώματος σε δύο περιπτώσεις:
 α) όταν η θερμοκρασία του σώματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος και
 β) όταν η θερμοκρασία του σώματος είναι μικρότερη από αυτή του περιβάλλοντος.
2. α) Πως το αναπνευστικό σύστημα συμβάλλει στη ρύθμιση του pH του οργανισμού;
 β) Ο παραπάνω μηχανισμός είναι μηχανισμός θετικής ή αρνητικής ανάδρασης;
 Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
3. Πώς το πάγκρεας και το ήπαρ συμβάλλουν στη ρύθμιση της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο αίμα; Εξετάστε δύο περιπτώσεις: στην πρώτη θα έχουμε μείωση των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα, ενώ στη δεύτερη θα έχουμε αύξηση.
4. Ποια η κύρια διαφορά μεταξύ των μηχανισμών θετικής και αρνητικής ανάδρασης;
5. Να συμπληρώσετε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις
 α. Τα συστήματα..... είναι..... μηχανισμοί που ενεργοποιούνται όταν κάποιος παράγοντας που το περιβάλλον του οργανισμού από τα επίπεδα.
 β. Το σύστημα περιλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία: τους, το και τα
 γ. Τα συστήματα χωρίζονται σε συστήματα και σε συστήματα Αν η απάντηση του οργανισμού είναι του αρχικού ερεθίσματος τότε το σύστημα είναι Αν η απάντηση ενισχύει το αρχικό ερέθισμα τότε το σύστημα είναι
6. Να σημειώσετε δίπλα σε κάθε πρόταση Σ για το σωστό και Λ για το λάθος, δικαιολογώντας τη κάθε επιλογή σας με μία πρόταση.
 α. Η αύξηση του επιπέδου του CO₂ δεν δημιουργεί προβλήματα στο pH του οργανισμού, αλλά αντίθετα μόνο η μείωση του CO₂ οδηγεί στην αύξηση του pH.
 β. Η ινσουλίνη είναι η βασική ορμόνη που ρυθμίζει τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα.
 γ. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από αυτήν του σώματος ο οργανισμός απαντά με αγγειοδιαστολή του αγγείων του χορίου του δέρματος.

2.7 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - ΜΑΘΗΣΗ - ΜΝΗΜΗ - ΓΛΩΣΣΑ

2.7.1 Συμπεριφορά

Συμπεριφορά είναι το σύνολο των τρόπων με τους οποίους δρα ένας οργανισμός. Περιλαμβάνει δηλαδή, τις αντιδράσεις του στην επίδραση του περιβάλλοντος, των άλλων οργανισμών αλλά και των δικών του πράξεων. Ένας πολυκύτταρος οργανισμός είναι ένα λειτουργικό σύνολο, που συμπεριφέρεται με συγκροτημένο και ολοκληρωμένο τρόπο. Το νευρικό σύστημα, οι ορμόνες, αλλά και άλλες χημικές ουσίες συνεργάζονται για τον έλεγχο των αντιδράσεων σε κάθε εσωτερικό και εξωτερικό ερέθισμα. Η εκδήλωση μιάς συμπεριφοράς είναι το πιο ολοκληρωμένο παράδειγμα **αλληλεπίδρασης και συντονισμού όλων των συστημάτων του οργανισμού.**

Για τη φυσιολογία, μία συγκεκριμένη συμπεριφορά είναι η δράση των εκτελεστικών οργάνων του οργανισμού, δηλαδή των μυών, των αδένων κλπ., σε απάντηση σε κάποιο ερέθισμα που έγινε αντιληπτό από τους υποδοχείς του. Μεταξύ των υποδοχέων και των εκτελεστικών οργάνων υπάρχει το νευρικό σύστημα, το οποίο και καθορίζει τι πληροφορίες θα διακινηθούν μεταξύ τους. Όσο εύκολο είναι να προσδιορίσουμε το είδος της εισερχόμενης πληροφορίας και της εξερχόμενης συμπεριφοράς, άλλο τόσο δύσκολο είναι να προσδιορίσουμε ακριβώς, πώς αυτά ελέγχονται από το νευρικό σύστημα.



Εικ. 2.7.1:

Το σύνολο των γονιδίων κάθε ατόμου είναι συγκεκριμένο. Αντίθετα, το περιβάλλον του (εσωτερικό και εξωτερικό) συνεχώς μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα το άτομο να υιοθετεί διαφορετικές κάθε φορά συμπεριφορές

Η συμπεριφορά ενός οργανισμού - ακριβώς όπως η ανατομία και η φυσιολογία του - διαμορφώνεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής του, μέσω της **αλληλεπίδρασης των γονιδίων του και του περιβάλλοντός του**. Σε οργανισμούς με πολύπλοκο νευρικό και μυϊκό σύστημα όπως ο άνθρωπος, η αλληλεπίδραση αυτή τροποποιεί τη συμπεριφορά **συνεχώς** καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής (αφού συνεχώς αλλάζει το περιβάλλον, Εικ.2.7.1).

Από τις διάφορες επιμέρους συμπεριφορές, όπως ο φόβος, η αποφυγή τιμωρίας, η αναζήτηση ανταμοιβής, η ικανοποίηση ισχυρών βιολογικών κινήτρων (πχ. η πείνα), ο ανταγωνισμός, η φυγή μπροστά στον κίνδυνο ή η

παραμονή και αντιμετώπισή του κλπ., άλλες είναι **έμφυτες / εγγενείς** στο συγκεκριμένο οργανισμό, άλλες είναι **προϊόν διδασχής / μάθησης** και άλλες συνδυασμός και των δύο αυτών παραγόντων. Έμφυτη συμπεριφορά είναι αυτό που συχνά ονομάζουμε ένστικτο, είναι γενετικά προγραμματισμένη και δύσκολα τροποποιείται. Αντίθετα η συμπεριφορά που αποκτάται με τη μάθηση τροποποιείται διαρκώς ανάλογα με την εμπειρία.

2.7.2 Μάθηση

Η μάθηση δίνει σ'έναν οργανισμό την ευελιξία να προσαρμόζεται στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, υιοθετώντας τις κατάλληλες κάθε φορά συμπεριφορές, είτε επαναλαμβάνοντας δοκιμασμένες και πετυχημένες αντιδράσεις, είτε καταφεύγοντας σε καινούργιες (Εικ.2.7.2). Με τον όρο **μάθηση** εννοούμε **μόνιμες (ή τουλάχιστον μακρόχρονες) αλλαγές στη συμπεριφορά ενός οργανισμού, που εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της έκθεσης του οργανισμού αυτού σε κάποια εμπειρία**. Αλλαγές που οφείλονται στη βιολογική γήρανση, καθώς και σε ασθένεια ή χρήση φαρμάκων δε θεωρούνται μάθηση.

Για να μελετήσουμε τους μηχανισμούς της μάθησης που ελέγχουν μία συγκεκριμένη συμπεριφορά, πρέπει κατ'αρχήν να ορίσουμε δύο βασικά στοιχεία: (α) τον **ερεθισμό**, δηλαδή το σήμα από το εξωτερικό ή εσωτερικό περιβάλλον που γίνεται αντιληπτό από τους υποδοχείς του οργανισμού και (β) την **αντίδραση**, δηλαδή την απάντηση του οργανισμού σ'αυτό. Το ρόλο του ερεθισμού μπορεί να παίξει ένας ήχος, ένα φωτεινό ερέθισμα, ο πόνος, ένα άγγιγμα κλπ., ενώ αντίδραση μπορεί να είναι η φυγή, η στροφή της κεφαλής προς ένα ακουστικό ερέθισμα, η απομάκρυνση από ένα δυσάρεστο άγγιγμα κλπ.

Παρατηρώντας και αναλύοντας τα διάφορα φαινόμενα μάθησης έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα μπορούμε να τα εντάξουμε σε δύο τύπους:

- **Μη-συνειρμική μάθηση**

Εδώ, μία αρχικά αυτόματη και βιολογικά προκαθορισμένη αντίδραση μπορεί να αλλάξει. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η **εξοικείωση**: ένας



Εικ. 2.7.2:

Ακόμη και τα νεογένητα μαθαίνουν να αναγνωρίζουν όλα αυτά που συνθέτουν τη φιγούρα της μητέρας τους.

ήχος προκαλεί αρχικά την προσοχή μας (στροφή της κεφαλής προς την πηγή του), αλλά επαναλαμβανόμενη παρουσίαση του καταλήγει σε μείωση και εξαφάνιση της αντίδρασής μας. Έτσι, μπορούμε πχ. να προσαρμοστούμε στη διαβίωση σ'ένα διαμέρισμα πάνω σ'ένα δρόμο με μεγάλη κίνηση. Αντίστροφη είναι η περίπτωση της **ευαισθητοποίησης**.

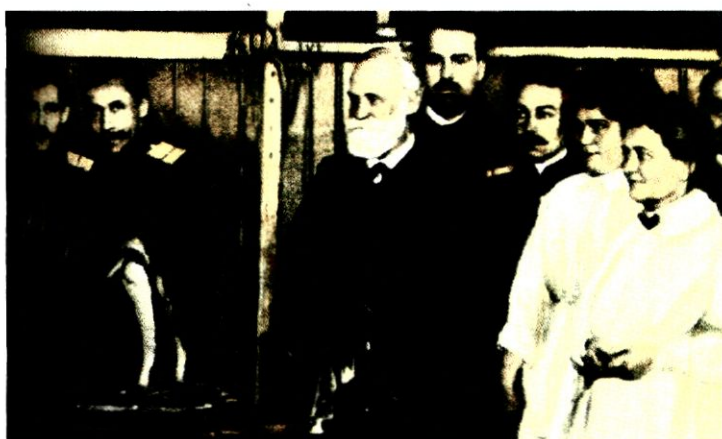
• Συνειρμική μάθηση

A. Εδώ απαιτείται από το άτομο να αναγνωρίσει τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται δύο ερεθισμοί. Κλασικά θεωρούνται σήμερα τα πειράματα του Ρώσου φυσιολόγου Ραβλόν: παρουσίαση τροφής σε πεινασμένους σκύλους

προκαλεί σιελόρροια. Αν κάθε φορά που παρουσιάζεται η τροφή προηγείται η παρουσίαση ενός ήχου, τότε σύντομα ο ήχος μόνος του θα προκαλέσει σιελόρροια. Παρατηρούμε ότι ένας βιολογικά σημαντικός ερεθισμός (η τροφή) συνδέεται με έναν αδιάφορο –αρχικά– ερεθισμό (τον ήχο), με αποτέλεσμα ο τελευταίος να μπορεί να προκαλέσει μία βιολογικά σημαντική αντίδραση (τη σιελόρροια). Τον ερεθισμό που μετά τη σύνδεση αλλάζει σημασία (τον ήχο) τον ονομάζουμε **εξαρτημένο ερεθισμό**, ενώ την αντίδραση που αυτός

προκαλεί (τη σιελόρροια) **εξαρτημένη αντίδραση**. Η μάθηση αυτή ονομάζεται **κλασική εξάρτηση** και σχετίζεται περισσότερο με αντιδράσεις που είναι αυτόματες, αντανakλαστικές (όπως εδώ η σιελόρροια ή το κλείσιμο των ματιών μπροστά από ένα ισχυρό φως κλπ.).

B. Μία άλλη σημαντική περίπτωση συνειρμικής μάθησης είναι η **συντελεστική εξάρτηση**. Εδώ το άτομο υιοθετεί αρχικά –έστω και τυχαία– μία αντίδραση, η οποία για κάποιους λόγους του παρέχει **ανταμοιβή**. Τότε η πιθανότητα να την επαναλάβει την αντίδραση αυτή στο μέλλον διαρκώς αυξάνεται. Αντίθετα, το υποκείμενο τείνει να αποφύγει αντιδράσεις που όταν δοκιμάστηκαν οδήγησαν σε **τιμωρία**. Το υποκείμενο δηλαδή μαθαίνει καθώς εκτελεί. Έτσι, η μάθηση δεν προηγείται μιας αντίδρασης, αλλά συντελείται μαζί της (γι'αυτό και ονομάζεται συντελεστική). Με τον τρόπο αυτό ο ανθρώπινος οργανισμός κερδίζει από την εμπειρία του. Η ανταμοιβή και η τιμωρία χρησιμοποιούνται καθημερινά ως κίνητρα



Εικ. 2.7.3:

Ο Ραβλόν (1849-1836) με συνεργάτες του κι ένα από τα πειραματόζωά του. Για την προσφορά του τιμήθηκε με το Nobel Φυσιολογίας και Ιατρικής το 1904.



Εικ. 2.7.4:

Μάθηση με ανταμοιβή

κοινωνικής συμπεριφοράς: ένας πωλητής θα πάρει επιπρόσθετη αμοιβή αν κάνει πολλές πωλήσεις και ένας μαθητής θα επιβραβευτεί για μία καλή εργασία.

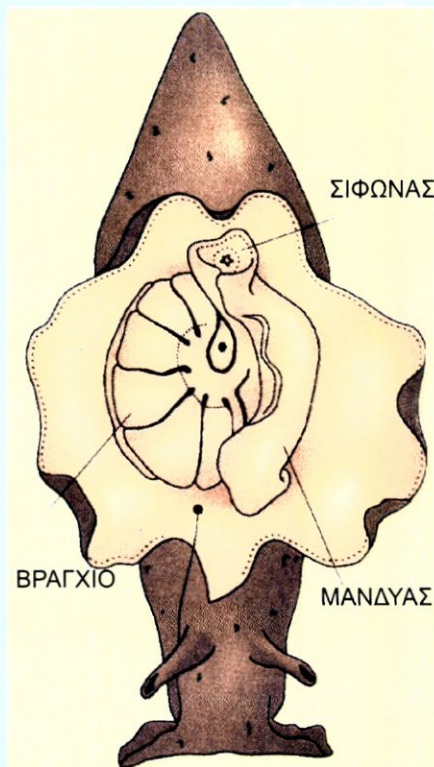
Το τι ακριβώς συμβαίνει στα νευρωνικά κυκλώματα του ανθρώπινου οργανισμού και επιτυγχάνεται τελικά η μάθηση δεν είναι εύκολο να απαντηθεί. Έτσι, η αναζήτηση του κυτταρικού υποστρώματος της μάθησης έγινε σε οργανισμούς με απλά νευρικά συστήματα όπως το θαλάσσιο σαλιγκάρι *Aplysia californica*, έναν ασπόνδυλο οργανισμό με πλήρως χαρτογραφημένο νευρικό σύστημα.

2.7.3 Μνήμη

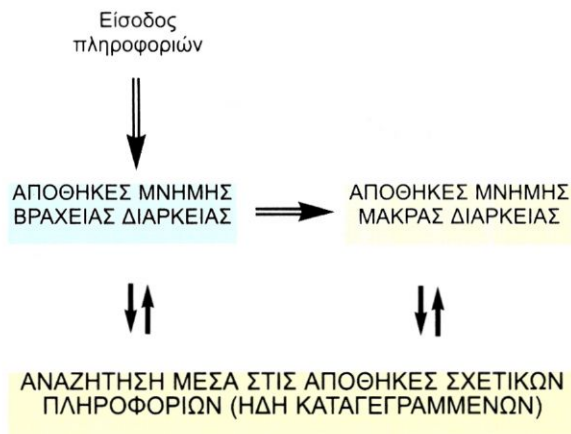
Είδαμε λοιπόν, ότι η μάθηση είναι η απόκτηση γνώσης για τον κόσμο, μία θεμελιώδης προϋπόθεση για την επιβίωση. Επιτρέπει τη γνωριμία με το περιβάλλον, που γίνεται πλέον ένα φιλικό πλαίσιο οργανωμένων πληροφοριών. Όμως ποιο θα ήταν το όφελος της ικανότητας αυτής, αν το άτομο δεν μπορεί να διατηρήσει τα προϊόντα της μάθησής του; Τι νόημα έχει η μάθηση χωρίς μνήμη; **Μνήμη ονομάζουμε την ικανότητα των ζωντανών οργανισμών να διατηρούν και να χρησιμοποιούν την αποκτηθείσα γνώση.** Είναι προφανές ότι η μάθηση και η μνήμη έχουν ιδιαίτερα στενή σχέση: η μνήμη συνεπάγεται πάντα μάθηση και η μάθηση προϋποθέτει πάντα μνήμη. Η μνημονική λειτουργία επιτρέπει σ'έναν οργανισμό να "συμπυκνώνει" φυσικό χρόνο και να συντηρεί χρόνο. Παράλληλα –ιδιαίτερα στον άνθρωπο– επιτρέπει τη μεταφορά γνώσης από γενιά σε γενιά, κάτι που παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του είδους.

Η διερεύνηση της λειτουργίας της μνήμης και των μηχανισμών της στον ανθρώπινο εγκέφαλο δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση. Η μεγαλύτερη δυσκολία είναι να αντιστοιχίσουμε αυτό που παρατηρούμε να συμβαίνει στο επίπεδο της συμπεριφοράς π.χ. μία δυσκολία στην ανάκληση πρόσφατων οπτικών πληροφοριών από ένα άτομο, με αυτό που συμβαίνει στα νευρικά κύτταρα, τις συνάψεις και τα νευρωνικά κυκλώματα του ατόμου αυτού. Τα ερωτήματα με τα οποία ασχολείται η έρευνα στις μέρες μας είναι πολλά: πώς κωδικοποιούνται οι πληροφορίες που έρχονται από τους αισθητικούς υποδοχείς, πώς διατηρούνται οι καταγραφές αυτές, πώς τις

Το θαλάσσιο σαλιγκάρι *Aplysia californica* αναπνέει με **βράγχια**. Αυτά φυλάσσονται μέσα σε μια κοιλότητα, η οποία καλύπτεται από έναν προστατευτικό ιστό, το **μανδύα**. Η άκρη του μανδύα καταλήγει σε μια χοάνη, το **σίφων**, μέσω του οποίου αποβάλλονται νερό και διάφορα άχρηστα υπολείμματα. Όταν τα νερά είναι ήρεμα, το ζώο εκτείνει τα βράγχιά του. Σε ταραγμένα, όμως, νερά ή όταν κάτι (π.χ. ένα αντικείμενο) ακουμπήσει το σίφωνο, τότε μια αντανακλαστική κίνηση μαζεύει το σίφωνα και το βράγχιο μέσα στην κοιλότητα για να τα προστατεύσει (**αμυντικό**



αντανακλαστικό). Με τον ίδιο τρόπο απαντά το ζώο και κάθε φορά που αγγίζουμε το σίφωνά του, όταν το μελετάμε στο εργαστήριο. Όταν όμως **επαναλάβουμε** το άγγιγμα 10-15 φορές, τότε η αντίδραση του αρχίζει να εξασθενεί. Πρόκειται για μια περίπτωση **εξοικείωσης** (μια μορφή μη-συνειρμικής μάθησης) που διαρκεί μερικές ώρες. Το νευρικό σύστημα του ζώου αυτού είναι απλό –διαθέτει περίπου 20.000 μεγάλα νευρικά κύτταρα, όταν του ανθρώπου είναι πολλά δισεκατομμύρια– κι έτσι οι επιστήμονες κατάφεραν να βρουν το νευρικό κύκλωμα που είναι υπεύθυνο για τη μάθηση αυτή. Πρόκειται για 24 αισθητικούς νευρώνες (στο σίφωνα) που μεταβιβάζουν το ερέθισμα σε 6 κινητικούς νευρώνες (στο σίφωνα και το βράγχιο). Ανάμεσα τους μεσολαβούν και αρκετοί ενδιάμεσοι νευρώνες. Η εξοικείωση που εμφανίζεται στη συμπεριφορά του ζώου βρέθηκε ότι οφείλεται σε συγκεκριμένες αλλαγές στη συναπτική δραστηριότητα των νευρώνων του παραπάνω κυκλώματος.



Εικ. 2.7.5:

Απομνημόνευση μιας λίστας συλλαβών (που είναι άσχετες μεταξύ τους και δεν συνθέτουν λέξεις): αν όλα τα βήματα γίνουν χωρίς προβλήματα, τότε μπορούμε να μάθουμε τη λίστα και να την εκφωνήσουμε, όταν μας ζητηθεί.



Εικ. 2.7.6:

Χρησιμοποιώντας τη μνήμη βραχείας διάρκειας: Ο εστιατορός ακούει τις παραγγελίες από τις σερβιτόρες και συγχρόνως ετοιμάζει τα πιάτα. Όταν έρθουν καινούριες, ξεχνά τις παλιές και συνεχίζει. Αν κάποιος του αποσπάσει την προσοχή, είναι πολύ πιθανό να κάνει λάθος.

ανακαλούμε όταν τις χρειαστούμε, ποιές περιοχές του εγκεφάλου είναι υπεύθυνες για τη λειτουργία της μνήμης;

Οι επιστήμονες συμφωνούν πως η **λειτουργία της μνήμης επιτελείται σε στάδια** (Εικ.2.7.5): οι πληροφορίες που εισέρχονται στον εγκέφαλο κατευθύνονται προς ένα σύστημα βραχείας αποθήκευσης μνημών. Η χωρητικότητα του συστήματος αυτού είναι πολύ περιορισμένη και αν δεν υπάρξει επανάληψη της πληροφόρησης, θα κρατήσει τη μνήμη μόνο για μερικά λεπτά. Οι πληροφορίες στη συνέχεια θα περάσουν για επεξεργασία σε ένα άλλο σύστημα πιο μόνιμης αποθήκευσης, το σύστημα μακράς αποθήκευσης μνημών.

Τα δύο αυτά συστήματα καταγραφής και αποθήκευσης πληροφοριών που διαθέτει ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχουν διαφορετικές ιδιότητες:

• Η μνήμη βραχείας διάρκειας (ΜΒΔ)

Είναι ένα είδος άμεσης μνήμης για ερεθισμούς που έγιναν πρόσφατα αντιληπτοί. Διατηρείται όσο επαναλαμβάνεται η πληροφόρηση: μπορούμε να θυμηθούμε ένα τηλεφωνικό νούμερο που μας έδωσαν (και δε σημειώσαμε), μόνο αν το επαναλαμβάνουμε συνεχώς και μόνο αν δεν αποσπαστεί η προσοχή μας εκείνη τη στιγμή. Το χαρακτηριστικό της είναι η περιορισμένη της χωρητικότητα, μέχρι 7 ± 2 στοιχεία. Μπορούμε εύκολα να θυμηθούμε ένα πενταψήφιο νούμερο που βλέπουμε για μία στιγμή, είναι όμως αδύνατο να συγκρατήσουμε ένα δεκαψήφιο. Όταν καλυφθεί η χωρητικότητα, για να προστεθεί μία νέα πληροφορία, πρέπει να θυσιαστεί μία από τις παλαιότερες (Εικ.2.7.6).

• Η μνήμη μακράς διάρκειας (ΜΜΔ)

Η ΜΜΔ είναι σχετικά μόνιμη και δεν έχει πρόβλημα χωρητικότητας. Οι πληροφορίες εδώ κωδικοποιούνται συχνότερα με βάση το νόημά τους. Αυτό φαίνεται και από τα λάθη που γίνονται στην προσπάθεια πχ. να θυμηθούμε ένα αντικείμενο: συχνά μπορεί να το αντικαταστήσουμε με κάποιο άλλο που έχει παρόμοιο νόημα ή παρόμοια χρήση. Οι πληροφορίες καταγράφονται και αποθηκεύονται στη ΜΜΔ όχι μόνες τους, αλλά μαζί με το **συνοδό πλαίσιο** που τις περιβάλλει (πχ. ένα γεγονός με το χώρο στον οποίο έγινε, με τα άτομα που ήταν εκεί, με το τι ειπώθηκε κλπ.). Με τον ίδιο τρόπο ανακαλούνται. Αναζητώντας το

συνοδό πλαίσιο στην πραγματικότητα ή με τη φαντασία μας, βοηθάμε την ανάκληση. Έτσι, είναι ευκολότερο να θυμηθούμε λεπτομέρειες για ένα γεγονός, αν πάμε στον τόπο που αυτό συνέβη ή αν τον φέρουμε στο μυαλό μας.

Έχει επιβεβαιωθεί, ότι μέσα στο ΚΝΣ η μνήμη μακράς διάρκειας συνοδεύεται από **λειτουργικές ή / και δομικές αλλαγές στους νευρώνες και τη συναπτική δραστηριότητα.**

Η έρευνα των νευροεπιστημόνων γύρω από τις λειτουργίες της μάθησης και της μνήμης έχει οδηγήσει και σε ένα ακόμη συμπέρασμα: Ο εγκέφαλος φαίνεται να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει με διαφορετικό τρόπο τα διάφορα είδη των πληροφοριών. Έτσι, η μνήμη μακράς διάρκειας μπορεί να είναι:

A. Μνήμη γνώσεων

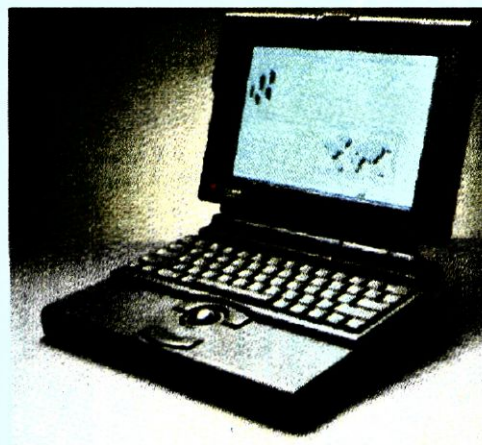
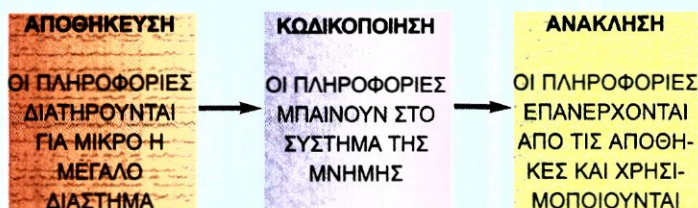
Αφορά την απομνημόνευση ονομάτων, τόπων και πραγμάτων, γεγονότων που συνήθως μπορούν να δηλωθούν λεκτικά. Πχ. θυμάμαι το όνομά μου και μπορώ να το δηλώσω, θυμάμαι ποιοί ήταν εκεί και μπορώ να το δηλώσω. Η μνήμη αυτή είναι **συνειδητή** και δημιουργεί τελικά ένα αρχείο προηγούμενων εμπειριών, που αναγνωρίζεται ως οικείο. Με τη μνήμη αυτή **θυμάμαι “τι; ποιός; πού;”**.

B. Μνήμη συνηθειών

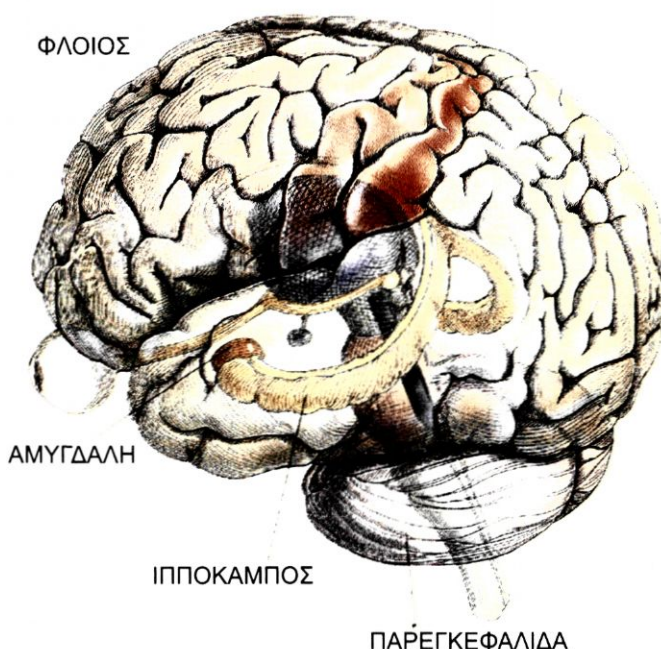
Αφορά τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουμε **πώς** γίνονται διάφορα πράγματα, π.χ. πώς οδηγείται το ποδήλατο, πώς παίζεται το μπάσκετ. Η μνήμη αυτή βελτιώνεται με την επανάληψη (π.χ. με την προπόνηση γίνομαι συνεχώς καλύτερος σ'ένα άθλημα), είναι όμως δύσκολο να την εκφράσω λεκτικά: θυμάμαι να οδηγώ ποδήλατο, αλλά δεν μπορώ να απαντήσω ερωτήσεις σχετικά μ' αυτό. Οι μύες μου έχουν μάθει τις σωστές κινήσεις, αλλά εγώ δεν μπορώ να τις περιγράψω. Η μνήμη συνηθειών είναι **αυτόματη** και δεν απαιτεί συνειδητή αντίληψη. Με τον τρόπο αυτό εγγράφονται συνήθειες, δεξιότητες, κανόνες: το παίξιμο του πιάνου, η στενογραφία, οι κανόνες της γραμματικής που χρησιμοποιώ στην ομιλία χωρίς να το συνειδητοποιώ, το μπάσκετ κλπ. Με τη μνήμη αυτή **θυμάμαι “πώς;”**

Η μνήμη γνώσεων και η μνήμη συνηθειών είναι πιθανό να ενεργοποιούν διαφορετικά νευρωνικά κυκλώματα. Παράλληλα, είναι πλέον βέβαιο ότι **δεν** υπάρχει περιοχή του εγκεφάλου που να

***Η μνημονική διαδικασία:** Για να μπορούμε να ισχυριστούμε ότι “θυμόμαστε” ένα γεγονός πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί σωστά τα **τρία** αυτά διαδοχικά βήματα.*



Ο υπολογιστής διαθέτει ένα ανάλογο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών: οι εισερχόμενες πληροφορίες κωδικοποιούνται, αποθηκεύονται και ανακαλούνται από τη μνήμη του.



Εικ. 2.7.7:

Περιοχές του εγκεφάλου που συμμετέχουν στη λειτουργία της μνήμης.

αποτελεί το κέντρο μάθησης ή μνήμης. Αντίθετα, υπάρχουν διάφορες περιοχές που συμβάλλουν στην καταγραφή, αποθήκευση και ανάκληση των πληροφοριών. Ο ρόλος τους είναι διαφορετικός: άλλες περιοχές συμμετέχουν στη ΜΒΔ και άλλες στη ΜΜΔ, ακόμη άλλες στη μνήμη γνώσεων και άλλες στη μνήμη συνηθειών. Υπάρχουν πάντως περιοχές που αναμφίβολα σχετίζονται με τη λειτουργία της μάθησης και της μνήμης. Οι περιοχές αυτές είναι ο **ιππόκαμπος**, η **αμυγδαλή**, τα **βασικά γάγγλια**, η **παρεγκεφαλίδα** και ο **φλοιός των ημισφαιρίων** (Εικ.2.7.7). Για παράδειγμα, καταστροφή ή αφαίρεση των ιπποκάμπων και των δύο ημισφαιρίων εμποδίζει το σχηματισμό μόνιμων μνημών γνώσεων.

2.7.4 Ομιλία

Μία από τις εξέχουσες ικανότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου που εξαρτάται από τη μνήμη είναι η **ομιλία**. Η λεκτική επικοινωνία αποτελεί μία πολύ σημαντική συνιστώσα της ανθρώπινης κοινωνικής συμπεριφοράς. Στην ιστορία του ανθρώπου είναι παλαιότερη από τη γραφή και την ανάγνωση και αναπτύχθηκε ως εργαλείο έκφρασης αφηρημένων σκέψεων. Πώς μπορεί κανείς να εκθέσει τις απόψεις του π.χ. για την εκπαίδευση ή την πολιτική κατάσταση σε μία χώρα, αν όχι με το λόγο;

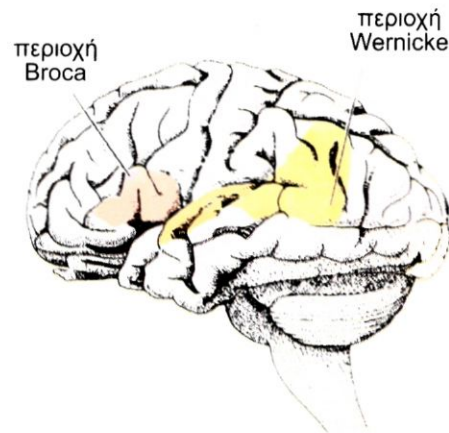
Η ικανότητα ομιλίας είναι μία πολύπλοκη λειτουργία. Τα νευρωνικά κυκλώματα που είναι κυρίως υπεύθυνα για τη λειτουργία αυτή βρίσκονται στο ένα από τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου. Στο 95% των υγιών δεξιόχειρων ατόμων η ομιλία ελέγχεται από το **αριστερό** ημισφαίριο, ενώ στο υπόλοιπο 5% από το δεξιό. Από τους αριστερόχειρες, το 70% έχει το κέντρο του λόγου πάλι στο **αριστερό**, 15% στο δεξιό και το υπόλοιπο 15% και στα δύο ημισφαίρια. Η επικράτηση αυτή του αριστερού ημισφαιρίου δε σημαίνει ότι το **δεξιό** ημισφαίριο δε συμμετέχει καθόλου στη λειτουργία της ομιλίας: ο λόγος δεν είναι μία απλή εκφορά λέξεων, αλλά και η απόδοση ενός νοηματικού περιεχομένου. Έτσι, χρησιμοποιούνται κυκλώματα που σχετίζονται με τη μνήμη, με την ικανότητα δημιουργίας συμβολισμών, αφηρημένων σκέψεων κλπ. Αυτό σημαίνει ότι στο τελικό αποτέλεσμα της πράξης του λόγου συμμετέχει και το δεξιό ημισφαίριο.

Σκεφτείτε:

Κάποιοι επιστήμονες παρομοίασαν τη μνήμη βραχείας διάρκειας με τον πίνακα της τάξης (στον οποίο γράφουμε και σβήνουμε συνέχεια). Μπορείτε να φανταστείτε γιατί;

Για την **αντίληψη και την παραγωγή του λόγου** είναι σημαντικές δύο περιοχές (Εικ.2.7.8):

- Η **περιοχή Broca**, που βρίσκεται στο μετωπιαίο λοβό. Ρόλος της είναι ο έλεγχος όλων των μυών που σχετίζονται με την ομιλία: του προσώπου, της γλώσσας, της σιαγόνας, του λάρυγγα και των αναπνευστικών μυών. Στην περιοχή Broca βρίσκονται αποθηκευμένες οι μνήμες από τις κινήσεις όλων αυτών των μυών. Καταστροφή της προκαλεί μία διαταραχή που ονομάζεται *αφασία Broca* και εκδηλώνεται με ανικανότητα παραγωγής ήχων, δυσκολία στην άρθρωση, στην εξεύρεση των λέξεων και στη σύνταξη προτάσεων, ενώ η κατανόηση του νοήματος των λέξεων παραμένει φυσιολογική.
- Η **περιοχή Wernicke** που βρίσκεται στον κροταφικό φλοιό. Ο ρόλος της είναι η αντίληψη και η ερμηνεία των λέξεων. Καταστροφή της προκαλεί μία διαταραχή που ονομάζεται *αφασία Wernicke* και εκδηλώνεται με δυσκολία στην κατανόηση του γραπτού και προφορικού λόγου, ενώ η παραγωγή ήχων είναι φυσιολογική. Οι παραγόμενες όμως προτάσεις, αν και γραμματικά αρκετά σωστές, στερούνται νοήματος.



Εικ. 2.7.8:

Οι περιοχές του Broca (στον αριστερό μετωπιαίο λοβό) και του Wernicke (στον αριστερό κροταφικό λοβό).

Για την **παραγωγή του λόγου** διεγείρεται πρώτα η περιοχή Wernicke. Από εκεί η διέγερση περνά στη περιοχή Broca, μέσω μιας δέσμης νευρικών ινών. Εκεί η διέγερση ενεργοποιεί ένα πρόγραμμα εντολών προς τους μύες παραγωγής λόγου. Το πρόγραμμα αυτό μεταβιβάζεται στην υπεύθυνη περιοχή του κινητικού φλοιού που κινεί τους μύες του προσώπου και τους ενεργοποιεί.

Για την **αντίληψη του λόγου** υπεύθυνη είναι η περιοχή Wernicke: ο ήχος των λέξεων φτάνει στον κύριο ακουστικό φλοιό και στην συνέχεια περνά στην περιοχή Wernicke, όπου γίνεται κατανοητό το νόημά τους.

Η ιδέα ότι η επεξεργασία των γραπτών λέξεων είναι τελικά ακουστική, στηρίζεται στο γεγονός ότι, στην ιστορία του ανθρώπου ο προφορικός λόγος χρησιμοποιήθηκε πριν από το γραπτό και στην παρατήρηση ότι τα παιδιά μαθαίνουν πρώτα να μιλούν και να αντιλαμβάνονται το νόημα λέξεων που ακούν, και μετά μαθαίνουν να γράφουν.



Αναζητείστε στο δίκτυο (internet) τι είναι η μάθηση με βιοανάδραση (bio-feedback) και τι εφαρμογές έχει.

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Όλοι έχουμε κατά καιρούς χρησιμοποιήσει τεχνάσματα για να βοηθηθούμε στην απομνημόνευση γνώσεων. Ένα από τα πιο αποτελεσματικά φαίνεται να είναι η **ΟΡΓΑΝΩΣΗ** και η **ΤΑΚΤΟΠΟΙΗΣΗ** του υλικού που πρέπει να απομνημονεύσουμε. Αυτό μπορούμε να το κάνουμε οργανώνοντας το υλικό ώστε να αποτελέσει ένα λογικό σύνολο: αν, για παράδειγμα, το υλικό είναι μία λίστα λέξεων, μπορούμε να φτιάξουμε μ'αυτές ένα νοηματικό οικοδόμημα πχ. μία ιστορία. Από την άλλη μεριά, ένα μάθημα του σχολείου γίνεται ευκολότερο, αν από νωρίς τακτοποιήσουμε τις βασικές του αρχές, φτιάξουμε δηλαδή ένα σκελετό, στον οποίο σταδιακά προσθέτουμε τις επιμέρους πληροφορίες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συμπεριφορά ενός οργανισμού - δηλαδή των σύνολο των αντιδράσεών του- είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης γονιδίων και περιβάλλοντος και ελέγχεται από το νευρικό σύστημα. Από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη συμπεριφορά είναι η μάθηση, μία λειτουργία που επιτρέπει στον οργανισμό να προσαρμόζει τη συμπεριφορά του στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον και η μνήμη, μία λειτουργία που του επιτρέπει να αποθηκεύει και να χρησιμοποιεί τις γνώσεις που απέκτησε. Η ικανότητα ομιλίας τέλος -που στηρίζεται στη μνήμη - αποτελεί μια ανώτερη λειτουργία που χαρακτηρίζει αποκλειστικά τον άνθρωπο.

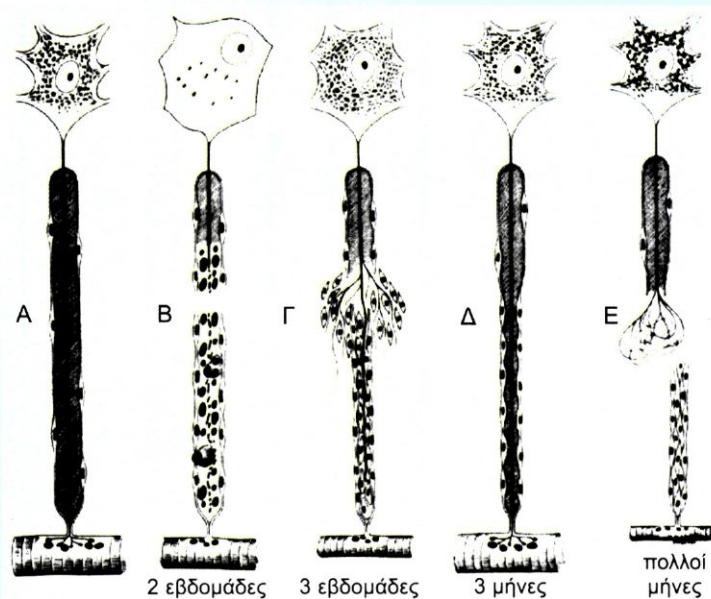
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς τροποποιούν τη συμπεριφορά η ανταμοιβή και η τιμωρία;
2. Αναζητείστε παραδείγματα *μη-συνειρμικής* μάθησης και *συντελεστικής* μάθησης στη δική σας συμπεριφορά.
3. **Χαρακτηρίστε με Σ (σωστό) ή με Λ (λάθος) τις παρακάτω προτάσεις:**
 - α. Η συμπεριφορά ενός ατόμου τροποποιείται συνεχώς ως αποτέλεσμα της έκθεσής του σε διάφορους ερεθισμούς από το περιβάλλον.
 - β. Τα γονίδια καθορίζουν τη συμπεριφορά του ατόμου.
 - γ. Η μνήμη βραχείας διάρκειας έχει πρόβλημα χωρητικότητας, ενώ η μακράς όχι.
 - δ. Ξέρουμε ότι στον εγκέφαλο υπάρχει μία περιοχή που αποτελεί το κέντρο της μνήμης.
 - ε. Καταστροφή της περιοχής του Broca σ'ένα άτομο κάνει το λόγο του να στερείται νοήματος.
4. **Συμπληρώστε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:**
 - α. Στην τελική διαμόρφωση της συμπεριφοράς του ατόμου αλληλεπιδρούν και
 - β. Για να ισχυριστούμε ότι κάποιες αλλαγές στη συμπεριφορά ενός ατόμου οφείλονται στη μάθηση, πρέπει οι αλλαγές αυτές να
 - γ. Για να απομνημονεύσουμε ένα τύπο στο μάθημα της φυσικής στηριζόμαστε κυρίως στη μνήμη διαρκείας.
 - δ. Με τη μνήμη γνώσεων θυμόμαστε, ενώ με τη μνήμη συνηθειών
 - ε. Η ικανότητα ομιλίας ελέγχεται κυρίως από το ημισφαίριο του εγκεφάλου.
 - στ. Η περιοχή του εγκεφάλου που ελέγχει τους μύες που σχετίζονται με την ομιλία είναι
5. Σε τι διαφέρουν η μνήμη γνώσεων και η μνήμη συνηθειών; Τι νομίζετε ότι υπάρχει στις δικές σας αποθήκες μνήμης γνώσεων και μνήμης συνηθειών;
6. Ποιές περιοχές του εγκεφάλου θα ελέγχατε σε μία περίπτωση διαταραχής του λόγου;



3. ΜΥΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

ΤΡΟΦΙΚΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΜΥΪΚΩΝ ΙΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΥΣ ΝΕΥΡΩΝΕΣ



Οι βλάβες ενός κινητικού νευρώνα έχει βαρείες συνέπειες για τις μυϊκές ίνες που νευρώνει.

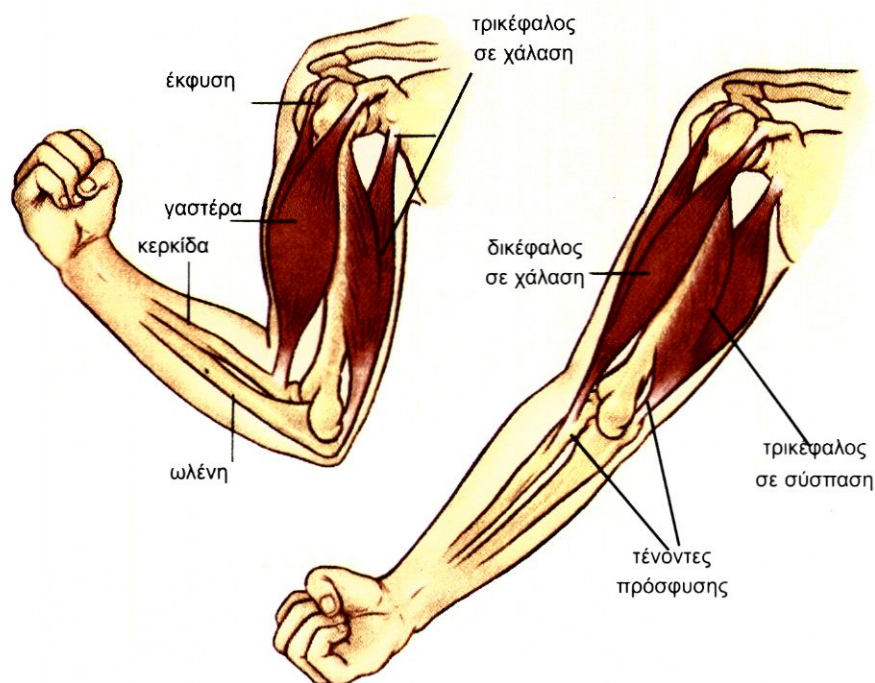
- A: Φυσιολογική νευρική και μυϊκή ίνα. Γύρω από το νευράξονα, τα κύτταρα Schwann σχηματίζουν το περικάρυο.
- B: Δύο εβδομάδες μετά τη βλάβη (διατομή) του νευράξονα. Παρατηρείστε τις αλλαγές στη νευρομυϊκή σύναψη (μείωση των σημείων επαφής με τη μυϊκή ίνα) και το νευράξονα (πολλαπλασιασμός των κυττάρων Schwann).
- Γ: Τρεις εβδομάδες μετά τη βλάβη, η μυϊκή ίνα έχει ατροφήσει σημαντικά.
- Δ: Αν, με τη βοήθεια των κυττάρων Schwann κάποια απόληξη της τραυματισμένης νευρικής ίνας βρει το δρόμο τη προς το μυ, η μυϊκή ίνα αρχίζει να ξαναδέχεται νευρικά ερεθίσματα και αποκτά το φυσιολογικό της μέγεθος.
- Ε: Αν η μυϊκή ίνα δεν επανανευρωθεί, ατροφεί και μετά από κάποιο διάστημα αντικαθίσταται από συνδετικό ιστό.

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η κίνηση στο ανθρώπινο σώμα εξασφαλίζεται από 700 περίπου μύες, οι οποίοι μπορούν να **συστέλλονται**. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται στα εξειδικευμένα κύτταρα των μυών, τα **μυϊκά κύτταρα**. Τα μυϊκά κύτταρα είναι μακρόστενα κι έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τη χημική ενέργεια που παράγουν, σε μηχανική ενέργεια.

Κατά τη συστολή ενός μυός συστέλλονται όλα σχεδόν τα κύτταρα που τον αποτελούν (άλλα λιγότερο κι άλλα περισσότερα). Η συντονισμένη συστολή ορισμένων μυών με την ταυτόχρονη χαλάρωση κάποιων άλλων, δίνουν τη δυνατότητα στον οργανισμό να διαθέτει ένα μεγάλο ρεπερτόριο λειτουργιών και συμπεριφορών. Η στήριξη του σώματος έναντι της βαρύτητας και η κίνηση επάνω στη γη, η μάσηση και η πέψη, αλλά ακόμη και η επικοινωνία (π.χ. με την παραγωγή

της φωνής από τους μύες της φώνησης, την έκφραση συναισθημάτων από τους μιμητικούς μύες του προσώπου ή τη χρήση του χεριού για την γραφή) είναι λειτουργίες που επιτελούνται με τη συστολή των μυών. Καθώς κάνουμε διάφορες καθημερινές κινήσεις δεν έχουμε στο μυαλό μας, ούτε το ποιοί μύες συστέλλονται, ούτε το πόσο θα συσταλούν ή πότε. Αρκεί όμως κι ένας ελαφρύς τραυματισμός σε κάποιον μυ και τότε "βιώνουμε" στην κυριολεξία το πλήθος των κινήσεων στις οποίες συμμετέχει.

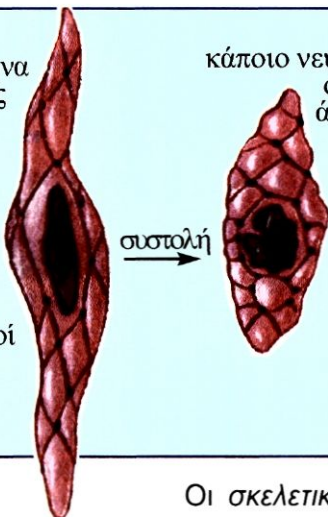


Εικ. 3.2.1:

Η συστολή του δικέφαλου κάμπει τον πήχη προς το σώμα. Ο δικέφαλος βραχιόνιος μυς εκφύεται (με δύο κεφαλές) από την ωμοπλάτη και καταφύεται στην κερκίδα του πήχη (στο οστό που κινεί). Όταν συστέλλεται, έλκει τον πήχη προς την ωμοπλάτη. Οι μύες δεν μπορούν να "σπρώξουν" ένα οστό. Έτσι, η αντίστροφη κίνηση γίνεται από τον τρικέφαλο, που καταφύεται στον πήχη από την αντίθετη πλευρά του δικέφαλου.

ΛΕΙΑ ΜΥΪΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Τα λεία μυϊκά κύτταρα είναι μονοπύρηνια κύτταρα με ατρακτοειδές σχήμα, μήκος 10-100 μm και πλάτος λίγων μm. Σε ορισμένους λείους μύες οι γειτονικές ίνες συνδέονται μεταξύ τους με ειδικές συνδέσεις (χασματικές σήραγγες) που επιτρέπουν την ηλεκτρική μετάδοση της διέγερσης από τη μία ίνα στην επόμενη. Τέτοιου είδους λείες ίνες συναντάμε π.χ. στο μυϊκό χιτώνα του εντέρου. Είναι χαρακτηριστικό ότι αυτοί οι λείοι μύες μπορούν να διεγείρονται αυθόρμητα χωρίς απαραίτητα να χρειάζονται



κάποιο νευρικό ερέθισμα. Σε άλλους λείους μύες οι ίνες είναι ανεξάρτητες ή μία από την άλλη και η συστολή τους εξαρτάται από τη νευρώση του αυτόνομου ΝΣ (π.χ. ιρίδα του ματιού). Στις λείες μυϊκές ίνες τα νημάτια ακτίνης και μυοσίνης είναι πολύ λίγα, σχετικά άτακτα διανεμημένα μέσα στην ίνα και δεν σχηματίζουν σαρκομέρια. Έτσι, η μυϊκή τάση που αναπτύσσεται είναι πολύ μικρή. Επίσης, δεν έχουν σαρκοπλασματικό δίκτυο και τα ιόντα Ca^{2+} εισέρχονται απευθείας από το εξωκυττάριο περιβάλλον.

3.2 ΤΥΠΟΙ ΜΥΪΚΟΥ ΙΣΤΟΥ

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες μυών:

- οι **σκελετικοί** ή γραμμωτοί **μύες**,
- οι **λείοι μύες** και γ) ο **καρδιακός μυς**.

Οι **λείοι μύες** σχηματίζουν χιτώνες που πλαισιώνουν κοιλότητες των σπλάχνων (π.χ. ο μυϊκός χιτώνας που περιβάλλει τα αγγεία -Εικ.1.5.2- τον εντερικό αυλό, τη μήτρα κλπ.). Όταν συστέλλονται, προκαλούν μείωση της διαμέτρου της κοιλότητας που περιβάλλουν. Η συστολή και διαστολή των λείων μυών ελέγχεται από το ΑΝΣ κι επομένως δεν υπόκειται άμεσα στη θέλησή μας.

Ο **καρδιακός μυς** υπάρχει μόνο στην καρδιά και τα κύτταρά του μοιάζουν με τα μυϊκά κύτταρα των σκελετικών μυών, ενώ στη λειτουργία του μοιάζει περισσότερο με τους λείους μύες.

Οι **σκελετικοί μύες** προσφύονται στα οστά και είναι αυτοί που, επειδή νευρώνονται απ' ευθείας από νευρώνες του ΚΝΣ, υπόκεινται στη βούλησή μας.

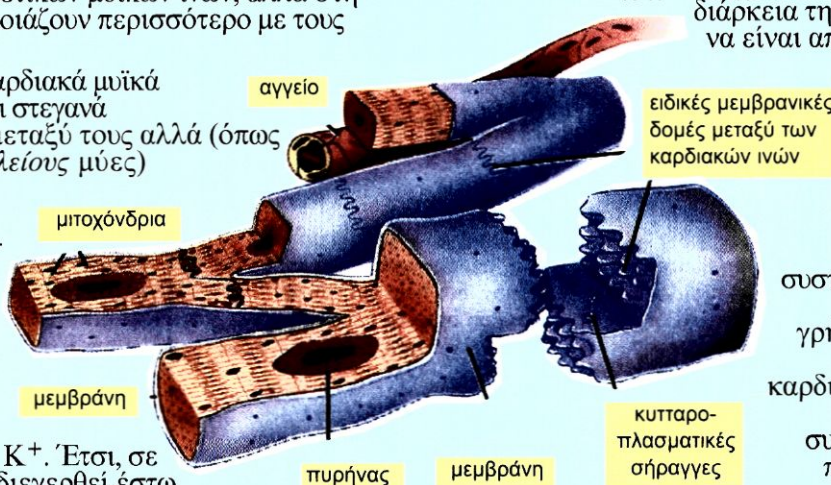
Πάντως, όλα τα είδη μυών έχουν κοινές ιδιότητες:

- Όλα τα μυϊκά κύτταρα (και στις τρεις κατηγορίες μυών) είναι επιμήκη. Γι αυτό άλλωστε έχουν ονομαστεί **μυϊκές ίνες**.
- Όλες οι μυϊκές ίνες μπορούν να συσταλούν και μετά να επανέλθουν στο αρχικό τους μήκος.
- Όλες οι μυϊκές ίνες διεγείρονται από ηλεκτρικά ή χημικά μηνύματα του νευρικού ή του ενδοκρινικού συστήματος.
- Ο μηχανισμός συστολής περιλαμβάνει τις ίδιες πρωτεΐνες σε όλα τα είδη μυϊκών ινών. Αυτές είναι οι πρωτεΐνες **ακτίνη** και **μυοσίνη**.

Ο ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΜΥΣ

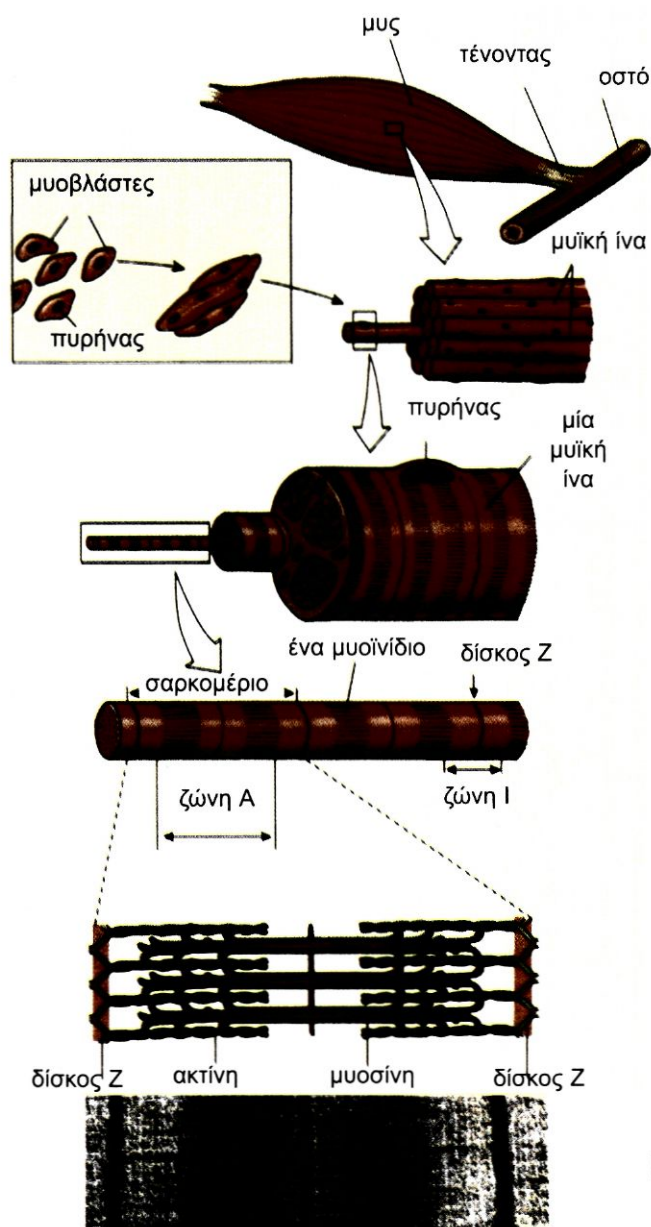
Ο καρδιακός μυς αποτελεί ειδική κατηγορία γραμμωτού μύος. Στο μικροσκόπιο οι καρδιακές μυϊκές ίνες έχουν γραμμώσεις παρόμοιες με εκείνες των σκελετικών μυϊκών ινών, αλλά στη λειτουργία τους μοιάζουν περισσότερο με τους λείους μύες:

- τα γειτονικά καρδιακά μυϊκά κύτταρα δεν είναι στεγανά διαχωρισμένα μεταξύ τους αλλά (όπως και σε πολλούς λείους μύες) επικοινωνούν μέσω ειδικών κυτταροπλασματικών σήραγγων. Οι σήραγγες αυτές έχουν μεγάλη διάμετρο κι επιτρέπουν τη διέλευση των ιόντων Na^+ και K^+ . Έτσι, σε περίπτωση που διεγερθεί έστω και μία καρδιακή μυϊκή ίνα, πολύ εύκολα μπορεί να μεταδοθεί η διέγερση αυτή στις γειτονικές της ίνες, από εκεί στις επόμενες κ.ο.κ., καθιστώντας τον καρδιακό μυ ένα "λειτουργικό συγκύτιο".



- β) χαρακτηρίζεται από αυτοματία. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι ο καρδιακός μυς μπορεί να διεγείρεται και να χαλαρώνει (κύκλος συστολής-χάλασης) "αυτόματα" για όλη τη διάρκεια της ζωής μας, χωρίς να είναι απαραίτητο κάποιο

νευρικό ερέθισμα. Έτσι, δεν μπορούμε να δώσουμε εντολή στον καρδιακό μυ να σταματήσει τις συστολές του, ούτε να συστέλλεται πιο γρήγορα ή πιο αργά. Παρ' όλα αυτά ο καρδιακός μυς δέχεται νευρώση από το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό σύστημα. Αυτή η νευρώση επηρεάζει μόνο τον ρυθμό του κύκλου συστολή-χάλαση και όχι αυτή καθ' αυτή την ικανότητα συστολής.



Εικ. 3.3.1:

Η οργάνωση ενός γραμμωτού μυός, από το μακροσκοπικό επίπεδο μέχρι το μικροσκοπικό επίπεδο. Κάθε μυϊκό κύτταρο (μυϊκή ίνα) αποτελείται από πολλά μυϊνίδια και κάθε μυοϊνίδιο από πολλά σαρκομέρια. Παρατηρώντας ένα σαρκομέριο στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (κάτω τμήμα) διακρίνονται τρεις ζώνες, το όνομα των οποίων (H, I, A) οφείλεται στο πόσο σκουρόχρωμη ή ανοιχτόχρωμη είναι η καθεμιά. Τα κύτταρα των γραμμωτών μυών προέρχονται από τη σύντηξη πολλών **μυοβλαστών** (η πρόδρομη μορφή των μυϊκών κυττάρων) σε ένα ενιαίο και μακρύ κύτταρο. Έτσι εξηγείται και ο μεγάλος αριθμός πυρήνων που βλέπουμε στις γραμμωτές μυϊκές ίνες. Οι λίγοι μυοβλάστες που παραμένουν στους ώριμους μύες, ενεργοποιούνται σε περίπτωση τραυματισμού και σχηματίζουν νέες μυϊκές ίνες.

3.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ

Πώς φαίνονται οι σκελετικοί μύες χωρίς μικροσκόπιο

Οι σκελετικοί μύες χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία στην μορφολογία τους. Υπάρχουν μύες που είναι κυκλικοί και προσφύονται σε άλλους μύες (π.χ. ο σφιγκτήρας του στόματος), άλλοι που είναι πλατείς (π.χ. ο μετωπιαίος, ο μείζων θωρακικός), ενώ υπάρχουν και άλλοι που προσφύονται μόνο στο ένα άκρο τους σε κάποιο οστό (π.χ. η γλώσσα). Οι περισσότεροι σκελετικοί μύες πάντως είναι **μακροί** με ατρακτοειδές σχήμα και προσφύονται σε δύο ή περισσότερα οστά (Εικ. 3.2.1). Στους σκελετικούς μύς διακρίνονται δύο μέρη: η **γαστέρα**, το συσταλτό τμήμα του μυός και ένας ή περισσότεροι **τένοντες**, που προσφύουν το μυ σε συνήθως δύο (ή περισσότερα οστά). Όπως φαίνεται στην Εικ. 3.3.1 οι σκελετικοί μύες αποτελούνται από δεσμίδες μυϊκών ινών. Το πάχος μιας μυϊκής ίνας κυμαίνεται από 10-100μm και το μήκος τους μπορεί να ξεπερνά τα 20cm σε ορισμένους μακρούς μύες. Ο αριθμός των μυϊκών ινών μπορεί να ποικίλλει πάρα πολύ στους διάφορους μύες. Υπάρχουν μικροί μύες με μερικές εκατοντάδες μόνο μυϊκές ίνες (π.χ. μερικοί μικροί μύες των δακτύλων) και μεγάλοι μύες με δεκάδες χιλιάδες ίνες (π.χ. οι μύες του μηρού).

3.3.1 Μορφολογία και δομή μυϊκών ινών

Πώς φαίνονται οι μύες σκελετικές μυϊκές ίνες στο μικροσκόπιο

Οι σκελετικοί μύες λέγονται και γραμμωτοί, επειδή στο μικροσκόπιο οι μυϊκές τους ίνες εμφανίζουν εγκάρσιες σκοτεινές και φωτεινές ζώνες που επαναλαμβάνονται σε όλο το μήκος τους (Εικ. 3.3.1 και Εικ. 1.4.1). Εκτός από την εντυπωσιακή γράμμωση, οι σκελετικές έχουν πολλούς πυρήνες (μέχρι και 1000), πολλά μιτοχόνδρια και πολλά κοκκία γλυκογόνου, ενώ αντίθετα δεν έχουν πολλά ριβοσώματα, αφού δεν έχουν έντονη πρωτεϊνσύνθεση.

Η δομή των μυϊκών ινών εμφανίζει πολλές ιδιαιτερότητες και γι αυτό πολλά από τα οργανίδια ή τα άλλα στοιχεία τους έχουν ιδιαίτερο όνομα. Για παράδειγμα το κυτταρόπλασμα λέγεται **σαρκόπλασμα**.

Κάθε μυϊκή ίνα αποτελείται από μερικές εκατοντάδες **μυοϊνίδια** (Εικ.3.3.1), τα οποία είναι παράλληλα διατεταγμένα και στην ίδια κατεύθυνση με τον επιμήκη άξονα της μυϊκής ίνας. Τα μυοϊνίδια αποτελούνται ουσιαστικά από έναν σχηματισμό, το **σαρκομέριο** (Εικ. 3.3.1, 3.3.2), που επαναλαμβάνεται χιλιάδες φορές κατά μήκος του μυοϊνιδίου. Τα σαρκομέρια συνιστούν τη "στοιχειώδη μονάδα" συστολής των μυοϊνιδίων και κατ' επέκταση της μυϊκής ίνας και του μυός.

3.3.2 Η δομή των σαρκομερίων

Κάθε σαρκομέριο ορίζεται από δύο επίπεδες πρωτεϊνικές μεμβράνες που λέγονται **δίσκοι Z** (Εικ. 3.3.2). Επάνω στους δίσκους Z είναι προσδεσμένα σε εξαγωνική διάταξη πολλά λεπτά **νημάτια ακτίνης**. Ανάμεσα σ' αυτή την εξαγωνική "θήκη" των νημάτων ακτίνης υπάρχουν τα παχιά **νημάτια μυοσίνης** (Εικ.3.3.2). Τα νημάτια μυοσίνης αποτελούνται από πολλά μόρια μυοσίνης, καθένα από τα οποία έχει μια κεφαλή που προεξέχει προς την πλευρά των νημάτων ακτίνης και η οποία (όπως θα δούμε στη συνέχεια) μπορεί να κάμπτεται. Η σχέση των νημάτων μυοσίνης ως προς τα νημάτια ακτίνης καθορίζει τη μυϊκή συστολή.

Όταν δεν συστέλλεται μια μυϊκή ίνα, οι κεφαλές της μυοσίνης παραμένουν ανεξάρτητες από τα μόρια της ακτίνης. Έτσι, τα νημάτια της ακτίνης μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα από τα νημάτια μυοσίνης και οι δίσκοι Z των σαρκομερίων να απομακρύνονται (μέχρι ενός ορίου) ο ένας από τον άλλον. Αυτή η ανεξαρτησία των νημάτων ακτίνης και μυοσίνης δίνει στους μύες την **ελαστικότητα**, σε ό,τι αφορά το μήκος τους.

3.3.3 Το σαρκοπλασματικό δίκτυο

Αν και οι μυϊκές ίνες είναι επιμήκεις, η κυτταρική μεμβράνη σχηματίζει εγκάρσιες αύλακες, οι οποίες διεισδύουν στο εσωτερικό του κυττάρου, κάθετα ως προς τον επιμήκη άξονά του (Εικ.3.3.4). Οι αύλακες αυτές συνιστούν το **σύστημα των εγκάρσιων σωληναρίων T**, περιέχουν απλώς εξωκυττάριο υγρό και διαπερνούν εγκάρσια μια μυϊκή ίνα, όσο μεγάλο ή μικρό κι αν είναι το πλάτος της.

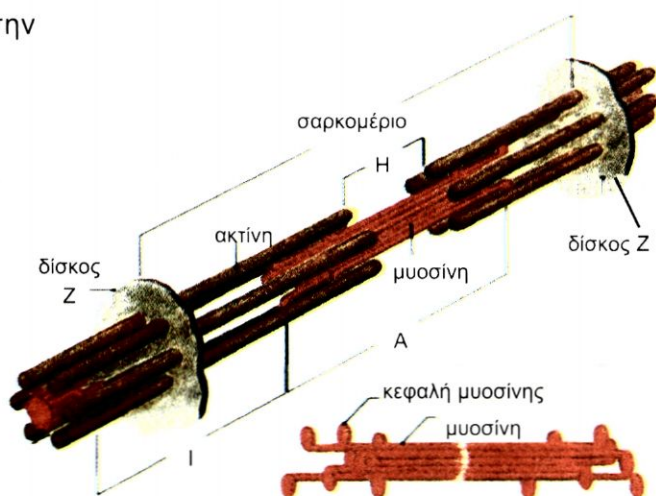
Στη διαδρομή τους τα εγκάρσια σωληνάρια

Η ακτίνη είναι μια πολύ συνηθισμένη πρωτεΐνη και αποτελεί συστατικό του κυτταροσκελετού πολλών κατηγοριών κυττάρων, ενώ στην περίπτωση των μυϊκών κυττάρων συμμετέχει άμεσα και στη διαδικασία της μυϊκής συστολής.

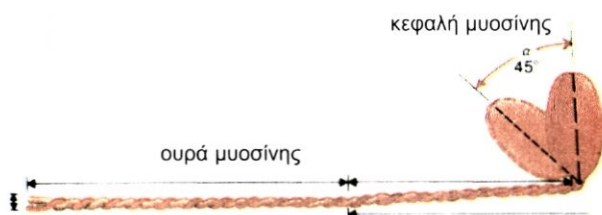
Αν απομονώσουμε νημάτια ακτίνης και μυοσίνης από ένα μυϊκό κύτταρο και τα τοποθετήσουμε στον ίδιο δοκιμαστικό σωλήνα, τότε οι κεφαλές της μυοσίνης σχηματίζουν αυθόρμητα δεσμούς με τα μόρια της ακτίνης. Για να γίνει αυτή η δέσμευση είναι απαραίτητο να υπάρχουν και ιόντα Ca^{2+} .

Η κυτταροπλασματική μεμβράνη στις μυϊκές ίνες περιλαμβάνει, εκτός της συνηθούς λιπιδικής διπλοστιβάδας, και μια επιπρόσθετη μεμβράνη (βασική μεμβράνη) στην εξωκυτταρική πλευρά, που είναι πλούσια σε ίνες κολλαγόνου. Στα άκρα των μυϊκών ινών αυτές οι ίνες κολλαγόνου πλέκονται μεταξύ τους και με το κολλαγόνο των τενόντων δημιουργώντας μια σταθερή συνέχεια μεταξύ των μυϊκών ινών και των ινών του τένοντα (βλέπε και Εικ. 3.3.1).

Οι γραμμώσεις των σκελετικών μυϊκών ινών είχαν παρατηρηθεί ήδη από την εποχή του Leeuwenhoek, του εφευρέτη το μικροσκοπίου. Μπορείτε να τις διαπιστώσετε κι εσείς αν παρατηρήσετε σε ένα απλό μικροσκόπιο -χωρίς καμιά άλλη ιστολογική προετοιμασία- μια πάρα πολύ λεπτή ίνα νωπού κρέατος.



Εικ. 3.3.2:
Η δομή του σαρκομερίου.



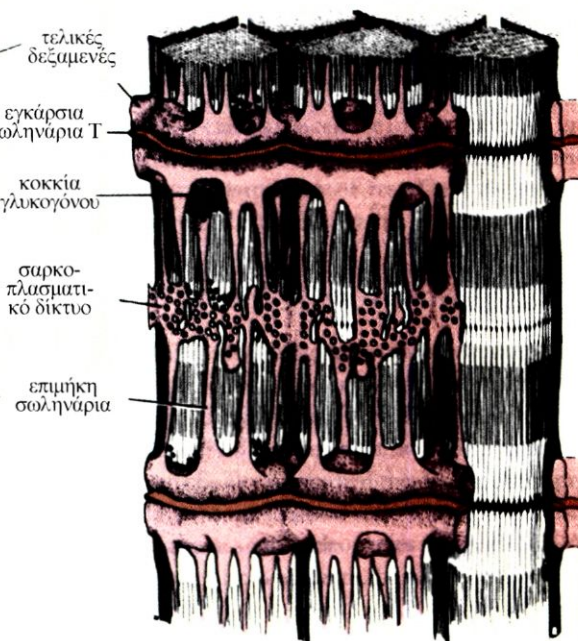
Εικ. 3.3.3:
Το μόριο της μυοσίνης

άπτονται του ενδοπλασματικού δικτύου, που στις μυϊκές ίνες λέγεται **σαρκοπλασματικό δίκτυο** και έχει δύο διαμερίσματα: τις **τελικές δεξαμενές** και τα **επιμήκη σωληνάκια**. Τα επιμήκη σωληνάκια και οι τελικές δεξαμενές λειτουργούν ως αποθήκες Ca^{2+} . Επάνω στη μεμβράνη τους υπάρχουν ειδικές πρωτεΐνες, οι **αντλίες Ca^{2+}** , οι οποίες με **κατανάλωση ATP** αντλούν τα ελεύθερα ιόντα Ca^{2+} από το σαρκόπλασμα μέσα στα επιμήκη σωληνάκια (Εικ. 3.3.4).

3.4 Η ΜΥΪΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ

Η στενή λειτουργική σύνδεση νευρικών και μυϊκών κυττάρων καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη φυσιολογία των τελευταίων. Απ' όλες τις κατηγορίες κυττάρων, μόνο τα μυϊκά και τα νευρικά έχουν την ιδιότητα να αντιστρέφουν το δυναμικό της μεμβράνης τους και να εμφανίζουν δυναμικά ενέργειας (ΔΕ). Στις μυϊκές ίνες, η δημιουργία ενός ΔΕ προκαλείται, υπό φυσιολογικές συνθήκες, μόνο από τους

Εικ. 3.3.4:
Ο εξοπλισμός των σαρκομερίων με το σύστημα των εγκάρσιων σωληναρίων T, το σαρκοπλασματικό δίκτυο και τις τελικές δεξαμενές. Δεξιά σχηματική αναπαράσταση και αριστερά φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.



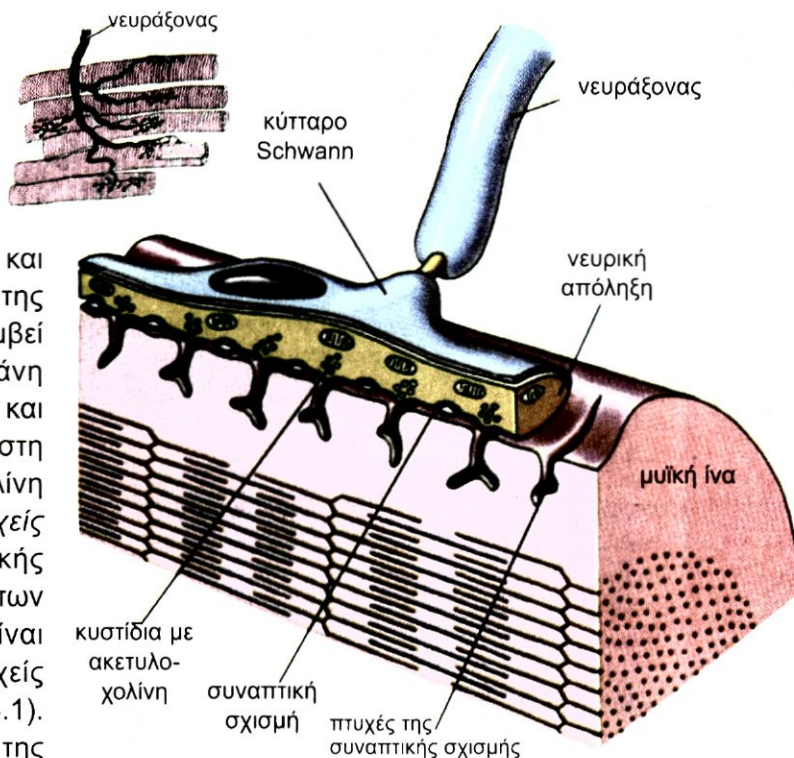
κινητικούς νευρώνες και επιπλέον, είναι **απαραίτητη προϋπόθεση** για να ξεκινήσει η διαδικασία συστολής. Η περιοχή όπου γίνεται η μετάδοση της διέγερσης από τις νευρικές στις μυϊκές ίνες λέγεται **νευρομυϊκή σύναψη** και έχει μια ιδιαίτερη μορφή που λέγεται **τελική κινητική πλάκα** (Εικ. 3.4.1)

3.4.1 Διέγερση και συστολή στις σκελετικές μυϊκές ίνες

Η ακολουθία των γεγονότων μέχρι τη διέγερση της μεμβράνης των μυϊκών ινών

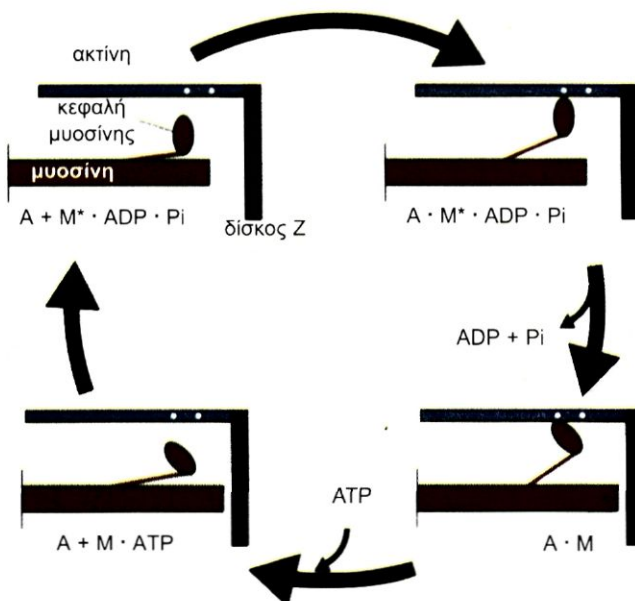
Ένα ΔΕ που δημιουργείται στο σώμα ενός κινητικού νευρώνα, άγεται κατά μήκος του νευράξονα και φθάνει στο προσυναπτικό άκρο της τελικής κινητικής πλάκας. Όταν συμβεί αυτό, η προσυναπτική μεμβράνη γίνεται διαπερατή για τα ιόντα Ca^{2+} και απελευθερώνεται **ακετυλοχολίνη** στη συναπτική σχισμή. Η ακετυλοχολίνη δεσμεύεται στους υποδοχείς ακετυλοχολίνης της μετασυναπτικής μεμβράνης προκαλώντας άνοιγμα των μεμβρανικών πόρων που είναι συνδεδεμένοι με τους υποδοχείς ακετυλοχολίνης (Εικ. 2.19, Εικ. 3.4.1). Έτσι, εισέρχεται Na^+ στο εσωτερικό της μυϊκής ίνας προκαλώντας εκπόλωση της μεμβράνης στην περιοχή της τελικής κινητικής πλάκας. Αυτή η εκπόλωση οδηγεί στη δημιουργία ενός ΔΕ που μεταδίδεται κατά μήκος από την περιοχή της τελικής κινητικής πλάκας προς τα άκρα της μυϊκής ίνας (προσέξτε ότι η περιοχή της νευρομυϊκής σύναψης είναι στο μέσο περίπου της γαστέρας). Όμως οι μυϊκές ίνες, εκτός από επιμήκεις, έχουν και σημαντικό πάχος. Η εξάπλωσή του ΔΕ σε όλο το βάθος της μυϊκής ίνας γίνεται με το σύστημα των εγκάρσιων σωληναρίων Τ. Χάρη σ' αυτά, το ΔΕ εξαπλώνεται σε όλο το βάθος της μυϊκής ίνας και σε όλα τα μυοϊνίδια, όσο μακριά κι αν είναι από την επιφάνειά της.

Καθώς το ΔΕ διαπερνά τα σωληνάρια Τ, επηρεάζονται οι μεμβράνες των τελικών δεξαμενών και των επιμηκών σωληναρίων. Επάνω στις μεμβράνες αυτές υπάρχουν ειδικοί πόροι Ca^{2+} οι οποίοι παραμένουν κλειστοί, όσο είναι σε ηρεμία η μυϊκή μεμβράνη. Όταν όμως οι μεμβράνες των τελικών δεξαμενών και των επιμηκών σωληναρίων διεγερθούν, οι πόροι Ca^{2+} ανοίγουν κι επιτρέπουν στο "εγκλωβισμένο" Ca^{2+} να διαχυθεί στο σαρκόπλασμα.



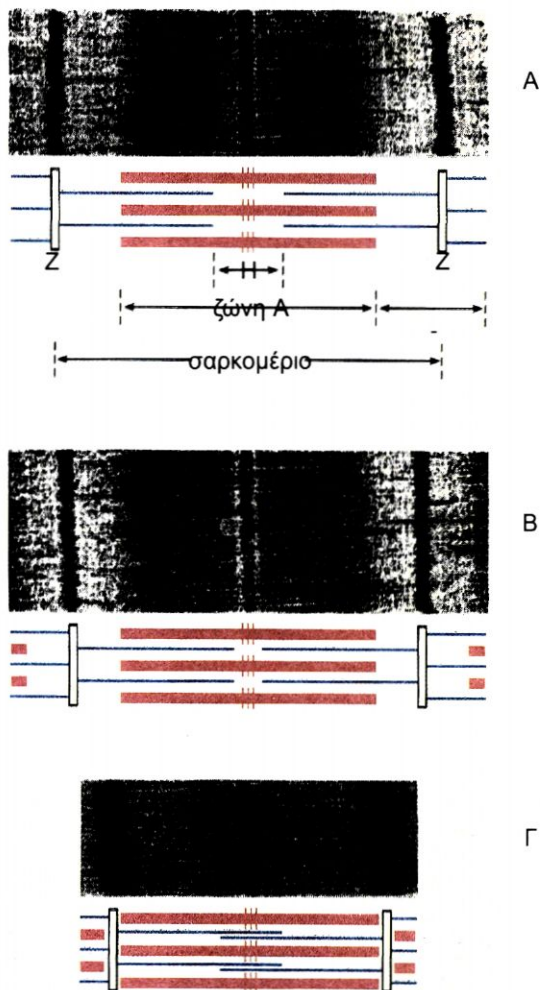
Εικ. 3.4.1:

Η νευρομυϊκή σύναψη. Η ακετυλοχολίνη που απελευθερώνεται από τη νευρική απόληξη δεν μένει παρά ελάχιστο χρονικό διάστημα στη συναπτική σχισμή (επειδή υπάρχουν ειδικά ένζυμα που τη διασπούν). Χάρη στην πολύ σύντομη δράση της, η νευρομυϊκή σύναψη (και κατ' επέκταση η μυϊκή ίνα και ο μυς) είναι σε θέση να δεχθούν γρήγορα ένα νέο ΔΕ.



Εικ. 3.4.2:

Η "ολίσθηση" των νηματίων ακτίνης, ως προς τα νηματία μυοσίνης.



Εικ. 3.4.3:

Σαρκομέριο σε ηρεμία (α), σαρκομέριο την ώρα που συστέλλεται (β) και (γ) σαρκομέριο σε συστολή. Συγκρίνετε την απόσταση ανάμεσα στους δίσκους Z στα Α, Β και Γ.

Πού χρειάζεται το ATP στη μυϊκή συστολή.

Η ακολουθία αυτή περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Στην κεφαλή της μυοσίνης υπάρχει εγκλωβισμένο (ήδη πριν αρχίσει η συστολή) ένα μόριο ATP. Μόλις η κεφαλή της μυοσίνης προσδεθεί στην ακτίνη, η ίδια η κεφαλή της μυοσίνης υδρολύει το ATP σε ADP και Pi.
- Τα ADP και Pi απελευθερώνονται από την κεφαλή. Η απομάκρυνσή τους αλλάζει τη δομή της μυοσίνης εξαναγκάζοντας την κεφαλή να καμφθεί προς το “λαιμό” της μυοσίνης. Επειδή όμως η κεφαλή συνεχίζει να είναι προσδεδεμένη με την ακτίνη, καθώς κάμπτεται, συμπαρασύρει μαζί της και ολόκληρο τον στίχο της ακτίνης.
- Τα ADP και Pi απομακρύνονται. Τώρα η θέση δέσμευσης του ATP στην κεφαλή είναι ελεύθερη. Αν υπάρχει στο σαρκομερίδιο κάποιο διαθέσιμο μόριο ATP, αυτό συνδέεται με την κεφαλή.
- Η σύνδεση του ATP επάνω στην κεφαλή απελευθερώνει την κεφαλή της μυοσίνης από την ακτίνη. Η κεφαλή επανέρχεται στην αρχική της θέση.

3.4.2 Τα ιόντα Ca^{2+} είναι απαραίτητα για να προσδεθεί η μυοσίνη στην ακτίνη

Σε συνθήκες ηρεμίας, όταν δεν υπάρχουν αρκετά ιόντα Ca^{2+} στα σαρκομερίδια, οι κεφαλές της μυοσίνης παραμένουν ανεξάρτητες από την ακτίνη. Όταν όμως με την έλευση του ΔΕ απελευθερωθεί το Ca^{2+} , η μυοσίνη δημιουργεί αυθόρμητα δεσμούς με την ακτίνη. Η πρόσδεση των κεφαλών μυοσίνης στο νημάτιο της ακτίνης διαρκεί για όσο χρόνο υπάρχει Ca^{2+} στα σαρκομέρια και οδηγεί σε “ολίσθηση” των νηματίων μυοσίνης ως προς τα νημάτια ακτίνης (Εικ. 3.4.3).

3.4.3 Η διολίσθηση των ινιδίων ακτίνης και μυοσίνης και το μήκος των σαρκομερίων

Η πρόσδεση της κεφαλής της μυοσίνης επάνω στο νημάτιο ακτίνης γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μετατοπίζει το στίχο της ακτίνης κατά ένα πολύ μικρό διάστημα. Στη συνέχεια η μυοσίνη απελευθερώνεται από την ακτίνη. Αυτό το βήμα απαιτεί την *κατανάλωση ATP*. Εφόσον υπάρχει αρκετό Ca^{2+} μέσα στο σαρκόπλασμα, η κεφαλή της μυοσίνης μπορεί να προσδεθεί σε μια νέα θέση της ακτίνης, μετά σε μια επόμενη κ.ο.κ. Κάθε φορά η μετατόπιση του νηματίου ακτίνης ως προς τη μυοσίνη είναι πολύ μικρή. Αν σκεφτούμε όμως ότι υπάρχουν χιλιάδες κεφαλές μυοσίνης σε κάθε σαρκομέριο, τότε γίνεται κατανοητό ότι η έλξη των στίχων της ακτίνης προς το κέντρο του σαρκομερίου θα είναι σημαντική. Κι αφού τα νημάτια ακτίνης είναι σταθερά συνδεδεμένα στους δίσκους Z, η “διολίσθηση” αυτή συμπαρασύρει τους δίσκους Z προς το κέντρο του σαρκομερίου. Αυτή η διαδικασία γίνεται *ταυτόχρονα* (γιατί;) σε όλα τα χιλιάδες σαρκομέρια μιας μυϊκής ίνας. Έτσι, βλέπουμε ότι η μείωση του μήκους μιας μυϊκής ίνας επιτελείται σε αμέτρητα μικρά βήματα.

Οι ρυθμιστικοί παράγοντες για να συνεχιστεί η συστολή είναι τα ιόντα Ca^{2+} και το ATP. Εφόσον σταματήσει η νευρική διέγερση της μυϊκής μεμβράνης, τα ιόντα Ca^{2+} απομακρύνονται από το σαρκόπλασμα (Εικ. 3.3.4) και αποθηκεύονται στις δεξαμενές. Σε μια τέτοια περίπτωση, τερματίζεται η πρόσδεση της μυοσίνης επάνω στα νημάτια ακτίνης και τα σαρκομέρια (και κατ' επέκταση οι μυϊκές ίνες), αποκτούν το αρχικό τους μήκος.

3.5 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΥΪΚΟΥ ΚΑΙ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Συνεργασία των μυών στις κινήσεις

Οι κινήσεις των μελών του σώματος απαιτούν τη συνεργασία πολλών μυών και πολλών μυϊκών ομάδων. Ακόμη και στην απλή κάμψη του πήχη (Εικ. 3.2.1) δεν αρκεί μόνο να συσταλεί ο δικέφαλος βραχιόνιος, αλλά πρέπει ταυτόχρονα και να μην συσταλεί ο τρικέφαλος βραχιόνιος. Αντίστροφα, στην έκταση του πήχη συστέλλεται ο τρικέφαλος και δεν συστέλλεται ο δικέφαλος. Όταν δύο μύες επιφέρουν αντίθετη κίνηση στο οστό που καταφύονται, τότε ονομάζονται **ανταγωνιστές**. Παρόμοια ζεύγη ανταγωνιστών υπάρχουν στις περισσότερες αρθρώσεις.

Τα ζεύγη των ανταγωνιστών μυών έχουν μεγάλη σημασία στον έλεγχο των κινήσεων αλλά και της ίδιας της στήριξης. Στην κατακόρυφη στήριξη π.χ. χρειάζεται να διατηρείται σχετικά σταθερή η θέση του κορμού. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να συστέλλονται (σε μικρό βαθμό) τόσο οι κοιλιακοί, όσο και οι ραχιαίοι μύες. Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ότι οι κινήσεις των μυών δεν πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα, αλλά σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους μύες που “συνεργάζονται” στην εκτέλεση κάθε ξεχωριστής κίνησης.

Γίνεται επίσης φανερό, ότι για τον επιτυχή συντονισμό των 700 περίπου μυών του σώματος στις διάφορες κινήσεις του, θα πρέπει να υπάρχει ένας ρυθμιστικός μηχανισμός που να συντονίζει όλον αυτό τον αριθμό μυών. Ο μηχανισμός αυτός θα πρέπει να ρυθμίζει για παράδειγμα, το χρόνο έναρξης της συστολής του κάθε μυός (ανταγωνιστή ή μη), την ένταση και την ταχύτητα συστολής, καθώς και το χρόνο που θα σταματά η “επιστράτευση” ενός μυός. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνει το νευρικό. Ο ρόλος του νευρικού όμως δεν είναι μόνο να “μοιράζει τη δουλειά στους μύες”. Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 2, στο νευρικό σύστημα (στο πρόσθιο τμήμα του εγκεφάλου) γίνεται η *προετοιμασία* για την εκτέλεση μιας κίνησης. Επιπλέον, το νευρικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να *τροποποιεί* την εκάστοτε κίνηση (ακόμη και κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής της), αναλόγως με τις αισθητικές πληροφορίες που διαρκώς λαμβάνει από το περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει επειδή στους κινητικούς νευρώνες *καταλήγουν* ερεθίσματα (δηλ. νευρικές ώσεις) από πάρα πολλές πηγές.



Εικ. 3.5.1:

Χρειάζονται πληροφορίες από πολλά όργανα για να είναι επιτυχής η σύνθετη κινητική συμπεριφορά που γνωρίζουμε από την καθημερινή μας ζωή.

Μια από τις εμφανέστερες εκδηλώσεις στα άτομα που πάσχουν από τη νόσο του Parkinson είναι ο μυϊκός τρόμος των άκρων, παρά το γεγονός ότι στα άτομα με τη νόσο δεν υπάρχει καμία βλάβη στους μύες. Η βλάβη εντοπίζεται σε μια περιοχή του εγκεφάλου που συμμετέχει στον έλεγχο των κινήσεων.

Αισθητικά ερεθίσματα από τις αισθητικές ίνες της αφής, των αρθρώσεων κλπ. αλλά και νευρικές ώσεις από άλλες περιοχές του ΚΝΣ (π.χ. αιθουσαία συσκευή) που φθάνουν στους κινητικούς νευρώνες, εκδηλώνονται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό στην μυϊκή λειτουργία.

Για παράδειγμα, για να οδηγήσουμε ένα ποδήλατο, χρειαζόμαστε τις αισθητικές πληροφορίες από την όραση, τα όργανα ισορροπίας, τις αρθρώσεις, τους μύες, τους τένοντες, την ακοή (ώστε να αντιλαμβανόμαστε οχήματα που δεν βρίσκονται στο οπτικό μας πεδίο) κλπ.

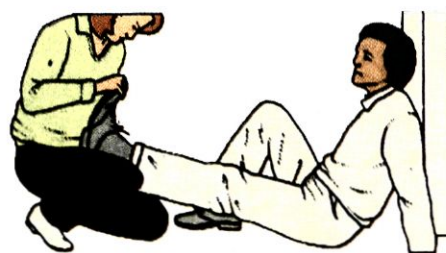
Βλέπουμε λοιπόν ότι υπάρχει μια σαφής ιεραρχία στη συνεργασία νευρικού και μυϊκού συστήματος, όπου το ρόλο της διεύθυνσης έχει το νευρικό, ενώ το μυϊκό είναι το εκτελεστικό όργανο. Γι αυτό άλλωστε βλέπουμε πολλές φορές η κύρια εκδήλωση μιας νόσου του ΚΝΣ, να εμφανίζεται εντονότερα στις μυϊκές κινήσεις, χωρίς ωστόσο να υπάρχει κάποιο πρόβλημα στους μύες αυτούς καθαυτούς (βλέπε διπλανό ένθετο).

3.6 ΚΑΜΑΤΟΣ – ΚΡΑΜΠΕΣ - ΘΛΑΣΕΙΣ

Για να συσταλεί ο μυς απαιτείται ενέργεια (ATP) και η ενέργεια αυτή παρέχεται κυρίως από τη διάσπαση της γλυκόζης η οποία μεταφέρεται στους μύες με το αίμα. Κάτω από έντονη μυϊκή δραστηριότητα το οξυγόνο που μεταφέρεται με το αίμα δεν επαρκεί για την πλήρη αερόβια διάσπαση της γλυκόζης κι έτσι ένα μέρος της γλυκόζης διασπάται αναερόβια. Κατά την αναερόβια διάσπαση της γλυκόζης παράγεται γαλακτικό οξύ το οποίο προκαλεί μείωση του pH στο εσωτερικό των μυϊκών ινών με αποτέλεσμα να αναστέλλει τη λειτουργία διαφόρων ενζυμικών συστημάτων. Το τελικό αποτέλεσμα είναι να μην παράγονται επαρκείς ποσότητες ATP για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες της συστολής. Στη κατάσταση αυτή, που χαρακτηρίζεται ως **μυϊκός κάματος**, σταματάει κάθε συστολή του μυ. **Ο μυϊκός κάματος είναι η φυσιολογική κατάσταση κατά την οποία ο μυς είναι ανίκανος να συσταλεί ακόμη και αν δέχεται ερεθίσματα.** Πρέπει να διακρίνουμε τον μυϊκό κάματο από τον ψυχολογικό κάματο, κατάσταση κατά την οποία με τη θέληση μας τερματίζουμε την άσκηση των μυών, όταν αισθανθούμε κόπωση.

Μερικές φορές εμφανίζονται τοπικά (δηλ. σε έναν ή λίγους μύες και συνήθως στους μύες της γαστροκνημίας και στα πέλματα) έντονοι και επώδυνοι σπασμοί που είναι γνωστοί με το όνομα **κράμπες**. Οι σπασμοί οφείλονται στην αντανakλαστική υπερδιέγερση των αντίστοιχων κινητικών νευρώνων και εμφανίζονται μετά από έντονη ψύξη, έντονη καταπόνηση ή διακοπή της αιμάτωσης σ' έναν μυ. Σε γενικές γραμμές, αυτό που συμβαίνει στις κράμπες είναι το εξής. Η μηχανική καταπόνηση (ή η χημική διέγερση από κάποια ουσία που απελευθερώνεται τοπικά στο μυ) διεγείρει ορισμένες από τις αισθητήριες απολήξεις που υπάρχουν στο μυ (και ανάμεσά τους και αρκετές αισθητήριες ίνες του πόνου). Η έντονη διέγερση αυτών των αισθητήριων απολήξεων οδηγεί στην πρόκληση πολλών ΔΕ, τα οποία καθώς άγονται με τους αισθητήριους άξονες στον νωτιαίο μυελό, διεγείρουν υπέρμετρα τους κινητικούς νευρώνες του συγκεκριμένου μυός. Με τη σειρά τους, οι διεγερμένοι κινητικοί νευρώνες "οδηγούν" το μυ σε συστολή, γεγονός όμως που επιτείνει το πρόβλημα, αφού η περαιτέρω συστολή διεγείρει ακόμη πιο πολύ τις αισθητικές απολήξεις, οι οποίες με τη σειρά τους στέλνουν ακόμη πιο πολλά ΔΕ στο νωτιαίο μυελό και τους κινητικούς νευρώνες κ.ο.κ. Δηλαδή, από έναν τοπικό ερεθισμό, προκύπτει ένας φαύλος κύκλος διεγέρσεων που αυξάνεται διαρκώς και οδηγεί στην εμφάνιση του σπασμού. Οι κράμπες δεν διαρκούν περισσότερο από λίγα λεπτά και σπάνια οφείλονται σε παθολογικούς λόγους (Εικ.3.6.1).

Η **θλάση** είναι μια συνηθισμένη κάκωση των μυών και προκαλείται από την **πολύ έντονη** μυϊκή προσπάθεια με αποτέλεσμα οι μύες να υφίστανται υπερβολική τάση που οδηγεί σε τραυματισμό. Πλήττει δε περισσότερο τα αγύμναστα άτομα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν τις παθαίνουν και επαγγελματίες αθλητές. Στη θλάση, τραυματίζονται είτε τα συσταλτά μέρη των μυών (δηλ. οι μυϊκές ίνες), είτε τα ελαστικά μέρη (δηλ. οι τένοντες). Οι θλάσεις δεν είναι παροδικές, όπως οι κράμπες, και χρειάζονται θεραπεία και ανάπαυση.



Εικ. 3.6.1:

Μια από τις πιο συνηθισμένες κράμπες είναι η κράμπα του γαστροκνήμιου. Για να την αντιμετωπίσετε, τεντώστε το γόνατο και γυρίστε το πόδι του πάσχοντα προς τα επάνω, με κατεύθυνση προς το κεφάλι του. Μετά, κάντε ελαφρά εντριβή των μυών που πάσχουν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μύες διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τους **σκελετικούς μύες**, τους **λείους μύες** και τον **καρδιακό μυ**. Οι μύες αποτελούνται από επιμήκεις μυϊκές ίνες, που μπορούν να μεταβάλλουν το μήκος τους.

Οι **σκελετικοί μύες** προσφύονται με τους **τένοντες** στα οστά. Έχουν μεγάλη ποικιλία μορφών και αποτελούνται από δεσμίδες μυϊκών ινών. Μια **μυϊκή ίνα** έχει μήκος αρκετών εκατοστών και αποτελείται από πολλά **μυοϊνίδια**. Κατά μήκος κάθε μυοϊνιδίου υπάρχουν πολλές χιλιάδες **σαρκομέρια**, τα οποία αποτελούνται από λεπτά **νημάτια ακτίνης** παράλληλα διατεταγμένα με παχειά **νημάτια μυοσίνης**.

Οι σκελετικοί μύες νευρώνονται από τους κινητικούς νευρώνες του ΚΝΣ και υπακούουν στη βούλησή μας. Το σημείο επαφής του νευρώνα με την μυϊκή ίνα λέγεται νευρομυϊκή σύναψη και ο απελευθερούμενος νευροδιαβιβαστής είναι η **ακετυλοχολίνη**. Η απελευθέρωσή της ακετυλοχολίνης από την έλευση μιας νευρικής ώσης οδηγεί στην ταχύτατη ηλεκτρική διέγερση της μεμβράνης των μυϊκών ινών. Τα **εγκάρσια σωληνάρια Τ** επιτρέπουν τη γρήγορη εξάπλωση της ηλεκτρικής διέγερσης σ' όλο το βάθος της μυϊκής ίνας και την είσοδο **Ca²⁺** μέσα στα σαρκομέρια. Το **Ca²⁺** είναι απαραίτητο για τη διολίσθηση των νηματίων ακτίνης ως προς τα νημάτια μυοσίνης, οδηγώντας σε **συστολή των σαρκομερίων** και κατ' επέκταση των μυών.

Οποιοδήποτε ερέθισμα (αισθητικό ή από ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου) επηρεάζει τη λειτουργία των κινητικών νευρώνων, επηρεάζει και τη λειτουργία των σκελετικών μυών.

Για να κινηθεί ένα μέλος του σώματος, συμμετέχει μεγάλος αριθμός μυών. Ο **συντονισμός** της συστολής ή χαλάρωσης όλων αυτών των μυών επιτελείται στο ΚΝΣ και επηρεάζεται καθοριστικά από τα αισθητικά ερεθίσματα.

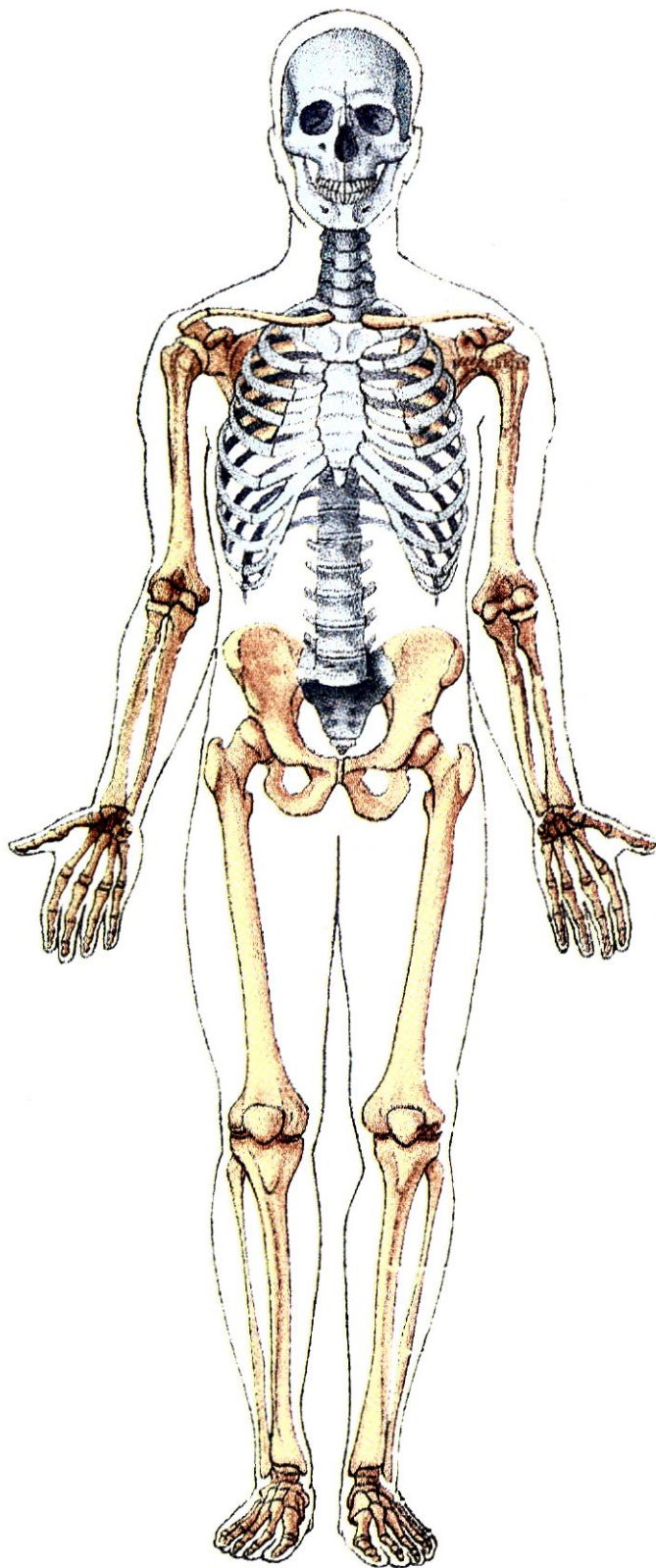
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε την ακολουθία των γεγονότων που συμβαίνουν, από τη στιγμή που το ΔΕ ενός κινητικού νευρώνα φτάνει στην νευρομυϊκή σύναψη, μέχρι τη στιγμή που θα δημιουργηθεί το σύμπλοκο ακτίνης-μυοσίνης.
2. Πώς μειώνεται η απόσταση των δίσκων Z στα σαρκομέρια το μήκος των σαρκομεριδίων σε μια μυϊκή ίνα που συστέλλεται
3. Πώς επηρεάζουν τη λειτουργία των μυών οι αισθητικές πληροφορίες;
4. Γιατί μπορεί να μεγαλώσει το μήκος του σαρκομεριδίου σε ένα μυ που δεν συστέλλεται;
5. Οι μύες είναι οι κύριοι καταναλωτές οξυγόνου στο σώμα. Εξηγείστε γιατί.
6. Βάλτε στη σωστή ιεραρχική σειρά τις παρακάτω λέξεις:
μυοϊνίδιο, μυϊκή ίνα, σαρκομέριο, μυς, νημάτια ακτίνης και μυοσίνης
7. Σημειώστε ποιές προτάσεις είναι σωστές και ποιές λάθος:
 - α. Η ηλεκτρική διέγερση των μυϊκών ινών είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να ξεκινήσει η μυϊκή συστολή. (Σ) (Λ)
 - β. Κάθε σαρκομέριο ορίζεται από δύο επίπεδες πρωτεϊνικές μεμβράνες που συνιστούν την τελική κινητική πλάκα. (Σ) (Λ)
 - γ. Το Ca^{2+} απελευθερώνεται στα σαρκομέρια με αποτέλεσμα την ολίσθηση των νημάτων ακτίνης ως προς τα νημάτια μυοσίνης. (Σ) (Λ)
 - δ. Οι σκελετικοί μύες έχουν πολλούς πυρήνες, πολλά μιτοχόνδρια και πολλά κοκκία γλυκογόνου. (Σ) (Λ)
8. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:
 - Στους σκελετικούς μύες διακρίνονται δύο μέρη: η γαστέρα, το συσταλτό τμήμα του μυός και ένας ή περισσότεροι τένοντες που προσφύουν το μυ σε σταθερές δομές.
 - Η περιοχή όπου γίνεται η μετάδοση της διέγερσης από τις στις ίνες λέγεται και έχει μια ιδιαίτερη μορφή που λέγεται

Όταν δύο μύες επιφέρουν κίνηση στο οστό που καταφύονται, τότε ονομάζονται Ζεύγη μυών υπάρχουν στις περισσότερες
9. Υπολογίστε τη σχέση όγκου/απόδοση μιας μυϊκής ίνας (μόνο σε ό,τι αφορά την εκπόλωση της μεμβράνης) και μιας μπαταρίας του εμπορίου των 1,5 V.
10. Ένας αθλητής σηκώνει διαδοχικά: 5 κιλά, 10 κιλά και 20 κιλά. Αν με ένα ενδομυϊκό ηλεκτρόδιο καταγράψετε τα ΔΕ των μυϊκών ινών του δικεφάλου, πιστεύετε ότι θα υπάρχει διαφορά στον αριθμό τους σε κάθε προσπάθεια; Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



4. ΣΤΗΡΙΞΗ



4.1 ΕΡΕΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

4.1.1 Εισαγωγή

Το ερειστικό σύστημα αποτελείται από τα οστά, που συνδέονται μεταξύ τους με διάφορα είδη κινητών αρθρώσεων, που επιτρέπουν την **εκτέλεση ποικίλων κινήσεων** και σχηματίζουν το σκελετό. Στα οστά του σκελετού προσφύονται οι σκελετικοί μύες, οι οποίοι παρέχουν τη δύναμη για την επίτευξη των κινήσεων, αλλά και τη στήριξη του σώματος. Οι λειτουργίες των οστών είναι:

Τα οστά στηρίζουν το ανθρώπινο σώμα, έναντι της βαρύτητας.

Τα οστά παρέχουν προστασία σε σημαντικά όργανα, όπως ο εγκέφαλος που βρίσκεται μέσα στην κρανιακή κοιλότητα και ο νωτιαίος μυελός, που βρίσκεται μέσα στη σπονδυλική στήλη. Επίσης άλλα σημαντικά όργανα, όπως οι πνεύμονες και η καρδιά προστατεύονται μέσα στο θώρακα, που σχηματίζεται από τους θωρακικούς σπονδύλους, τις πλευρές και το στήρνο.

Τα οστά αποτελούν αποθήκη αλάτων (κυρίως ασβεστίου και φωσφόρου) και συμμετέχουν στο μεταβολισμό τους.

Τα οστά έχουν αιμοποιητικό ρόλο επειδή τα κύτταρα του αίματος σχηματίζονται κυρίως στον ερυθρό μυελό των οστών.

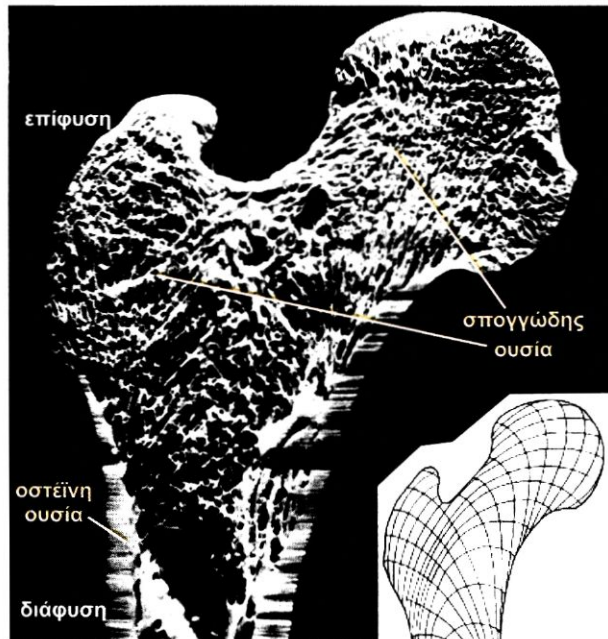
4.1.2 Μορφολογία των οστών.

• Ταξινόμηση των οστών

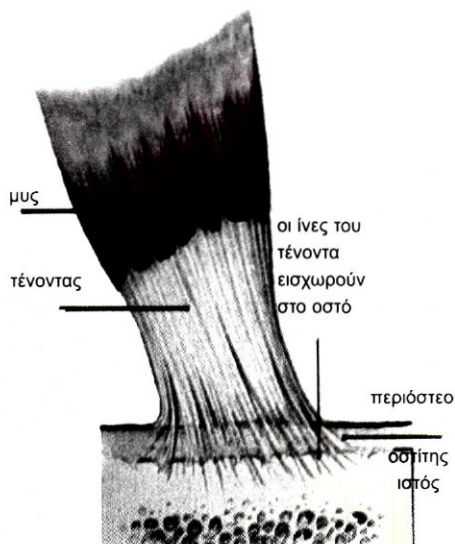
Ανάλογα με την **μορφή** τους τα οστά διακρίνονται σε: **μακρά, βραχέα, και πλατιά.**

Τα **μακρά** οστά έχουν μήκος μεγαλύτερο από το πλάτος τους. Τα μεγάλα οστά των άκρων όπως το μηριαίο, το βραχιόνιο, η ωλένη και η κνήμη είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα. Εδώ ανήκουν και οι φάλαγγες των δακτύλων. Σ' ένα μακρύ οστό διακρίνουμε τα δύο άκρα, που ονομάζονται **επιφύσεις** και το μεσαίο πιο μακρύ τμήμα που ονομάζεται **διάφυση**. Στις επιφύσεις εσωτερικά υπάρχει σπογγώδης οστέινη ουσία και εξωτερικά συμπαγής (Εικ. 4.1.1). Στην διάφυση εξωτερικά υπάρχει συμπαγής οστέινη ουσία ενώ εσωτερικά υπάρχει ο **μυελικός σωλήνας (αυλός)** που περιέχει μυελό των οστών.

Βραχέα είναι τα οστά που δεν παρουσιάζουν



Εικ. 4.1.1:
Διατομή του μηριαίου οστού (τον μακρύτερο στο σώμα μας), όπου διακρίνονται οι περιοχές με τη συμπαγή (εξωτερικά) και σπογγώδη (εσωτερικά) οστέινη ουσία. Οι δοκίδες κολλαγόνου στη σπογγώδη ουσία αναπτύσσονται κατά τη φορά που εξασκούνται μηχανικές τάσεις στο οστό.



Εικ. 4.1.2:
Το σχήμα των οστών καθορίζεται από τις δυνάμεις που εξασκούνται επάνω τους. Αυτές οι δυνάμεις προέρχονται από α) τους μύες και β) από το βάρος του σώματος.

σημαντική διαφορά μεταξύ μήκους και πλάτους. Τα οστά του ταρσού και του καρπού αποτελούν τα τυπικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας. Τα βραχεία οστά έχουν εσωτερικά σπογγώδη οστέινη ουσία, που περιβάλλεται από συμπαγή οστέινη ουσία.

Πλατιά είναι τα οστά που αποτελούνται από δύο κατά κανόνα παράλληλες πλάκες συμπαγούς οστέινης ουσίας μεταξύ των οποίων υπάρχει σπογγώδης οστέινη ουσία. Τα περισσότερα οστά του κρανίου, η ωμοπλάτη, τα οστά της λεκάνης ανήκουν σε αυτή την ομάδα.

4.1.3 Σύσταση - κατασκευή των οστών.

Τα οστά αποτελούνται από **συνδετικό ιστό** (περίοστεο και ενδόστεο), **οστίτη ιστό**, **χόνδρο** και **μυελό των οστών**.

A. ΠΕΡΙΟΣΤΕΟ ΚΑΙ ΕΝΔΟΣΤΕΟ

Το **περίοστεο**, όπως και το **ενδόστεο** είναι υμένες από πυκνό **συνδετικό ιστό**. Το **περίοστεο** περιβάλλει όλο το οστό εκτός από τις αρθρικές επιφάνειες, ενώ το **ενδόστεο** καλύπτει εσωτερικά τον αυλό των οστών. Τα κύτταρα του περιόστεου (όπως και του ενδόστεου) είναι πρόδρομα των **οστεοβλαστών**, των κυττάρων δηλαδή από τα οποία δημιουργούνται τα οστά.

Κατά την περίοδο της διάπλασης και αύξησης των οστών ή σε περίπτωση βλάβης (π.χ. κατάγματα) στην ενήλικη ζωή, τα κύτταρα του περιόστεου και του ενδόστεου, πολλαπλασιάζονται με μιτωτικές διαιρέσεις και διαφοροποιούνται σε οστεβλάστες, οι οποίοι στη συνέχεια δημιουργούν τον οστίτη ιστό.

B. ΟΣΤΙΤΗΣ ΙΣΤΟΣ

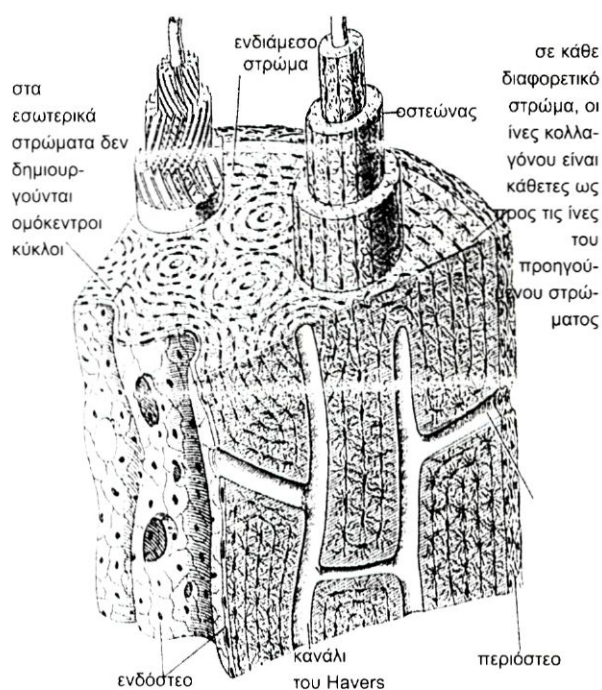
Ο οστίτης ιστός αποτελεί το κύριο συστατικό των οστών. Αποτελείται από τρεις τύπους κυττάρων, καθώς και τη **μεσοκυττάρια ουσία** που υπάρχει μεταξύ τους. Οι τύποι κυττάρων είναι οι **οστεοβλάστες**, τα **οστεοκύτταρα**, και οι **οστεοκλάστες** (Εικ.4.1.4).

Οι **οστεοβλάστες** συνθέτουν το υλικό της μεσοκυττάριας ουσίας, που εκκρίνεται προς την πλευρά του οστίτη ιστού. Σταδιακά οι οστεοβλάστες εγκλωβίζονται μέσα στη μεσοκυττάρια ουσία που εκκρίνουν και μετασχηματίζονται σε **οστεοκύτταρα**. Τα οστεοκύτταρα έχουν πολυάριθμες λεπτές

• Μορφολογικά γνωρίσματα της επιφάνειας των οστών

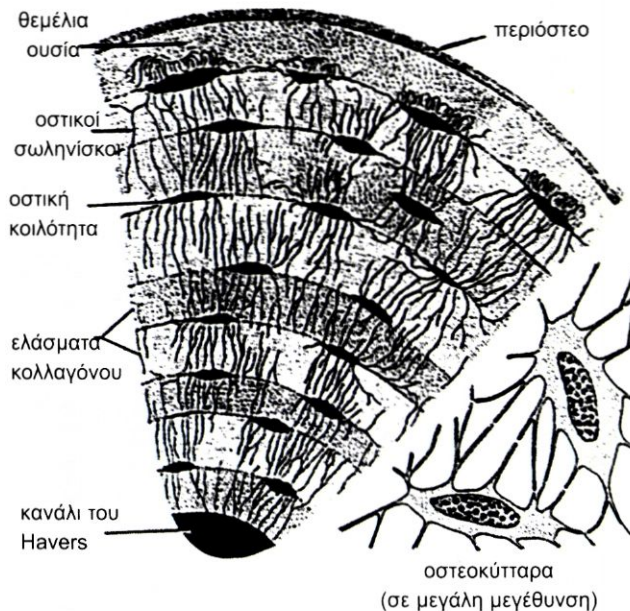
Η εξωτερική επιφάνεια των οστών εμφανίζει χαρακτηριστικές διαφοροποιήσεις όπως: κονδύλους που βρίσκονται στις κεφαλές των μακρών οστών, αποφύσεις που είναι λεπτές προεκτάσεις και ογκώματα που είναι μεγάλες χονδρές προεκτάσεις και χρησιμοποιούνται για την πρόσφυση μυών.

Σε διάφορα τμήματα του σκελετού μπορεί να υπάρχουν οπές ή κοιλότητες οι οποίες μπορούν να δημιουργηθούν είτε στο εσωτερικό ενός οστού ή από την σύνδεση των οστών μεταξύ τους. Χαρακτηριστικά μπορούν να αναφερθούν: τα τρήματα που είναι τρύπες που επιτρέπουν την διόδο αγγείων και νευρών, οι σχισμές που είναι μικρά ανοίγματα μεταξύ δυο οστών, οι σωλήνες που είναι δίοδοι διαμέσου οστών ή χόνδρων, και τα βοθρία που είναι βυθίσματα στην επιφάνεια ενός οστού ή μιάς ομάδας οστών.



Εικ.4.1.3:

Αναπαράσταση διάφησης σε εγκάρσια τομή (οι σωλήνες του Havers είναι παράλληλοι προς τον άξονα της διάφησης. Επάνω αριστερά, η διάταξη των κολλαγόνων ινών που έχουν παράγει οι οστεοβλάστες διαδοχικών στρωμάτων. Παρατηρήστε ότι κάθε στρώμα ινών κολλαγόνου είναι κάθετο ως προς την άλλη.



Εικ.4.1.4:
Λεπτομέρειες κατασκευής των οστέων.



Εικ.4.1.5:
Εγκάρσια διατομή οστέινης ουσίας, όπου έχει χρησιμοποιηθεί ειδική χρώση για να φαίνονται τα συστήματα Havers. Οι σκούρες κηλίδες είναι οι οστικές κοιλότητες.

αποφυάδες, που έρχονται σε επαφή με τις αποφυάδες των γειτονικών οστεοκυττάρων (Εικ.4.1.2). Οι **οστεοκλάστες** είναι μεγάλα κύτταρα με πολλούς πυρήνες. Εκκρίνουν οξέα και πρωτεολυτικά ένζυμα τα οποία αποικοδομούν τον οστίτη ιστό σε περιοχές, όπου γίνεται αναγέννηση των οστών (Εικ.4.1.1).

Η μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού λέγεται **θεμέλια ουσία** και αποτελείται από **ανόργανα συστατικά** και από **οργανικά συστατικά**. Τα **ανόργανα συστατικά** αποτελούν το 60-65% του ξηρού βάρους των οστών των ενηλίκων (ενώ στα παιδιά αυτό το ποσοστό είναι λίγο μεγαλύτερο) και αποτελούνται από: φωσφορικό ασβέστιο (80-90%), ανθρακικό ασβέστιο (8-10%), χλωριούχο και φθοριούχο ασβέστιο (0.5%), φωσφορικό μαγνήσιο (1-2%) και αλκαλικά άλατα (2%).

Τα οργανικά συστατικά είναι στην ουσία μια πρωτεΐνη, το **κολλαγόνο** που σχηματίζει δοκίδες. Η διάταξη των δοκίδων δεν είναι τυχαία (Εικ.4.1.1, Εικ. 4.1.3). Γύρω από αυτές τις δοκίδες συσσωρεύονται τα άλατα των ανόργανων συστατικών προσδίδοντας τη μεγάλη αντοχή που χαρακτηρίζει τα οστά.

Καθώς οι οστεοβλάστες παράγουν τη μεσοκυττάρια ουσία, εγκλωβίζονται μέσα σ' αυτήν και μετατρέπονται σε οστεοκύτταρα. Οι μικρές κοιλότητες μέσα στις οποίες παραμένουν τα οστεοκύτταρα λέγονται **οστικές κοιλότητες**. Από αυτές ξεκινούν πολλά λεπτά **οστικοί σωληνίσκοι**, που δεν είναι τίποτε άλλο από τους χώρους που καταλαμβάνουν οι αποφυάδες των οστεοκυττάρων (Εικ.4.1.4).

• Είδη του οστίτη ιστού.

Στα οστά των ενηλίκων, τα κολλαγόνα ινίδια του οστίτη ιστού συγκολλώνται μεταξύ τους με ανόργανη ουσία, δημιουργώντας δεσμίδες σε πυκνή και παράλληλη διάταξη, που ονομάζονται **οστέινα πετάλια**. Από τη διάταξη των οστέινων πεταλίων δημιουργούνται οι δυο μορφές του οστίτη ιστού που απαντούν στα ώριμα οστά και ονομάζονται **σπογγώδης** και **συμπαγής οστέινη ουσία** (Εικ.4.1.1)

Στη **σπογγώδη οστέινη ουσία** η διάταξη των οστέινων πεταλίων σχηματίζει πλατείες δοκίδες, που έχουν κατευθύνσεις, ανάλογα με τις μηχανικές τάσεις που δέχεται το οστό. Οι μικροί κενοί χώροι ανάμεσα στις δοκίδες ονομάζονται **μυελοκυψέλες**. Οι μυελοκυψέλες επικοινωνούν μεταξύ τους και περιέχουν μυελό των οστών.

Στη **συμπαγή οστεΐνη ουσία** η διάταξη των οστεΐνων πεταλίων σχηματίζει συστήματα ομόκεντρων κυλίνδρων, τα κυριότερα των οποίων είναι τα **συστήματα του Havers** ή **οστεώνες** (Εικ.4.1.3, Εικ. 4.1.4, Εικ. 4.1.5). Κάθε οστεώνας αποτελείται από έναν κεντρικό σωλήνα, το **σωλήνα του Havers** και από 4-20 ομόκεντρα οστεΐνα πετάλια γύρω από τον σωλήνα αυτό. Η ιδιόμορφη σωληνωτή διάταξη των οστεΐνων πεταλίων της συμπαγούς ουσίας και η χαρακτηριστική φορά των δοκίδων της σπογγώδους ουσίας παρέχει στο οστό **μεγάλη στηρικτική ικανότητα και αντοχή**. Τους σωλήνες του Havers διατρέχουν αγγεία και νεύρα που θρέφουν τα οστεοκύτταρα.

Γ. ΧΟΝΔΡΟΣ

Ο χόνδρος περιέχει κύτταρα (**χονδροκύτταρα**) και μεσοκυττάρια ουσία που αποτελείται από 40% κολλαγόνο και πρωτεογλυκάνες, όπως και αρκετό νερό. Κύρια λειτουργία του χόνδρου στο ενήλικο άτομο είναι η στήριξη μαλακών μερών, η απόσβεση κραδασμών και η διευκόλυνση των κινήσεων στις αρθρώσεις. Σε αναπτυσσόμενους οργανισμούς, ο χόνδρος παίζει αποφασιστικό ρόλο στην αύξηση.

Δ. ΜΥΕΛΟΣ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ

Ο **μυελός των οστών** είναι μία μαλακή μάζα πλούσια σε αγγεία που περιέχεται στις μυелоκυψέλες της σπογγώδους ουσίας όλων των οστών και στο μυελικό σωλήνα των μακρών οστών. Διακρίνεται σε **ερυθρό μυελό** και σε **ωχρό μυελό**.

Ο **ερυθρός μυελός** του οποίου η χροιά οφείλεται στην αφθονία αγγείων και ερυθροκυττάρων αποτελεί αιμοποιητικό ιστό. Ο ερυθρός μυελός μετά τη γέννηση, αντικαθίσταται σταδιακά (κατά 50% περίπου) από τον **ωχρό μυελό**. Έτσι, μετά την ήβη ορισμένα μόνο οστά (π.χ. σπόνδυλοι, πλευρές, στέρνο) περιέχουν ερυθρό μυελό.

Το κύριο στοιχείο του **ωχρού μυελού**, που είναι αιμοποιητικά ανενεργός, είναι τα λιπώδη κύτταρα στα οποία οφείλεται και η χαρακτηριστική χροιά του. Σε περίπτωση πολύ μεγάλων απαιτήσεων του οργανισμού σε αιμοκύτταρα, ο ωχρός μυελός είναι δυνατό να ανακτήσει την χαμένη αιμοποιητική ικανότητα του.

Οστεοπόρωση

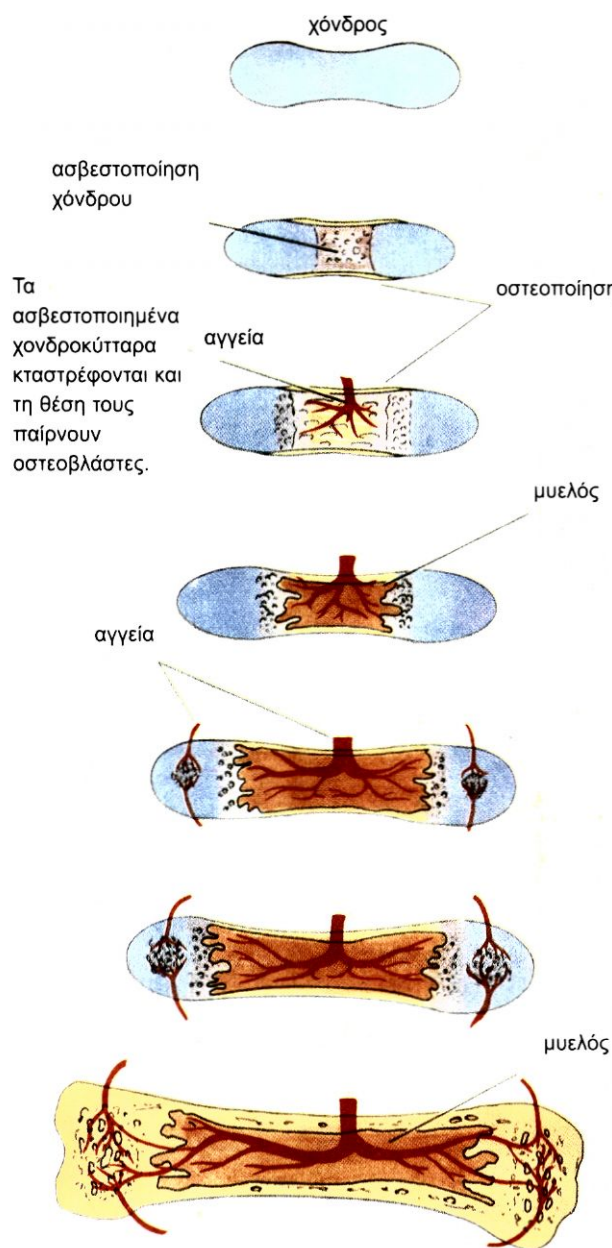
Η οστεοπόρωση οφείλεται στην ελάττωση των αλάτων του ασβεστίου και του φωσφόρου των οστών. Παρατηρείται σε προχωρημένες ηλικίες, και ιδιαίτερα στις γυναίκες κατά τη περίοδο της εμμηνόπαυσης, όπου η δραστηριότητα των οστεοβλαστών μειώνεται. Η αιτία είναι ότι, σε αυτή την ηλικία ελατώνεται η παραγωγή των οιστρογόνων (θηλυκές ορμόνες), τα οποία ρυθμίζουν την δραστηριότητα των οστεοβλαστών.

Μετά την εμμηνόπαυση μερικές γυναίκες μπορεί να χάσουν και το 30% ή και περισσότερο, του ασβεστίου των οστών.

Το σωστό διαιτολόγιο εμπλουτισμένο σε ασβέστιο, η άθληση και η διατήρηση του σωστού βάρους αναστέλουν το χρόνο εμφάνισης της ασθένειας.

4.1.4 Ανάπτυξη και αύξηση των οστών.

Η διαδικασία δημιουργίας, ανάπτυξης και αύξησης των οστών καλείται **οστεογένεση**. Τα οστά προέρχονται από ειδικά κύτταρα του συνδετικού ιστού που καλούνται **οστεογονικά κύτταρα** τα οποία είτε μετατρέπονται απευθείας σε **οστεοβλάστες (υμενογενής οστέωση)**, είτε μετατρέπονται αρχικά σε **χονδροβλάστες**, οι οποίοι στη συνέχεια καταστρέφονται και αντικαθίστανται από **οστεοβλάστες (χονδρογενής οστέωση)** (Εικ.4.1.6). Υμενογενής οστέωση παρατηρείται στα πλατιά οστά του εγκεφαλικού και του προσωπικού κρανίου (μετωπικό, κροταφικό, βρεγματικό, τμήμα ινιακού, τμήμα άνω και κάτω γνάθων). Τα υπόλοιπα οστά του σκελετού σχηματίζονται με χονδρογενή οστέωση. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να διευκρινιστεί, ότι η φύση του οστίτη ιστού που παράγεται είναι η ίδια και στις δυο περιπτώσεις. Η διάκριση των οστών σε υμενογενή και χονδρογενή, ανάγεται απλώς στο μηχανισμό σχηματισμού του οστίτη ιστού. Ο οστίτης ιστός σχηματίζεται σε ορισμένες θέσεις, που ονομάζονται **πυρήνες οστέωσης**. Τα οστά αυξάνονται κατά μήκος και κατά πάχος, είτε κυκλικά γύρω από τον πυρήνα οστέωσης, είτε από τον πυρήνα προς τις άκρες του οστού. Η εναπόθεση νέων στιβάδων οστίτη ιστού έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των οστών.



Εφόσον αντικατασταθεί ο χόνδρος από οστίτη ιστό (γύρω στα 20 χρόνια ζωής), σταματά η κατά μήκος ανάπτυξη των οστών. Ο πολλαπλασιασμός των χονδροκυττάρων εξαρτάται από την έκκριση της αυξητικής ορμόνης.

Εικ.4.1.6:

Αύξηση των μακρών οστών με χονδρογενή οστέωση.

4.1.5 Αρθρώσεις

Ο σκελετός του ανθρώπου σχηματίζεται με την σύνδεση των οστών μεταξύ τους μέσω των αρθρώσεων. Η σύνδεση των οστών επιτυγχάνεται με την παρουσία άλλου, μαλακότερου συνδετικού ιστού. Διακρίνουμε δυο είδη αρθρώσεων τις **συναρθρώσεις**, στις οποίες τα συνδεόμενα οστά έχουν ελάχιστη ή καθόλου δυνατότητα κινήσεων και τις **διαρθρώσεις**, στις οποίες τα οστά έχουν μεγάλη δυνατότητα κινήσεων.

• ΣΥΝΑΡΘΡΩΣΕΙΣ

Στις συναρθρώσεις ο μαλακότερος ιστός παρεμβάλλεται μεταξύ των επιφανειών επαφής των αρθρούμενων οστών. Οι κατηγορίες συναρθρώσεων είναι:

- **Συνδέσμωση**, κατά την οποία μεταξύ των αρθρούμενων οστών παρεμβάλλεται πυκνός συνδετικός ιστός, που επιτρέπει περιορισμένες κινήσεις (όπως στους σπόνδυλους).

- **Συγγώνδρωση**, στην περίπτωση, που τα οστά συνδέονται μεταξύ τους με την παρεμβολή χόνδρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η άρθρωση των πλευρών με το στήρνο.
- **Συνοστέωση**, όταν τα οστά συνδέονται με οστίτη ιστό, όπως τα κρανιακά οστά των ενηλίκων και τα ανώνυμα οστά.

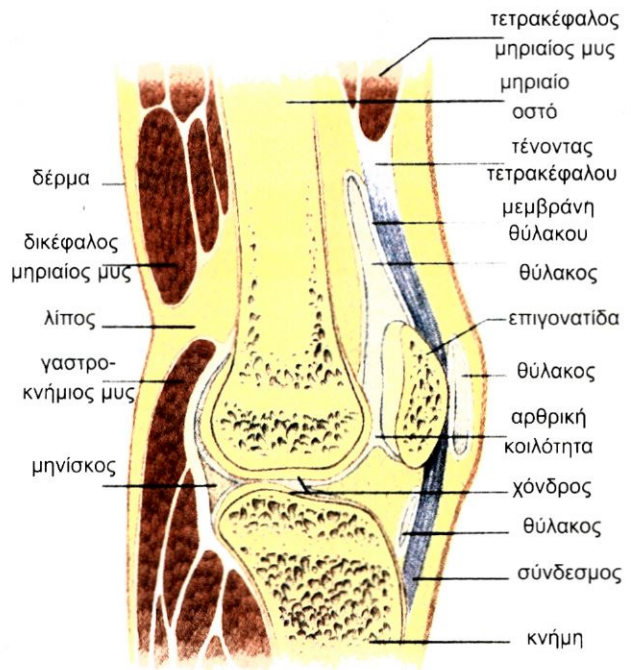
• ΔΙΑΡΘΡΩΣΕΙΣ

Στις διαρθρώσεις, ο μαλακότερος ιστός περιβάλλει τις επιφάνειες επαφής των αρθρούμενων οστών. Οι διαρθρώσεις (Εικ.4.1.7) συνδέουν κυρίως μακρά οστά και επιτρέπουν εκτεταμένες κινήσεις. Οι **αρθρικές επιφάνειες** αυτών των οστών καλύπτονται από χόνδρο, τον **αρθρικό χόνδρο**, ο οποίος δεν περιβάλλεται από περιχόνδριο. Μια κάψα συνδετικού ιστού (**αρθρική κάψα**) και διάφοροι σύνδεσμοι κρατούν τα συνδεόμενα οστά στη θέση τους. Η κάψα περιβάλλει στεγανά την **αρθρική κοιλότητα** μέσα στην οποία υπάρχει το **αρθρικό υγρό**.

Οι λειτουργίες του αρθρικού υγρού περιλαμβάνουν τη λίπανση και τη διατροφή του αρθρικού χόνδρου, καθώς και την απόσβεση κραδασμών.

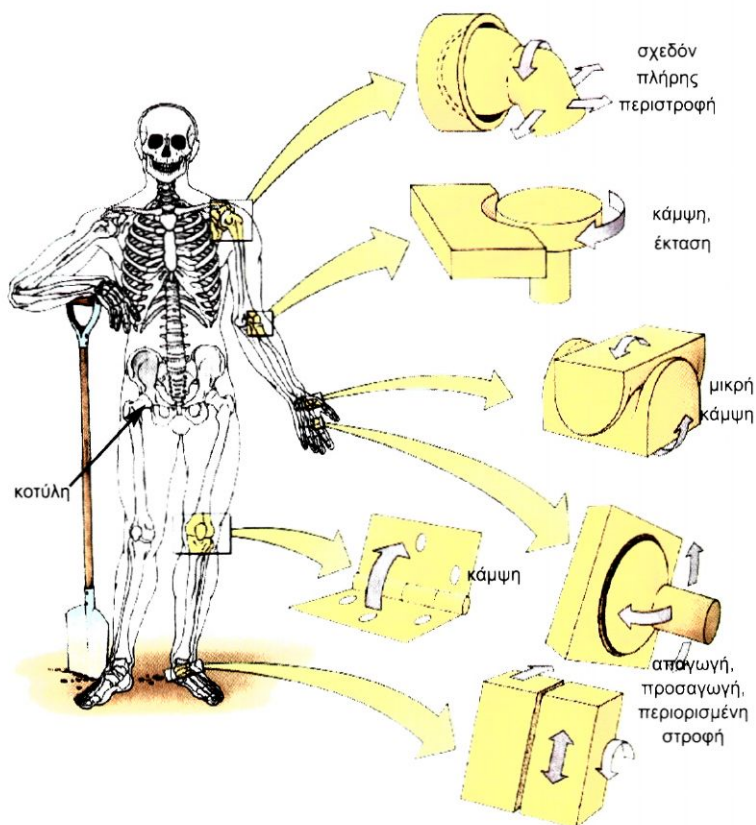
Ο **αρθρικός χόνδρος** παρουσιάζει λεία και χωρίς περιχόνδριο επιφάνεια. Για το λόγο αυτό, η αύξησή του γίνεται μόνο με πολλαπλασιασμό των βαθύτερα ευρισκόμενων χονδροκυττάρων μέχρις ότου το άτομο σταματήσει να αυξάνεται σε μέγεθος και οι επιφύσεις αποκτήσουν τις φυσιολογικές τους διαστάσεις. Σε ενήλικα άτομα τα χονδροκύτταρα δεν έχουν την δυνατότητα διαίρεσης αλλά παράγουν θεμέλια ουσία σε αντικατάσταση αυτής που αποικοδομείται. Η **αρθρική κάψα** αποτελείται από δυο στρώματα, ένα εξωτερικό (ινώδης υμένας) και ένα εσωτερικό (αρθρικός υμένας). Σε αντίθεση με τον αρθρικό χόνδρο, η αρθρική μεμβράνη έχει μεγάλες αναγεννητικές ικανότητες.

Στην κατασκευή των διαρθρώσεων συμμετέχουν επίσης οι **σύνδεσμοι** (ταινίες από παχύ συνδετικό ιστό που συγκρατούν τα αρθρούμενα οστά και καθορίζουν το εύρος των κινήσεων), οι **διάρθριοι χόνδροι ή μηνίσκοι** (Εικ. 4.1.7) (πλάκες από χόνδρο που τοποθετούνται στην αρθρική κοιλότητα μεταξύ των αρθρικών επιφανειών των οστών όταν αυτές απέχουν αρκετά μεταξύ τους, όπως στην διάρθρωση του γόνατος) και **επιχείλιοι χόνδροι** (δακτύλιοι από χόνδρο που περιβάλλουν την αρθρική επιφάνεια).



Εικ.4.1.7:

Τομή της διάρθρωσης του γόνατος.



Εικ.4.1.8:

Χαρακτηριστικά είδη διαρθρώσεων, στον ανθρώπινο σκελετό, με παραδείγματα των κινήσεων που επιτελούνται.

Τα οστά μας δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την εξελικτική ιστορία της ζωής, γιατί διατηρούνται και μετά το θάνατο. Επίσης, από το σχήμα των οστών του προσώπου (τις εξογκώσεις κλπ.), μπορούν να βγουν συμπεράσματα για τις μυϊκές μάζες που προσφύονταν σε αυτά, κι έτσι να αναπαρασταθεί το ίδιο το πρόσωπο! Το θολωτό σχήμα του κρανίου οφείλεται στις πιέσεις που δέχονται εσωτερικά τα κρανιακά οστά, από το ΕΝΥ. Έτσι, άλλωστε εξηγείται και η διόγκωση του κρανίου στον **υδροκεφαλισμό**, κατά τον οποίο (εξαιτίας κάποιας φλεγμονής ή άλλης αιτίας) παράγεται υπέρμετρα μεγάλη ποσότητα ΕΝΥ.

• ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Στον σκελετό του ανθρώπου υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία διαρθρώσεων που επιτρέπει σε συνδυασμό με τους σκελετικούς μύες την παραγωγή διαφόρων ειδών κινήσεων (Εικ.4.1.8). Τα κυριότερα είδη των κινήσεων είναι **κάμψη, έκταση, προσαγωγή, απαγωγή και στροφή**. Έτσι, σε μια διάρθρωση μπορεί να παράγεται κίνηση των αρθρούμενων οστών σε μια μόνο ή σε περισσότερες κατευθύνσεις, ή και περιστροφική κίνηση. Το εύρος των παραγόμενων κινήσεων μπορεί επίσης να ποικίλει ανάλογα με τον τύπο της διάρθρωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα από το σκελετό των άκρων αποτελούν οι διαρθρώσεις του ώμου και του αντίχειρα.

Η διάρθρωση του **ώμου** επιτρέπει την παραγωγή κινήσεων κάμψης (ανύψωση προς τα εμπρός του βραχίονα), έκτασης (ανύψωσης προς τα πίσω), απαγωγής (ανύψωση προς τα πλάγια), προσαγωγής (κάθοδος από την προηγούμενη θέση) και στροφής. Η **βασική διάρθρωση του αντίχειρα** (καρπομετακάρπια) επιτρέπει κινήσεις κάμψης, έκτασης, προσαγωγής, απαγωγής όπως και την αντιθετική κίνηση του αντίχειρα προς τα υπόλοιπα δάκτυλα.

4.1.6 Ο Σκελετός του Ανθρώπου.

Ο ανθρώπινος σκελετός (Εικ.4.1.8) αποτελείται από 206 περίπου οστά. Διαιρείται:

- 1- **στον σκελετό του κορμού**, που περιλαμβάνει :
 - α) το κρανίο, β) τη σπονδυλική στήλη και γ) το σκελετό του θώρακα
 - 2- **το σκελετό των άνω και κάτω άκρων.**
- **Ο σκελετός του κορμού**

Κρανίο

Το κρανίο βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα της σπονδυλικής στήλης, η οποία του επιτρέπει ελευθερία κινήσεων. Αυτή η ελευθερία κινήσεων αυξάνει την αποτελεσματικότητα των αισθητηρίων οργάνων που βρίσκονται στη κεφαλή όπως οι οφθαλμοί, τα αυτιά και η μύτη. Τα οστά του κρανίου σχηματίζουν τη κρανιακή κοιλότητα η οποία προστατεύει τον εγκέφαλο.

Τα οστά του κρανίου μπορούν να διαχωριστούν στα **οστά του εγκεφαλικού κρανίου** τα οποία περιβάλλουν τον εγκέφαλο και σε **οστά του προσωπικού κρανίου** τα οποία σχηματίζουν το πρόσωπο και θεωρούνται ότι περιβάλλουν το ανώτερο τμήμα του πεπτικού συστήματος.

Τα οστά του εγκεφαλικού και προσωπικού κρανίου συναρθρώνονται μεταξύ τους με τις ραφές με την εξαίρεση της γνάθου. Το γναθικό οστό σχηματίζει με τα κροταφικά οστά μια ελεύθερα κινούμενη διάρθρωση, που ονομάζεται **κροταφογναθική διάρθρωση** και επιτρέπει τη λειτουργία της κάτω γνάθου στην μάσηση και την ομιλία.

Τα **οστά του εγκεφαλικού κρανίου** (Εικ.4.1.9) είναι πλατιά και μπορεί να είναι μονά, όπως **το μετωπικό** που σχηματίζει το μέτωπο, **το ινιακό** που σχηματίζει τη βάση του κρανίου, **το ηθμοειδές** και **το σφηνοειδές**, ή ζυγά, όπως **τα κροταφικά** που βρίσκονται πλευρικά στο κρανίο και **τα βρεγματικά** που σχηματίζουν την οροφή του. Το ινιακό οστό φέρει ένα άνοιγμα, **το ινιακό τρήμα**, μέσα από το οποίο διέρχεται ο προμήκης μυελός. Επίσης φέρει αρθρικές επιφάνειες στις οποίες αρθρώνεται ο πρώτος αυχενικός σπόνδυλος. Σε κάθε κροταφικό οστό σχηματίζεται μια κοιλότητα η οποία φιλοξενεί το μέσο αυτί.

Τα **οστά του προσωπικού κρανίου** μπορεί επίσης να είναι μονά, όπως **το γναθικό** που αποτελεί τη κάτω γνάθο και **η ύνιδα** που βρίσκεται στη μύτη, ή ζυγά όπως **οι δύο άνω γνάθοι**, **τα ζυγωματικά**, **τα ρινικά**, **τα δακρυϊκά**, **τα υπερώια** και **οι άνω ρινικές κόγχες**.

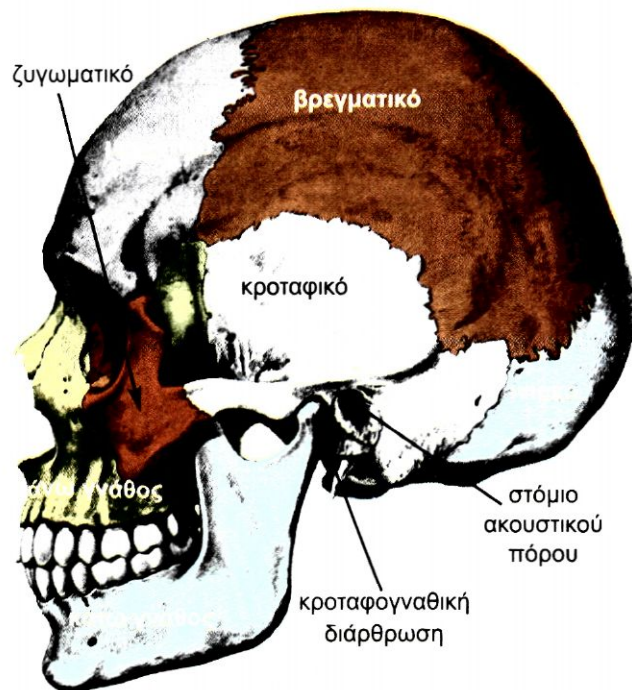
Εκτός από τα παραπάνω οστά, στο κρανίο απαντώνται επίσης:

- α) **τα τρία οστάρια του μέσου αυτιού που είναι ο άκμονας, η σφύρα και ο αναβολέας**, και
- β) **το υοειδές οστό** στη βάση της γλώσσας.

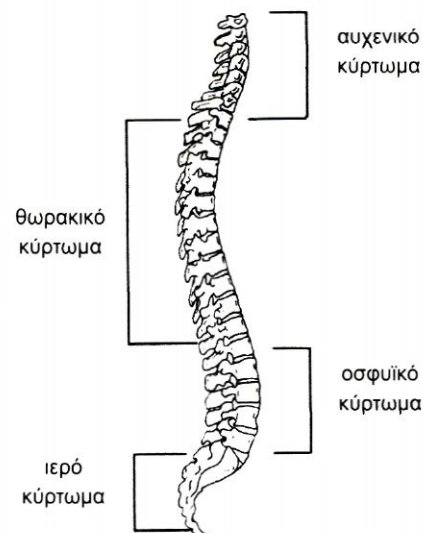
Σπονδυλική στήλη

Η σπονδυλική στήλη (Εικ. 4.1.10) είναι μια δυνατή και ευλύγιστη δομή που προστατεύει το νωτιαίο μυελό και στηρίζει:

- α) τη κεφαλή,
- β) το θώρακα και μέσω αυτού τα άνω άκρα
- γ) τη πύελο και τα κάτω άκρα.

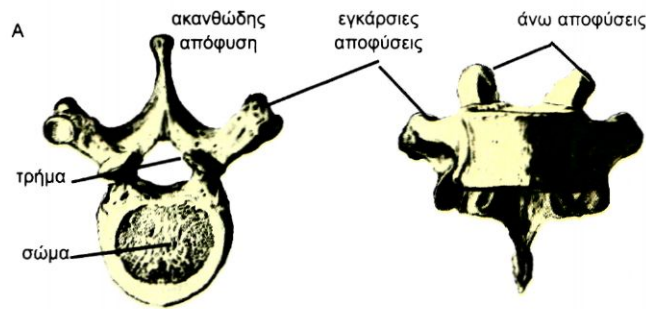


Εικ. 4.1.9:
Εγκεφαλικό κρανίο.



Εικ. 4.1.10:
Κυρτώματα σπονδυλικής στήλης.

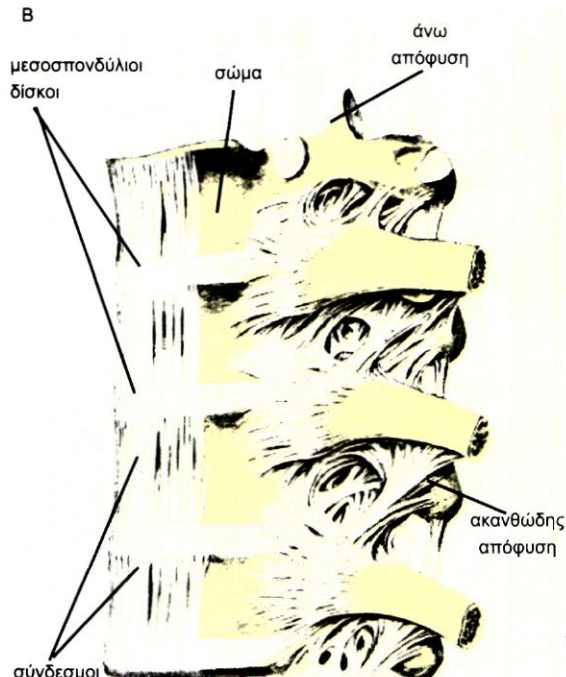
Αποτελείται από **τους σπονδύλους**, που είναι τοποθετημένοι ο ένας πάνω στον άλλο. Όλοι οι σπόνδυλοι είναι δομημένοι πάνω σε κοινό πρότυπο αν και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος και το σχήμα. Σε κάθε σπόνδυλο είναι εμφανή, χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη λειτουργία του, ως τμήμα της σπονδυλικής στήλης. Τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας τυπικός σπόνδυλος είναι (Εικ.4.1.11α):



Εικ.4.1.11α:

Α) αριστερά ο 6ος θωρακικός σπόνδυλος, και δεξιά ο 10ος θωρακικός σπόνδυλος.

Β) Πλευρική άποψη των μέσων και κατώτερων θωρακικών σπονδύλων και πλευρών, από αριστερά.



α) το σώμα

β) η ακανθώδης απόφυση

γ) οι εγκάρσιες αποφύσεις

δ) οι αρθρικές επιφάνειες, και

ε) τα τρήματα

Το **σώμα** του σπονδύλου είναι το πιο συμπαγές τμήμα του. Τα σώματα διαδοχικών σπονδύλων εφάπτονται με τους **μεσοσπονδύλιους δίσκους**, που αποτελούνται από ινώδη χόνδρο και παρεμβάλλονται μεταξύ των σπονδύλων. Τα σώματα των σπονδύλων και οι ακανθώδεις αποφύσεις σχηματίζουν τα τοιχώματα του **σπονδυλικού τρήματος** μέσα από το οποίο διέρχεται ο νωτιαίος μυελός.

Οι επτά πρώτοι σπόνδυλοι ονομάζονται **αυχενικοί**. Από αυτούς ο πρώτος ονομάζεται **άτλας** και ο δεύτερος **άξονας** και έχουν τροποποιημένο το σχήμα τους. Η άρθρωση των δύο αυτών σπονδύλων με το κρανίο επιτρέπει στο κρανίο να εκτελεί κινήσεις κάμψης και περιστροφής. Μετά τους αυχενικούς, ακολουθούν δώδεκα **θωρακικοί** σπόνδυλοι, οι οποίοι αρθρώνονται με τις πλευρές (Εικ.4.1.11β). Οι πλευρές των πρώτων επτά θωρακικών σπονδύλων ενώνονται στο πρόσθιο τμήμα του σώματος με το στήθος και ονομάζονται **γνήσιες**. Οι πλευρές των επόμενων τριών σπονδύλων ενώνονται έμμεσα με το **στήθος** με χόνδρινα τμήματα και ονομάζονται **νόθες πλευρές**, ενώ οι δύο τελευταίες παραμένουν ελεύθερες και ονομάζονται **ασύντακτες πλευρές**. Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ο **θώρακας** που προστατεύει ζωτικά όργανα, όπως η καρδιά και οι πνεύμονες (Εικ.4.1.12).

Μετά τους θωρακικούς ακολουθούν πέντε **οσφυϊκοί σπόνδυλοι**, που φέρουν πλατιές εγκάρσιες αποφύσεις, πέντε **ιεροί σπόνδυλοι** οι οποίοι συνοστεώνονται για να σχηματίσουν το **ιερό οστό** και τρεις έως πέντε υπολειμματικοί **κοκκυγικοί σπόνδυλοι** που συνοστεώνονται σχηματίζοντας τον **κόκκυγα**.

• Σκελετός των άκρων.

Ωμική ζώνη και άνω άκρα.

Η ωμική ζώνη περιλαμβάνει δύο οστά, την **κλείδα** στο πρόσθιο τμήμα του σώματος και την **ωμοπλάτη** στο οπίσθιο. Ολόκληρη η ζώνη μέσω της κλείδας αρθρώνεται με το στέρνο με διάθρωση (Εικ.4.1.12). Η κλείδα αρθρώνεται επίσης με διάθρωση με την ωμοπλάτη. Τα οστά των άνω άκρων είναι: το **βραχιόνιο**, τα οστά του πήχη, που είναι η **κερκίδα** και η **ωλένη**, τα οκτώ βραχεία **οστά του καρπού**, τα πέντε μακρά **οστά του μετακαρπίου** και τα μακρά **οστά στις φάλαγγες των δακτύλων**.

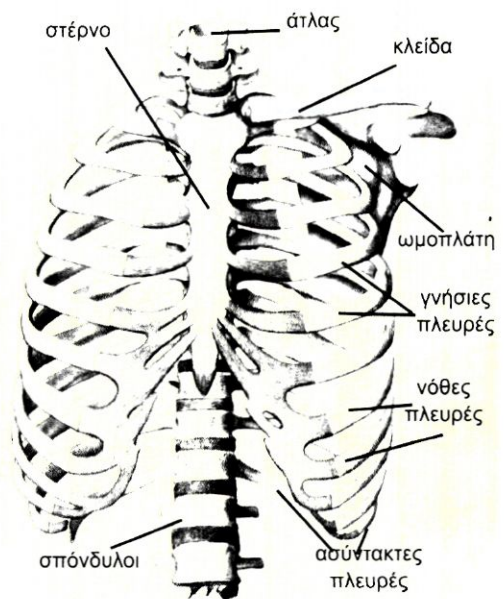
Πυελική ζώνη και κάτω άκρα.

Η πυελική ζώνη αποτελείται από τα δύο **ανώνυμα οστά** τα οποία συνδέονται με το ιερό οστό σχηματίζοντας τη **λεκάνη**. Τα δύο **ανώνυμα οστά** συνδέονται στο πρόσθιο τμήμα του σώματος με την **ηβική σύμφυση**. Στα νεογέννητα το κάθε ανώνυμο οστό αποτελείται από τρία επιμέρους οστά, το **λαγόνιο**, το **ηβικό** και το **ισχιακό** τα οποία συνοστεώνονται αργότερα. Το κάθε ανώνυμο οστό φέρει μια κοιλότητα, την **κοτύλη** για την άρθρωση με τη κεφαλή του μηριαίου οστού (Εικ.4.1.8).

Τα οστά των κάτω άκρων είναι το **μηριαίο**, η **επιγονατίδα** που συμμετέχει στην άρθρωση του γονάτου, τα οστά της κνήμης που είναι η **κνήμη** και η **περόνη**, τα επτά βραχεία **οστά του тарσού**, τα πέντε μακρά **οστά του μεταταρσού** και τα μακρά **οστά στις φάλαγγες των δακτύλων**. Η **επιγονατίδα** σχηματίζεται μέσα στον τένοντα του τετρακέφαλου μηριαίου μυ και αρθρώνεται μόνο με το μηριαίο οστό. Από τα οστά του τάρσους ο **αστράγαλος** και η **φτέρνα** είναι τα μεγαλύτερα. Ο αστράγαλος είναι το μόνο οστό του πέλματος, που αρθρώνεται με τη κνήμη και την περόνη. Η φτέρνα υποβαστάζει όλο το βάρος του σώματος, μέρος του οποίου μεταβιβάζει στον μεταταρσό. Τα μεταταρσικά οστά σχηματίζουν την **καμάρα του πέλματος** που εξυπηρετεί την ευελιξία του ποδιού κατά τη στρέψη του σώματος.

4.1.7 Παθήσεις του ερειστικού συστήματος

Οι παθήσεις του ερειστικού συστήματος αποτελούν περίπου το 10% των προβλημάτων της παιδικής ηλικίας. Οι περισσότερες από αυτές τις παθήσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν πλήρως, εφόσον γίνει έγκαιρη και ακριβής διάγνωση ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη θεραπεία.



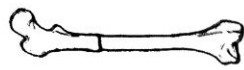
Εικ.4.1.12:

Σκελετός του θώρακα με τα οστά της αριστερής ωμικής ζώνης.

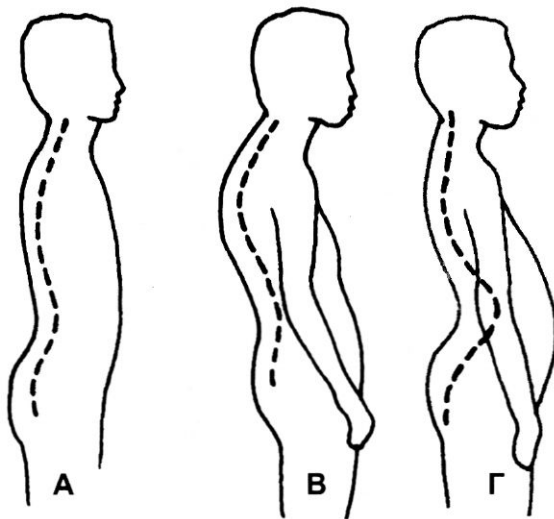
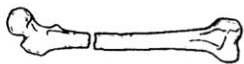


Εικ. 4.1.13:

Αρθρίτιδα στα χέρια.



Εικ. 4.1.14.
Κάταγμα και
διαδικασία
φυσιολογικής
επούλωσης του.



Εικ.4.1.15
Η σπονδυλική στήλη
α) σε υγιές άτομο,
β) άτομο με κύφωση και
γ) άτομο με λόρδωση.



Εικ. 4.1.16:
Φυσιολογική θέση οστών (α) και
παραμόρφωση οστών του ποδιού
από ακατάλληλα παπούτσια (β).

Οι σκελετικές παθήσεις μπορεί να είναι **συγγενείς**, δηλαδή να εμφανίζονται κατά τη γέννηση ενός ατόμου, ή **επίκτητες**.

Στη συνέχεια θα δούμε τις συνηθέστερες παθήσεις των οστών και των αρθρώσεών τους.

Οι **αρθρίτιδες** είναι φλεγμονές των αρθρώσεων, που συνοδεύονται από πόνο, διόγκωση, ερυθρότητα και τοπική αύξηση της θερμοκρασίας (Εικ 4.1.13). Αυτές οι παθήσεις εμφανίζονται όταν φθείρεται ο χόνδρος της διάρθρωσης ή παραμορφώνονται τα οστά ή αναπτύσσεται ιστός μεταξύ των οστών της διάρθρωσης. Τα αίτια περιλαμβάνουν τραυματισμούς των αρθρώσεων, παχυσαρκία και κακή διατροφή, διαβίωση σε υγρό κλίμα, ψυχολογικούς παράγοντες, κληρονομικότητα κλπ.

Οι διάφορες βλάβες των οστών και των αρθρώσεών τους, που μπορούν να προκληθούν από ατυχήματα, είναι πολύ οδυνηρές. Κατά κανόνα πρέπει να επαναφερθούν τα οστά στη θέση τους και να ακινητοποιηθούν με επίδεση. Η ορθή τοποθέτηση των οστών και η ακινησία βοηθούν στη δημιουργία νέου ιστού και την καλή επούλωση. Παράλληλα, η κατάλληλη διατροφή με γάλα και εσπεριδοειδή (που περιέχουν ασβέστιο και βιταμίνη C, αντίστοιχα) επιταχύνει αυτή τη διαδικασία. Οι κυριότερες βλάβες των οστών και των αρθρώσεών τους είναι οι εξής :

- α) η **εξάρθρωση**, όταν συμβαίνει απομάκρυνση των αρθρικών επιφανειών των οστών από τη θέση τους
- β) το **διάστρεμμα**, όταν τεντώνονται πολύ ή σπάζουν οι σύνδεσμοι που συγκρατούν και περιβάλλουν τη διάρθρωση χωρίς να παρατηρηθεί μετακίνηση των οστών,
- γ) το **κάταγμα**, όταν ραγίζει ή σπάζει κάποιο οστό (Εικ.4.1.14) και
- δ) η **δισκοπάθεια**, όταν μετατοπίζονται ή παθαίνουν βλάβες οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι της σπονδυλικής στήλης.

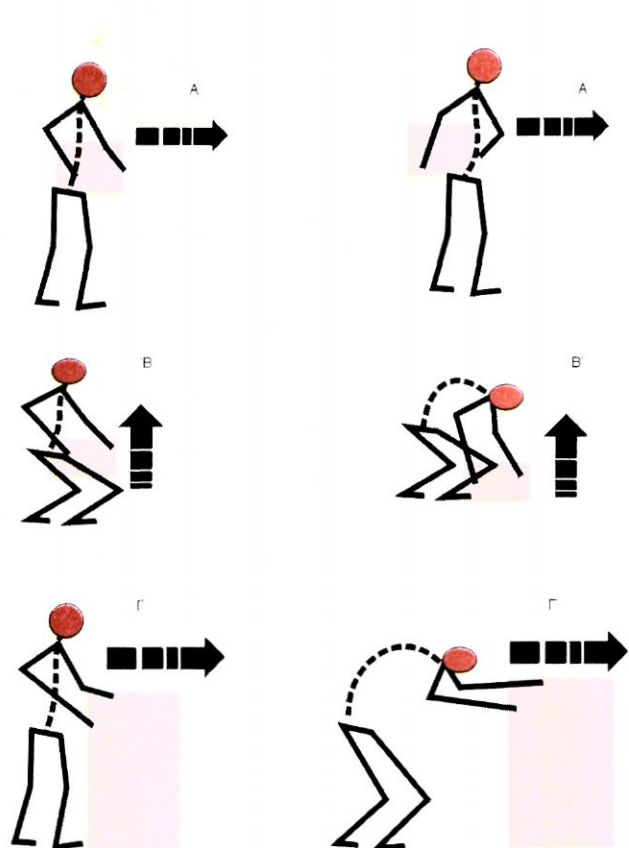
Σε περίπτωση ελλιπούς διατροφής, κατά την ανάπτυξη των παιδιών, από τα οστά τους μπορεί να απουσιάζουν τα άλατα ασβεστίου που προσδίδουν στερεότητα. Τα οστά γίνονται αρκετά μαλακά και λυγίζουν από το βάρος του σώματος, οπότε εμφανίζεται η πάθηση που ονομάζεται **ραχίτιδα**. Τα πολύτιμα άλατα βρίσκονται σε

ορισμένες τροφές όπως το γάλα, τα τυριά, τα ψάρια, οι ξηροί καρποί, τα χορταρικά, τα φρούτα κλπ.

Σε μεγάλη ηλικία υπάρχει ατροφία και παραμόρφωση των οστών, τα οποία εμφανίζουν πόρους. Η πάθηση αυτή ονομάζεται **οστεοπόρωση** και έχει ως αποτέλεσμα να παθαίνουν εύκολα τα οστά κατάγματα. Οστεοπόρωση μπορεί να εμφανιστεί και σε άτομα νεαρής και μέσης ηλικίας λόγω κακής διατροφής.

Η κακή στάση του σώματος μπορεί να προκαλέσει επίκτητες παθήσεις που σχετίζονται με τα δύο πρόσθια κυρτώματα της σπονδυλικής στήλης, το αυχενικό και το οσφυϊκό. Όταν κάποιος σε νεαρή ηλικία έχει την κακή συνήθεια να σκύβει όταν στέκεται ή όταν κάθεται, προκαλεί μόνιμη αύξηση του θωρακικού κυρτώματος. Αυτή η πάθηση της σπονδυλικής στήλης λέγεται **κύφωση** (Εικ. 4.1.15). Σε διαφορετική περίπτωση κακής στάσης παρατηρείται αύξηση του οσφυϊκού κυρτώματος, οπότε δημιουργείται η πάθηση που ονομάζεται **λόρδωση** (Εικ.4.1.15). Σε περιπτώσεις, που κάποιος μεταφέρει βαριά αντικείμενα με το ένα χέρι ή κλίνει το σώμα του προς τα πλάγια όταν κάθεται, μπορεί να προκαλέσει μόνιμη παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης προς τα πλάγια. Αυτή η πάθηση ονομάζεται **σκολίωση** (Εικ.4.1.18).

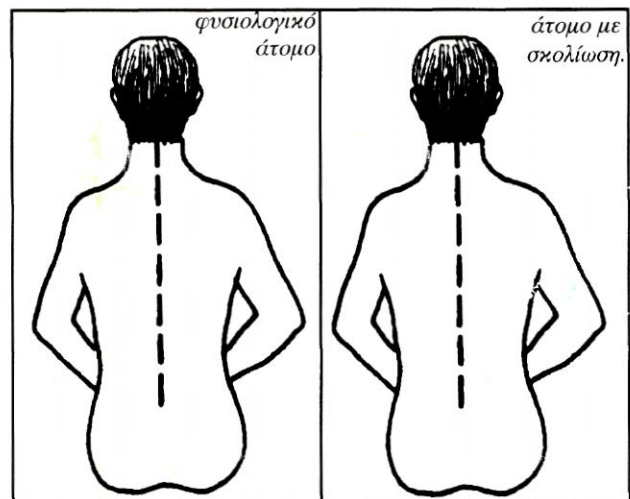
Για την αποφυγή των παραπάνω παθήσεων, θα πρέπει κάποιος να γυμνάζεται τακτικά, να διατρέφεται κανονικά, να αποφεύγει τις απότομες κινήσεις, να στέκεται και να κάθεται ίσια και να προσέχει τον τρόπο με τον οποίο σηκώνει ή μετακινεί βάρη. Για να ανασηκώσει κάποιος ένα βαρύ αντικείμενο πρέπει να χαμηλώνει το σώμα του λυγίζοντας τα γόνατα διατηρώντας τη σπονδυλική του στήλη ίσια (Εικ.4.1.17). Για να μεταφέρει κάποιος ένα βαρύ αντικείμενο πρέπει να το κρατά με λυγισμένα χέρια κοντά στο σώμα του με ίσια την πλάτη και να περπατά με μικρά βήματα. Όταν σπρώχνει κάποιος ένα βαρύ αντικείμενο θα πρέπει να πλησιάζει το σώμα του πολύ κοντά σε αυτό. Η συχνή χρήση παπουτσιών στενών και με πολύ ψηλά τακούνια θα πρέπει να αποφεύγεται, γιατί υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί παραμόρφωση των οστών του άκρου του ποδιού (Εικ.4.1.16).



Εικ. 4.1.17:
Σωστοί (α,β,γ) και λανθασμένοι τρόποι (α', β',γ') για μετατόπιση βαρέων αντικειμένων.

Εικ.4.1.18

Επιμένετε να ακουμπάτε και τα δύο πόδια στο πάτωμα, όταν κάθεστε για διάβασμα ή μπροστά στον υπολογιστή. Επίσης, επιμένετε να κάθεστε όλη το κάθισμα και όχι μόνο στην άκρη.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκελετός στηρίζει το σώμα, χρησιμοποιείται για την κίνηση, παρέχει προστασία σε ζωτικά όργανα του σώματος, αποτελεί αποθήκη αλάτων και, τέλος, έχει αιμοποιητικό ρόλο. Ο **οστίτης ιστός** αποτελεί το κύριο συστατικό των οστών. Ο ιστός αυτός αποτελείται από από τη **μεσοκυττάρια ουσία** και τρεις τύπους κυττάρων, τους **οστεοβλάστες**, τα **οστεοκύτταρα** και τους **οστεοκλάστες**.

Ο **μυελός των οστών** είναι ένας μαλακός ιστός, πλούσιος σε αγγεία και περιέχεται στη **σπογγώδη ουσία** όλων των οστών καθώς και στο μυελικό σωλήνα των μακρών οστών. Διακρίνεται σε **ερυθρό** και σε **ωχρό μυελό**.

Ανάλογα με τη μορφή τους, τα οστά διακρίνονται σε τέσσερεις τύπους: τα μακρά, τα βραχέα και τα πλατιά. Η διαδικασία δημιουργίας, ανάπτυξης και αύξησης των οστών καλείται **οστεογένεση**.

Ο σκελετός σχηματίζεται με σύνδεση των οστών μεταξύ τους μέσω των **αρθρώσεων**. Διακρίνουμε δύο είδη αρθρώσεων: τις **συναρθρώσεις**, όπου τα ενούμενα οστά έχουν ελάχιστη ή καθόλου δυνατότητα κινήσεων και τις **διαρθρώσεις**, όπου τα οστά έχουν εκτεταμένη δυνατότητα κινήσεων.

Με την υιοθέτηση της κατάλληλης σωματική στάσης και κίνησης καθώς και με σωστή διατροφή μπορούν να αποφευχθούν οι περισσότερες επίκτητες παθήσεις του σκελετικού συστήματος.

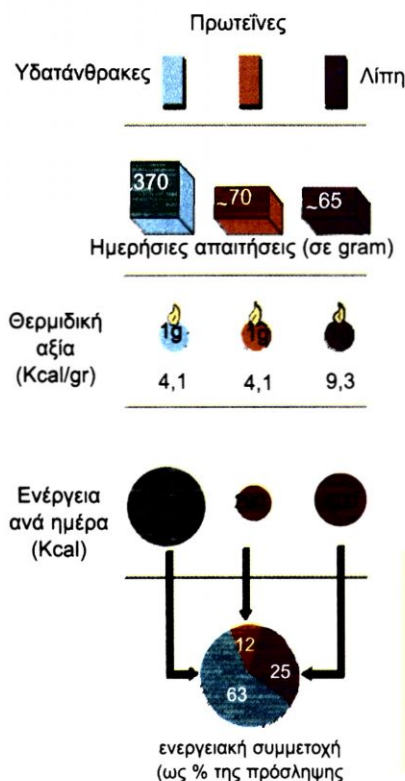
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι λειτουργίες των οστών;
2. Ποιες είναι οι διαφορές της συμπαγούς και της σπογγώδους οστέινης ουσίας;
3. Ποιά είναι τα μέρη μιας διάρθρωσης;
4. Τι ονομάζεται οστεογένεση;
5. Να αναφερθούν, συνοπτικά, τα οστά του σκελετού των άκρων.
6. Ποιες βλάβες της σπονδυλικής στήλης μπορούν να προκληθούν όταν κάποιος δεν κάθεται σωστά;
7. Ποιές παθήσεις του σκελετικού συστήματος οφείλονται στην κακή διατροφή;
8. Ποιός είναι ο ρόλος του κρανίου και της σπονδυλικής στήλης;
9. Τι γνωρίζετε για τη συμμετοχή του χόνδρινου ιστού στην οντογένεση, στην αύξηση και στη σύνδεση των οστών στο σκελετό του ανθρώπου;
10. Πόσα είδη αρθρώσεων υπάρχουν στο σκελετό του ανθρώπου;
11. Τι είναι οι οστεοβλάστες, πού υπάρχουν και ποιος είναι ο ρόλος τους;
12. Αναφέρατε:
 - α) τον κύριο ιστό, β) τα όργανα και γ) το ρόλο του ερειστικού συστήματος του ανθρώπου.
13. Συμπληρώστε τα κενά:
Ο οστίτης ιστός αποτελείται απόκαι από τρεις τύπους κυττάρων: τα, τουςκαι τους
14. Αντιστοιχίστε:

ερυθρός μυελός	αρθρικό υγρό
μακρά οστά	διάφυση
διάρθρωση	αιμοποιητικός ιστός
προσωπικό κρανίο	ηθμοειδές
15. Σημειώστε δίπλα σε κάθε πρόταση αν είναι σωστή ή λάθος.
 - α. Η διαδικασία δημιουργίας, ανάπτυξης και αύξησης των οστών καλείται οστεογένεση.
 - β. Ο σκελετός δεν αποτελεί αποθήκη αλάτων.
 - γ. Στη σπογγώδη οστέινη ουσία σχηματίζονται τα συστήματα του Havers.
 - δ. Ο ερυθρός μυελός αντικαθίσταται σταδιακά από τον ωχρό μυελό.
16. Σημειώστε ποιά είναι η σωστή απάντηση στην ερώτηση:
Υμενογενής οστεογένεση είναι όταν:
 - α. Τα οστεογενή κύτταρα μετατρέπονται απευθείας σε οστεοβλάστες.
 - β. Τα οστεογενή κυττάρτα μετατρέπονται αρχικά σε χονδροβλάστες.
 - γ. Καμία από τις δύο περιπτώσεις.



5. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ



Εικ. 5.1.1: Ενεργειακές ανάγκες και πηγές για άνδρα που εκτελεί ελαφρά εργασία.

5.1 ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

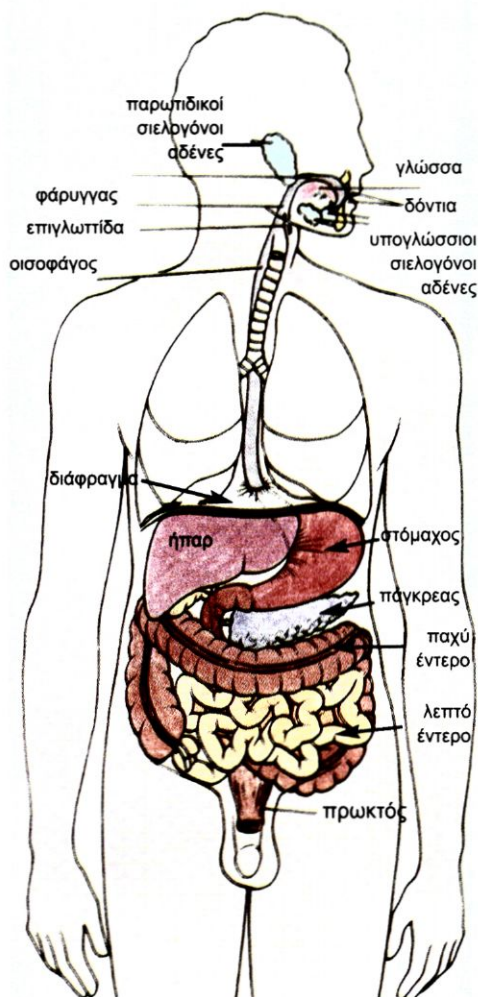
Η ανάγκη ενέργειας του οργανισμού προκύπτει από το γεγονός ότι η ζωντανή ύλη είναι ένα θερμοδυναμικά ασταθές σύστημα, που θα εξαντληθεί αν δεν προστίθεται σ' αυτό διαρκώς ενέργεια. Επιπλέον ο οργανισμός εκτελεί συνεχώς διάφορα είδη έργου, όπως η κίνηση, η σύνθεση ουσιών, η παραγωγή θερμότητας, η μεταφορά ουσιών κτλ, που όλα απαιτούν συνεχή πρόσληψη και κατανάλωση ενέργειας. Η ενέργεια που χρειάζεται γι' αυτές τις λειτουργίες προέρχεται από τις τροφές.

Οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται κυρίως με τρεις βασικές θρεπτικές ουσίες: τους υδατάνθρακες, τα λίπη και τις πρωτεΐνες. Ως θρεπτικές ουσίες, παρά το γεγονός ότι δεν παρέχουν ενέργεια, μπορούν να χαρακτηριστούν και τα άλατα, οι βιταμίνες, τα ιχνοστοιχεία και το νερό, ουσίες που είναι απαραίτητες για την πραγματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών του οργανισμού.

Οι βασικές ημερήσιες ενεργειακές ανάγκες ενός άνδρα βάρους 70 kg (Εικ. 5.1.1.) σε ηρεμία είναι περίπου 8400 kJ (~2000 Kcal). Οι γυναίκες σε κατάσταση ηρεμίας απαιτούν λιγότερη ενέργεια (6700 kJ) αλλά οι απαιτήσεις αυξάνουν κατά τη διάρκεια της κύησης και στη περίοδο μετά τον τοκετό. Τα παιδιά απαιτούν μικρότερη πρόσληψη θερμίδων (σε απόλυτες τιμές), αλλά αν αναχθούν αυτές οι τιμές σε σχέση με το βάρος τους, τότε η πρόσληψη θερμίδων είναι μεγαλύτερη, ώστε να προάγεται η αύξησή τους.

Οι θρεπτικές ουσίες που περιέχονται στις τροφές εισέρχονται στον οργανισμό μέσω του πεπτικού συστήματος όπου και υφίστανται μηχανική και χημική κατεργασία, έτσι ώστε να μπορούν να απορροφηθούν. Η μηχανική και χημική κατεργασία που τροποποιεί τις θρεπτικές ουσίες έτσι ώστε αυτές να μπορούν να απορροφηθούν ονομάζεται **πέψη**.

Το πεπτικό σύστημα περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη: τη στοματική κοιλότητα, το φάρυγγα, τον οισοφάγο, το στομάχο, το λεπτό έντερο και το παχύ έντερο.



Εικ. 5.2.1: Το πεπτικό σύστημα.

5.2. ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΕΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.2.1 Η στοματική κοιλότητα

Η στοματική κοιλότητα (Εικ. 5.2.3) αποτελεί την αρχή του γαστρεντερικού σωλήνα. Η στοματική κοιλότητα ορίζεται από τα χείλη, τις παρειές, τη σκληρή και τη μαλακή υπερώα, ενώ περιέχει τη γλώσσα και τα δόντια.

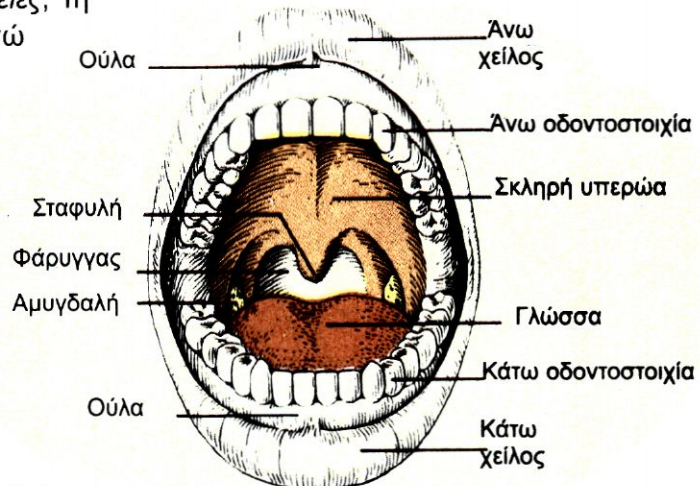
Η οροφή της στοματικής κοιλότητας σχηματίζεται από την **υπερώα**. Προς τα επάνω και εμπρός βρίσκεται η **σκληρή υπερώα**, ενώ προς τα επάνω και πίσω η **μαλακή υπερώα**. Στο πίσω ελεύθερο χείλος της μαλακής υπερώας παρατηρείται μια προεκβολή, η **σταφυλή** και στα πλάγια δύο πτυχές. Μεταξύ των πτυχών αυτών βρίσκεται λεμφικός ιστός και αποτελεί τις γνωστές μας αμυγδαλές.

Στη βάση της στοματικής κοιλότητας βρίσκεται η **γλώσσα**. Η γλώσσα είναι ένα μυώδες ευκίνητο όργανο το οποίο χρησιμεύει στη μάσηση, στην κατάποση της τροφής, στην ομιλία, στην αφή και την αίσθηση της γεύσης.

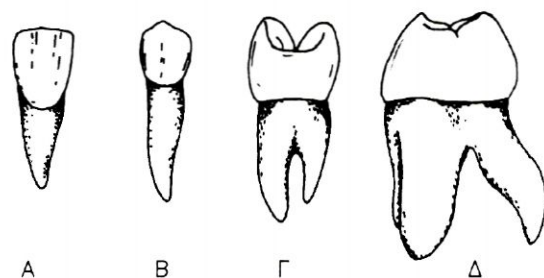
Στη στοματική κοιλότητα βρίσκονται τα **δόντια** που είναι σφηνωμένα σε οστέινες θήκες, τα **φατνία**. Τα δόντια διακρίνονται: (Εικ. 5.2.4.): στους τομείς και τους κυνόδοντες που τεμαχίζουν την τροφή, στους γομφίους και τους προγόμφιους που την αλέθουν. Τα μόνιμα δόντια στον άνθρωπο είναι 32, ενώ μέχρι την ηλικία των 6 ετών υπάρχουν τα 22 νεογιλά δόντια. Η μόνιμη οδοντοφυΐα αρχίζει να σχηματίζεται από το 6ο έτος και συμπληρώνεται μετά το 17ο έτος της ηλικίας.

Στη στοματική κοιλότητα υπάρχουν οι **σιελογόνοι αδένες** που εκκρίνουν το σάλιο. Το σάλιο παράγεται από τρεις ομάδες σιελογόνων αδένων: τους υπογνάθιους, τους υπογλώσσιους και τους παρωτιδικούς. Σε ημερήσια βάση παράγονται περίπου 1000 με 1500 ml σάλιου.

Το σάλιο είναι ένα ελαφρώς αλκαλικό υγρό και περιέχει νερό, βλέννα, τα ένζυμα **πτυαλίνη** και **λυσοζύμη** και μερικές άλλες ουσίες. Η πτυαλίνη (α-αμυλάση) υδρολύει το άμυλο, ενώ η λυσοζύμη είναι ένζυμο που καταστρέφει τα κυτταρικά

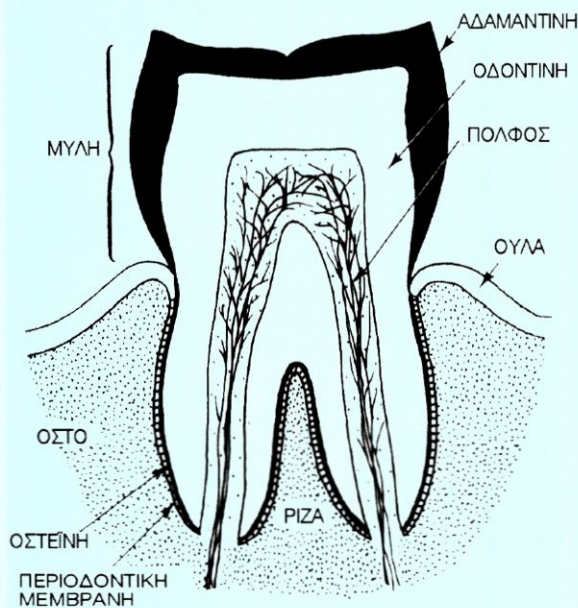


Εικ. 5.2.3:
Η στοματική κοιλότητα.



Εικ. 5.2.4:
α. τομέας, β. κυνόδοντας,
γ. προγόμφιος, δ. γομφίος.

Κάθε δόντι (Εικ. 5.2.5) αποτελείται από τη μύλη, τον αυχένα και τη ρίζα. Στη ρίζα παρατηρείται μια κοιλότητα, ο πολφός που είναι πλούσιος σε αγγεία και νεύρα. Σε κάθε δόντι ο πολφός περιβάλλεται από οδοντίνη η οποία με τη σειρά της περιβάλλεται στα όρια της ρίζας από την οστεΐνη και στα όρια της μύλης από την αδαμαντίνη.



Εικ. 5.2.5:
Τα μέρη του δοντιού.

Το σκληρό τμήμα του δοντιού αποτελείται από την οδοντίνη, την οστεΐνη και την αδαμαντίνη (Εικ. 5.2.5). Η **οδοντίνη** είναι ιστός παρόμοιος με τον οστίτη ιστό, εμπλουτισμένος με κρυστάλλους ασβεστίου. Τα άλατα ασβεστίου αποτελούν το 70% του ξηρού της βάρους. Παράγεται από κύτταρα που ονομάζονται οδοντινοβλάστες. Η **αδαμαντίνη** είναι το πιο σκληρό και το πιο πλούσιο σε ασβέστιο τμήμα του σώματος. Αποτελείται από 95% άλατα ασβεστίου, 0,5% οργανικές ουσίες και το υπόλοιπο από νερό. Παράγεται από κύτταρα που ονομάζονται αδαμαντινοβλάστες.

τοιχώματα των βακτηρίων και έτσι συμβάλλει στην άμυνα του οργανισμού απέναντι στα παθογόνα μικρόβια που βρίσκονται στη στοματική κοιλότητα. Τα μικρόβια αυτά προκαλούν βλάβες στα δόντια (τερηδόνα) και τα ούλα (ουλίτιδα). Στη στοματική κοιλότητα υπάρχει ένας φυσιολογικός πληθυσμός βακτηρίων (η φυσιολογική μικροβιακή χλωρίδα). Τα προϊόντα του μεταβολισμού αυτών των βακτηρίων αναστέλλουν την ανάπτυξη των παθογόνων μικροβίων, συμβάλλοντας έτσι στην άμυνα του οργανισμού.

5.2.2 Η πέψη στη στοματική κοιλότητα

Α. Μηχανική πέψη: Στη στοματική κοιλότητα με τη βοήθεια της μάσησης στην οποία συμβάλλουν η γλώσσα και τα δόντια και με τη βοήθεια του σάλιου η τροφή μετατρέπεται σε βλωμό, ο οποίος εύκολα μπορεί να οδηγηθεί στον φάρυγγα και από εκεί στον οισοφάγο και στο στομάχι (κατάποση).

Β. Χημική πέψη: Στη στοματική κοιλότητα γίνεται διάσπαση των υδατανθράκων με τη βοήθεια του ενζύμου **πτυαλίνη** (α-αμυλάση) που εκκρίνεται από τους παρωτιδικούς σιελογόνους αδένες. Κατά τη χημική αυτή διαδικασία οι μεγάλες αλυσίδες των πολυσακχαριτών (άμυλο) διασπώνται σε μικρότερες.

5.2.3 Ο φάρυγγας

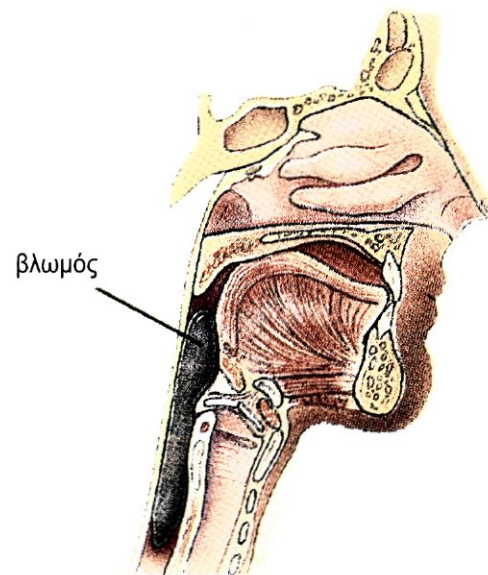
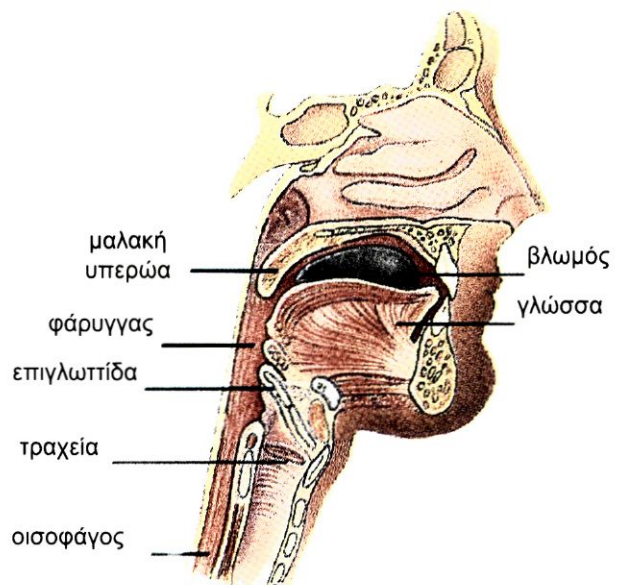
Ο φάρυγγας είναι ένας ινομυώδης σωλήνας μήκους 15 cm περίπου, ο οποίος καλύπτεται εσωτερικά από βλεννογόνο. Συνδέει την στοματική κοιλότητα με τον οισοφάγο αλλά επικοινωνεί και με τη ρινική κοιλότητα και με τον λάρυγγα και κατ' επέκταση με τη τραχεία (αναπνευστικό σύστημα).

5.2.4 Ο οισοφάγος

Ο οισοφάγος (Εικ.5.2.1) είναι ένας μυώδης σωλήνας που συνδέει τον φάρυγγα με το στομάχι. Έχει μήκος 25 cm περίπου. Εκκρίνει βλέννα που βοηθάει στην κίνηση του βλωμού προς το στομάχι.

5.2.5 Από τη στοματική κοιλότητα στο στομάχι (κατάποση).

Η διαδρομή από τη στοματική κοιλότητα στο στομάχι (Εικ.5.2.6) απαιτεί περίπου εννέα δευτερόλεπτα για τον βλωμό και λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο για τα υγρά. Η διαδικασία της κατάποσης αρχίζει εκούσια και ολοκληρώνεται ακούσια. Εξελίσσεται δε, σε τρία στάδια: Στο πρώτο στάδιο (στάδιο της οικειοθελούς κατάποσης) η γλώσσα, με κατάλληλες κινήσεις προωθεί το βλωμό προς τον φάρυγγα, ανακόπτοντας παράλληλα την επικοινωνία φάρυγγα - στοματικής κοιλότητας. Στο δεύτερο στάδιο (φαρυγγικό στάδιο) ο βλωμός προωθείται προς τον οισοφάγο με τη βοήθεια των μυών του φάρυγγα. Ταυτόχρονα, η μαλακή υπερώα μετακινείται προς τα επάνω και ανακόπτει την επικοινωνία με τη ρινική κοιλότητα. Ταυτόχρονα, ο λάρυγγας μετακινείται προς τα επάνω και με τη βοήθεια της επιγλωττίδας κλείνει το φαρυγγικό στόμιο του λάρυγγα, εμποδίζοντας την είσοδο του βλωμού στον λάρυγγα και από εκεί στην τραχεία. Στο τρίτο (επίσης ακούσιο) στάδιο, δημιουργούνται αντανakλαστικά περισταλτικές κινήσεις στον οισοφάγο που οδηγούν τον βλωμό στο στομάχι (Εικ.5.2.6).



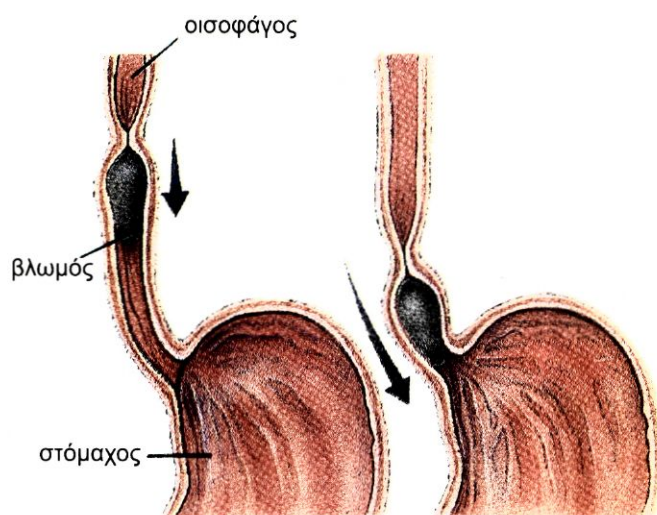
5.2.6 Ο στόμαχος

Ο στόμαχος είναι ένας μυώδης σάκος με χωρητικότητα περίπου 2 λίτρα. Η μορφή του ποικίλλει ανάλογα με το άτομο και το βαθμό πλήρωσής του, καθώς παρουσιάζει ικανότητα διάτασης των τοιχωμάτων του.

Στο στομάχο διακρίνονται διάφορες περιοχές: ο **πυθμένας**, το **σώμα**, και η **πυλωρική περιοχή** (Εικ.5.2.7). Επικοινωνεί με τον οισοφάγο μέσω του καρδιακού στομίου και με το πρώτο τμήμα του λεπτού εντέρου, τον δωδεκαδάκτυλο μέσω του πυλωρικού στομίου.

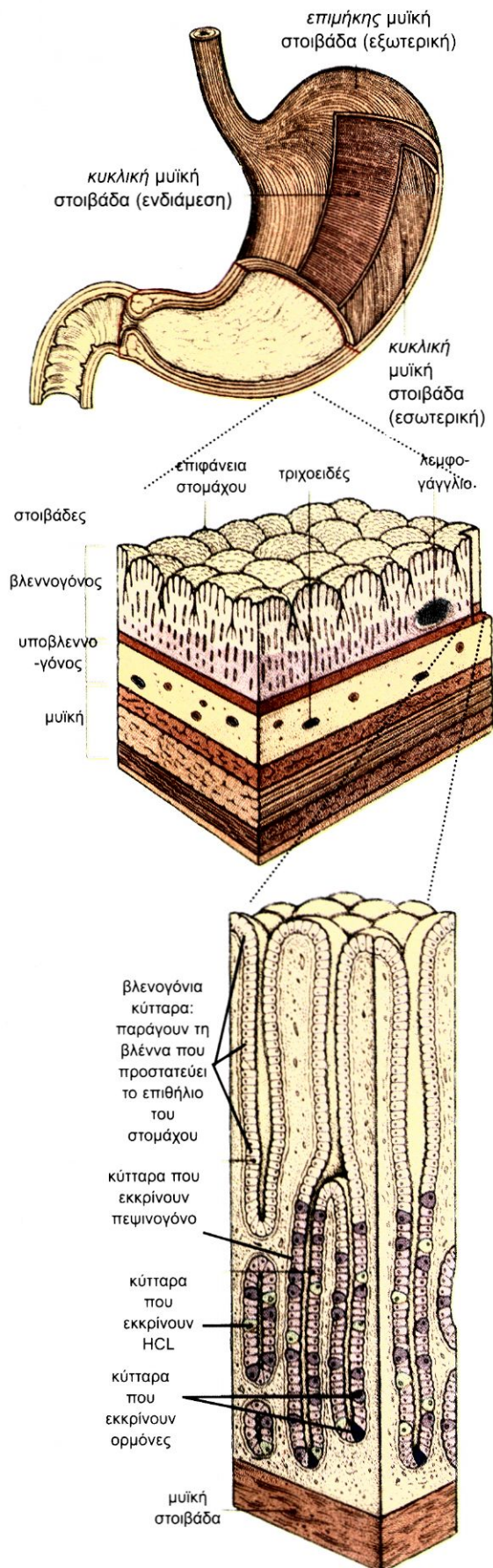
Οι λειτουργίες του στομάχου είναι η προσωρινή αποθήκευση της τροφής, ή έκκριση διαφόρων ουσιών και η ανάμειξή τους με τη τροφή έτσι ώστε να δημιουργηθεί ο **χυλός**, που στη συνέχεια προωθείται στο λεπτό έντερο. Στο στομάχι γίνεται, επίσης, μερική πέψη των πρωτεϊνών.

Στο στομάχι εκκρίνονται **γαστρικό υγρό** και βλέννα, καθώς και διάφορες σημαντικές για την πέψη ουσίες (όπως η ορμόνη γαστρίνη).



Εικ. 5.2.6:

Τα στάδια της κατάποσης: α. στάδιο οικειοθελούς κατάποσης, β. φαρυγγικό στάδιο, γ. οισοφαγικό στάδιο.



Εικ. 5.2.7:

Ο στόμαχος, οι μυϊκές στοιβάδες και τα επιθηλιακά του κύτταρα.

Το γαστρικό υγρό παράγεται από αδένες του σώματος του στομάχου και είναι πολύ όξινο αφού περιέχει υδροχλωρικό οξύ (pH 0,8 - 3). Το υδροχλωρικό οξύ μετατρέπει το ανενεργό προένζυμο πεψινογόνο σε ενεργό ένζυμο, την **πεψίνη**, που συμμετέχει στη διάσπαση των πρωτεϊνών.

Η **βλέννα**, παράγεται από ειδικά κύτταρα του βλεννογόνου και προστατεύει τα τοιχώματα του στομάχου από τη δράση του γαστρικού υγρού.

Η ορμόνη **γαστρίνη** του στομάχου καθώς και διάφορες ορμόνες του λεπτού εντέρου ελέγχουν την έκκριση του γαστρικού υγρού.

5.2.6.1 Η πέψη στο στομάχι

A. Μηχανική πέψη: Μερικά λεπτά αφότου η τροφή εισέλθει στο στομάχι αρχίζουν να δημιουργούνται περισταλτικά κύματα τα οποία προωθούν τη τροφή προς το λεπτό έντερο (δωδεκαδάκτυλο). Οι κινήσεις αυτές αναμιγνύουν την τροφή με τα υγρά που εκκρίνονται από τους αδένες του σώματος (κυρίως) του στομάχου και δημιουργούν το χυλό. Όταν η τροφή φθάσει στον πυλωρό, κάθε περισταλτικό κύμα προωθεί μια μικρή ποσότητα χυλού προς το λεπτό έντερο μέσω του πυλωρικού στομίου. Το μεγαλύτερο μέρος του χυλού ξαναγυρνάει στο σώμα του στομάχου για περαιτέρω ανάδευση. Το επόμενο κύμα θα προκαλέσει ακριβώς τα ίδια και έτσι η παραμονή της τροφής στο στομάχι διαρκεί αρκετή ώρα.

B. Χημική πέψη: Η βασική βιοχημική δραστηριότητα που παρατηρείται στο στομάχι είναι η μερική διάσπαση των πρωτεϊνών με τη βοήθεια του ενζύμου πεψίνη. Η πεψίνη παράγεται αρχικά με τη μορφή πεψινογόνου (προένζυμο) το οποίο ενεργοποιείται από το γαστρικό υγρό. Η πεψίνη διασπά τις μεγάλες πολυπεπτιδικές αλυσίδες σε μικρότερες. Στο στομάχι δεν γίνεται απορρόφηση των τροφών.

5.2.7 Το λεπτό έντερο

Το λεπτό έντερο (Εικ. 5.2.1, 5.2.9) είναι ένας επιμήκης σωλήνας με μήκος περίπου 3 m αλλά με σχετική μικρή διάμετρο (2,5 cm). Αποτελείται από το **δωδεκαδάκτυλο**, τη **νήσιδα** και τον **ειλεό**. Επικοινωνεί με το στομάχι μέσω του πυλωρικού στομίου και με το παχύ έντερο μέσω της ειλεοκολικής βαλβίδας του ειλεού.

Οι λειτουργίες του λεπτού εντέρου συνίστανται στην ολοκλήρωση της πέψης των υδατανθράκων, των λιπών και των πρωτεϊνών, καθώς και στην απορρόφηση αυτών των συστατικών.

Το πρώτο τμήμα του λεπτού εντέρου είναι το δωδεκαδάκτυλο (Εικ. 5.2.9), το οποίο δέχεται το παγκρεατικό υγρό από το πάγκρεας και τη χολή από το ήπαρ και τη χοληδόχο κύστη. Το παγκρεατικό υγρό περιέχει πάρα πολλά ένζυμα απαραίτητα στη πέψη, ενώ η χολή δεν περιέχει ένζυμα αλλά άλλους παράγοντες που συμβάλλουν στην πέψη.

Στα τοιχώματα του λεπτού εντέρου υπάρχουν πολλές πτυχές. Σε καθεμιά από αυτές υπάρχουν πολλές λάχνες, το τοίχωμα των οποίων αποτελείται από επιθηλιακά κύτταρα. Κάθε κύτταρο έχει πολλές μικροσκοπικές προεκβολές, τις μικρολάχνες (Εικ. 5.2.8) φέρει προεκβολές, τις λάχνες. Τα επιθηλιακά κύτταρα των λαχνών φέρουν μικροσκοπικές προεκβολές τις μικρολάχνες (Εικ. 5.2.10). Με τις πτυχές, τις λάχνες και τις μικρολάχνες αυξάνεται κατά πολύ η επιφάνεια απορρόφησης του λεπτού εντέρου, η οποία φθάνει τα 200 με 250 m². Τα επιθηλιακά κύτταρα παράγουν και εκκρίνουν το εντερικό υγρό, περίπου 2 λίτρα ημερησίως, το οποίο δεν περιέχει ένζυμα. Το εντερικό υγρό συντελεί στη διατήρηση της ρευστότητας του εντερικού περιεχομένου. Στην επιφάνεια των μικρολαχνών βρίσκονται ένζυμα που συντελούν στην τελική αποικοδόμηση των συστατικών του χυλού. Η τελική απορρόφηση διευκολύνεται από τις κατάλληλες κινήσεις του λεπτού εντέρου, αλλά και των λαχνών.

Επίσης στο λεπτό έντερο (όπως και στο στόμαχο) παράγεται βλέννα. Η βλέννα αυτή προστατεύει τα τοιχώματα του λεπτού εντέρου από το πολύ όξινο γαστρικό υγρό που έρχεται από το στομάχι, κυρίως στη περιοχή του δωδεκαδάκτυλου.

Οι εκκρίσεις του λεπτού εντέρου ελέγχονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και από ορμόνες του λεπτού εντέρου όπως η εκκριματίνη

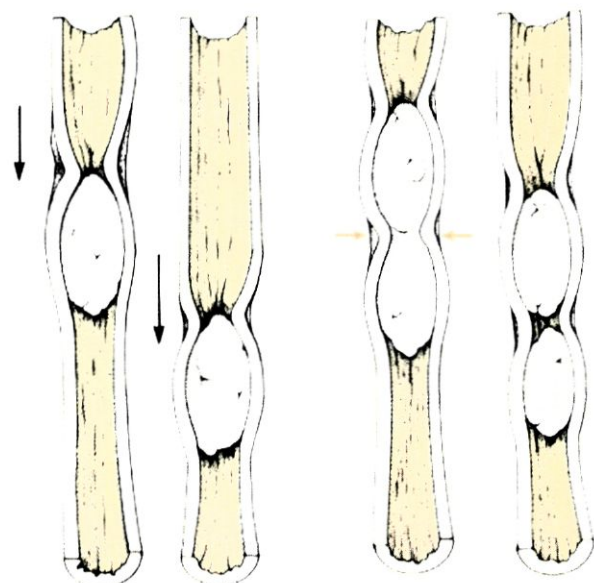
5.2.7.1 Η πέψη στο λεπτό έντερο

Α. Μηχανική: Με τις συστολές των λείων μυϊκών ινών του μυϊκού χιτώνα στο λεπτό έντερο, ο χυλός προωθείται στο λεπτό έντερο αλλά ταυτόχρονα τέμνεται σε μικρότερα τμήματα (Εικ.5.2.9). Αποτέλεσμα αυτών των κινήσεων είναι η ανάμιξη του περιεχομένου με τα πεπτικά

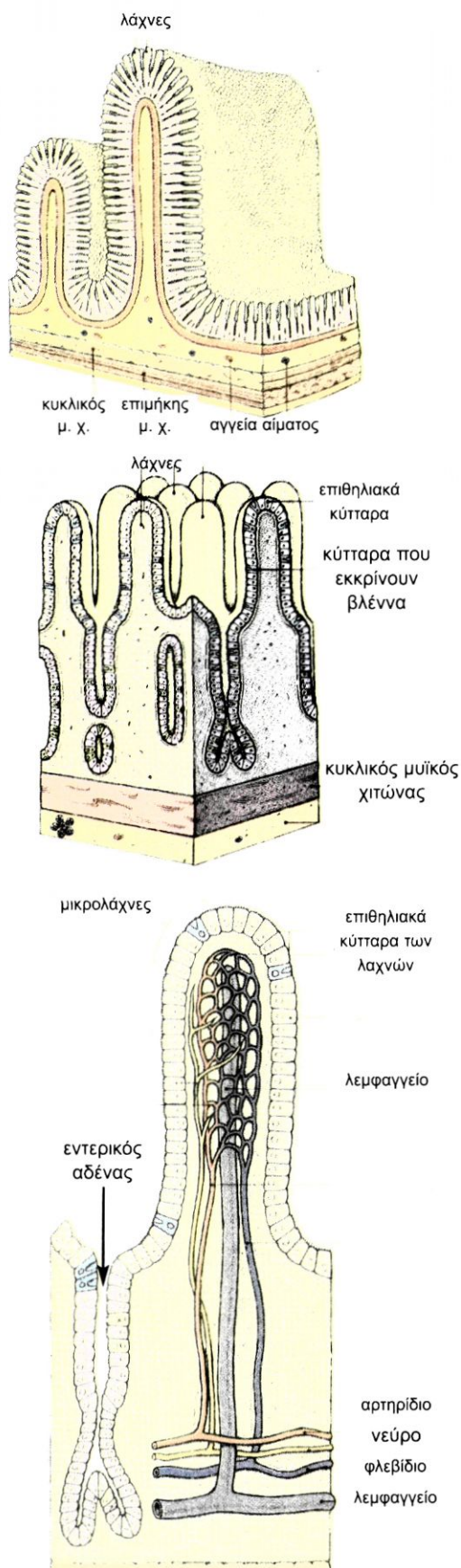
Ουσίες όπως η αλκοόλη διεγείρουν τα κύτταρα που παράγουν τη γαστρίνη, η οποία με τη σειρά της προκαλεί την έκκριση του γαστρικού υγρού. Γι αυτό άλλωστε και η χρήση του αλκοόλ έχει ενσωματωθεί στην παραδοσιακή κουζίνα όλων ανεξαιρέτως των πολιτισμών. Υπερβολές στη χρήση του αλκοόλ (ή επίσης και της καφεΐνης) προκαλεί υπερέκκριση γαστρικού υγρού, γεγονός που μπορεί να διαβρώσει το βλενογόνο και να προκαλέσει έλκος.



Εικ. 5.2.8:
Το λεπτό έντερο σε εγκάρσια διατομή. Η πραγματική του διάμετρος είναι περίπου 2,5 cm.



Εικ. 5.2.9:
Οι περισταλτικές κινήσεις του εντέρου. Χάρη σε αυτές, ο χυλός όχι μόνο προωθείται αλλά και διασπάται.



Εικ. 5.2.10:
Το λεπτό έντερο (δωδεκαδάκτυλο)
και οι ιστολογίες του.

υγρά και η προώθηση κατά μήκος του λεπτού εντέρου. Οι κινήσεις βοηθούν στην επαφή του εντερικού περιεχομένου με τον βλεννογόνο όπου και γίνεται η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον με τις κινήσεις αυτές προωθούνται τα άχρηστα προϊόντα της πέψης προς το παχύ έντερο μέσω της ειλεοκολικής βαλβίδας. Οι κινήσεις αυτές είναι αποτέλεσμα νευρικών αντανακλαστικών που δημιουργούνται κυρίως από την παρουσία του χυλού στο λεπτό έντερο. Επίσης ελέγχονται από το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό.

Β. Χημική: Η βασική διαδικασία της πέψης γίνεται στο λεπτό έντερο. Τα περισσότερα απαραίτητα για την πέψη ένζυμα βρίσκονται στο παγκρεατικό υγρό.

Οι υδατάνθρακες άμυλο και γλυκογόνο, διασπώνται από την παγκρεατική α-αμυλάση σε δισακχαρίτες (όπως μαλτόζη, λακτόζη και σακχαρόζη), οι οποίοι στη συνέχεια διασπώνται σε μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη), μέσω ειδικών ενζύμων (μαλτάση, λακτάση, σακχαράση) που παράγουν τα κύτταρα του επιθηλίου των λαχνών.

Τα λίπη, αφού πρώτα γαλακτοματοποιηθούν, διασπώνται από την παγκρεατική λιπάση σε γλυκερίνη και λιπαρά οξέα.

Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες που έρχονται από το στόμαχο διασπώνται από τα διάφορα ένζυμα του παγκρεατικού υγρού (θρυψίνη, χυμοθρυψίνη, καρβοξυπεπτιδάση, αμινοπεπτιδάση) σε διπεπτίδια, ενώ τα ένζυμα του επιθηλίου των λαχνών (διπεπτιδάσες) διασπούν τα διπεπτίδια σε αμινοξέα.

Στο λεπτό έντερο ολοκληρώνεται και η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών.

5.2.8. Το παχύ έντερο

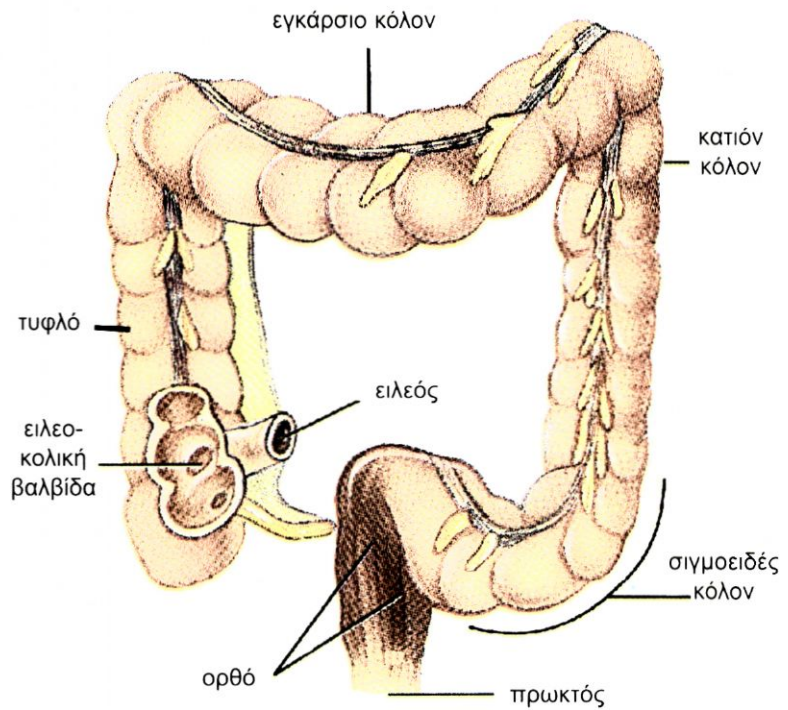
Το παχύ έντερο (Εικ. 5.2.11) έχει μήκος 1.6 m περίπου και μεγαλύτερη διάμετρο από το λεπτό έντερο. Αποτελείται από το τυφλό, το κόλον και το ορθό (απευθυσμένο). Το τυφλό συνδέεται με τον ειλεό μέσω της ειλεοκολικής βαλβίδας η οποία επιτρέπει τη διέλευση του περιεχομένου του λεπτού εντέρου προς το παχύ αλλά όχι αντίθετα. Πολύ κοντά στην ειλεοκολική βαλβίδα είναι και η σκωληκοειδής απόφυση. Το κόλον αποτελείται από τα ανιόν, το εγκάρσιο, το σιγμοειδές και το κατión κόλον. Το ορθό καταλήγει στο πρωκτό.

Ο πρωκτός περιβάλλεται από δύο σφιγκτήρες μύες, τον έσω και τον έξω. Ο έσω λειτουργεί ανεξάρτητα από τη θέλησή μας, ενώ ο έξω εξαρτάται. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι ενώ η αφόδευση είναι λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος, στον ενήλικα ελέγχεται σε μεγάλο βαθμό.

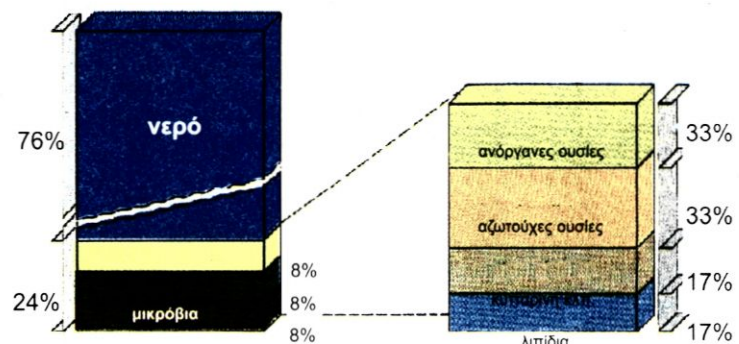
Η λειτουργία του παχέος εντέρου είναι η απορρόφηση κυρίως του νερού και των αλάτων ώστε να αποκατασταθεί το ποσό του νερού και των ηλεκτρολυτών και να συμπυκνωθεί το υλικό ώστε να δημιουργηθούν τα κόπρανα.

Τα κόπρανα αποτελούνται (Εικ. 5.2.12) από άπεπτα υπολείμματα των τροφών, χολοχρωστικές και χολικά άλατα, εντερικές εκκρίσεις, νεκρωμένα επιθηλιακά κύτταρα του βλεννογόνου, λευκά αιμοσφαίρια, βακτήρια (το 1/3 των στερεών συστατικών των κοπράνων) και ανόργανα άλατα (κυρίως Ca και P).

Στο παχύ έντερο παράγεται βλέννα, η οποία προστατεύει τα τοιχώματα από τα οξέα που παράγονται από τα βακτήρια του παχέος εντέρου. Παράλληλα, η βλέννα αυτή ουδετεροποιεί τα κόπρανα και τα κάνει ολισθηρά.



Εικ. 5.2.11:
Το παχύ έντερο



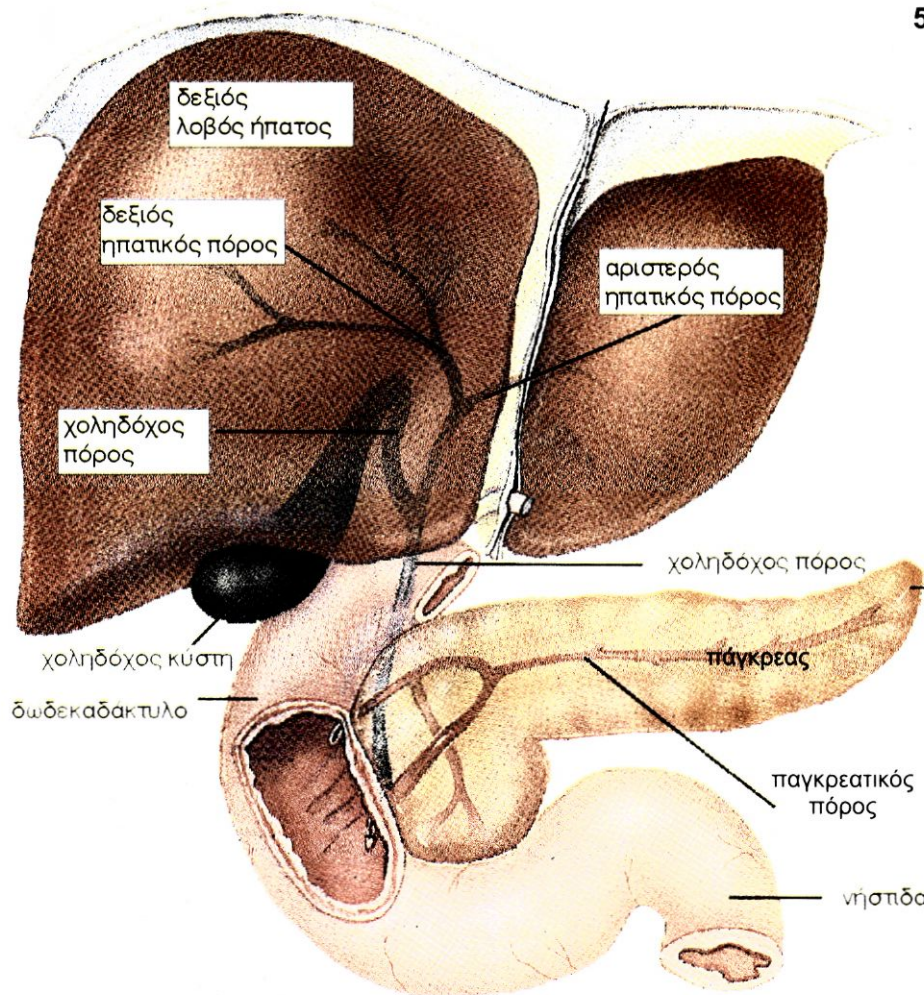
Εικ. 5.2.12:
Σύσταση των κοπράνων

5.2.9 Προσαρτημένοι αδένες του γαστρεντερικού σωλήνα

5.2.9.1 Το πάγκρεας

Το **πάγκρεας** (Εικ. 5.2.13) είναι ένας μεγάλου μεγέθους και μαλακής υφής αδένας ο οποίος βρίσκεται πίσω από το στομάχι, στο πίσω κοιλιακό τοίχωμα. Είναι μεικτός αδένας, δηλαδή είναι και ενδοκρινής και εξωκρινής. Η ενδοκρινής μοίρα παράγει τις ορμόνες ινσουλίνη και γλυκαγόνη, οι οποίες δεν έχουν άμεση σχέση με την πέψη αλλά συμμετέχουν στη ρύθμιση του μεταβολισμού των υδατανθράκων από τα υπόλοιπα κύτταρα του οργανισμού. Η εξωκρινής μοίρα παράγει το

παγκρεατικό υγρό, 1.200-1.500 ml ημερησίως, που μέσω του παγκρεατικού πόρου καταλήγει στον δωδεκαδάκτυλο. Το παγκρεατικό υγρό περιέχει τα περισσότερα ένζυμα που συμμετέχουν στην πέψη. Ακόμη περιέχει NaHCO_3 που χρησιμεύει στην εξουδετέρωση του οξέος που έρχεται από το στομάχι στο λεπτό έντερο. Η έκκριση του παγκρεατικού υγρού ρυθμίζεται από νευρικά ερεθίσματα καθώς και από ορμόνες του λεπτού εντέρου.



Εικ. 5.2.13:
Ήπαρ, χοληδόχος κύστη, πάγκρεας,
δωδεκαδάκτυλο

5.2.9.2. Το ήπαρ

Το **ήπαρ** (Εικ. 5.2.13) είναι ο μεγαλύτερος αδένας του σώματος και βρίσκεται στην άνω κοιλία. Αποτελείται από ηπατικά κύτταρα, τα οποία παράγουν συνεχώς χολή. Η χολή είναι ένα υγρό που αποτελείται από νερό, χολικά και ανόργανα άλατα, χολοχρωστικές όπως η χολερυθρίνη, χοληστερόλη κ.ά. Η χολή χρησιμεύει στη γαλακτοματοποίηση των λιπών και κατ' επέκταση στη διάσπασή τους. Η χολή όταν δεν υπάρχει λίπος στο δωδεκαδάκτυλο αποθηκεύεται στη χοληδόχο κύστη. Η παρουσία λίπους στο δωδεκαδάκτυλο προκαλεί την έκκριση της ορμόνης χολοκυστοκινίνης, η οποία προκαλεί σύσπασση στη χοληδόχο κύστη άρα και μεταφορά της στο έντερο μέσω του χοληδόχου πόρου. Το ήπαρ έχει πολλές και σημαντικές λειτουργίες, όπως αποθήκευση του γλυκόζης με τη μορφή γλυκογόνου, η αποτοξίνωση του οργανισμού από φάρμακα ή τοξικές ουσίες, η δέσμευση της αμμωνίας και η παραγωγή ουρίας, η σύνθεση πολλών πρωτεϊνών του πλάσματος όπως το ινωδογόνο κ.ά. που το καθιστούν το ήπαρ "βιοχημικό εργαστήριο του οργανισμού"

5.3. ΠΕΨΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

5.3.1 Πέψη και απορρόφηση των υδατανθράκων

Οι κύριοι υδατάνθρακες της διατροφής μας είναι οι πολυσακχαρίτες (άμυλο, γλυκογόνο, κυτταρίνη), οι δισακχαρίτες (μαλτόζη, λακτόζη) και οι μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη και γαλακτόζη). Οι υδατάνθρακες θεωρούνται ως η πρωταρχική πηγή ενέργειας του οργανισμού, καθώς πέπτονται και χρησιμοποιούνται ευκολότερα

από τα λίπη. Περίπου το 50% των ενεργειακών μας αναγκών καλύπτεται από υδατάνθρακες.

Η κυτταρίνη δεν αξιοποιείται από τον οργανισμό μας γιατί δεν υπάρχουν κατάλληλα ένζυμα για τη πέψη της. Μερική διάσπαση κυτταρίνης γίνεται στο παχύ έντερο από μικροοργανισμούς.

Η διάσπαση των υδατανθράκων ξεκινά από τη στοματική κοιλότητα με τη βοήθεια της πτυαλίνης (α-αμυλάση), η οποία και διασπά το 50% του αμύλου. Το υπόλοιπο, όπως και οι μικρές αλυσίδες πολυσακχαριτών διασπώνται σε δισακχαρίτες στο λεπτό έντερο με τη βοήθεια της παγκρεατικής α-αμυλάσης.

Οι δισακχαρίτες διασπώνται στο λεπτό έντερο από ένζυμα (μαλτάση, λακτάση, σακχαράση) που βρίσκονται στον εντερικό βλεννογόνο. Οι μονοσακχαρίτες γλυκόζη, φρουκτόζη και γαλακτόζη αποτελούν τελικά προϊόντα της πέψης των υδατανθράκων.

Οι μονοσακχαρίτες απορροφώνται (Εικ. 5.3.1) με ενεργητική μεταφορά μέσω των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου και μεταφέρονται (Εικ. 5.3.2) μέσω της πυλαίας φλέβας στο ήπαρ και από εκεί στην κυκλοφορία του αίματος.

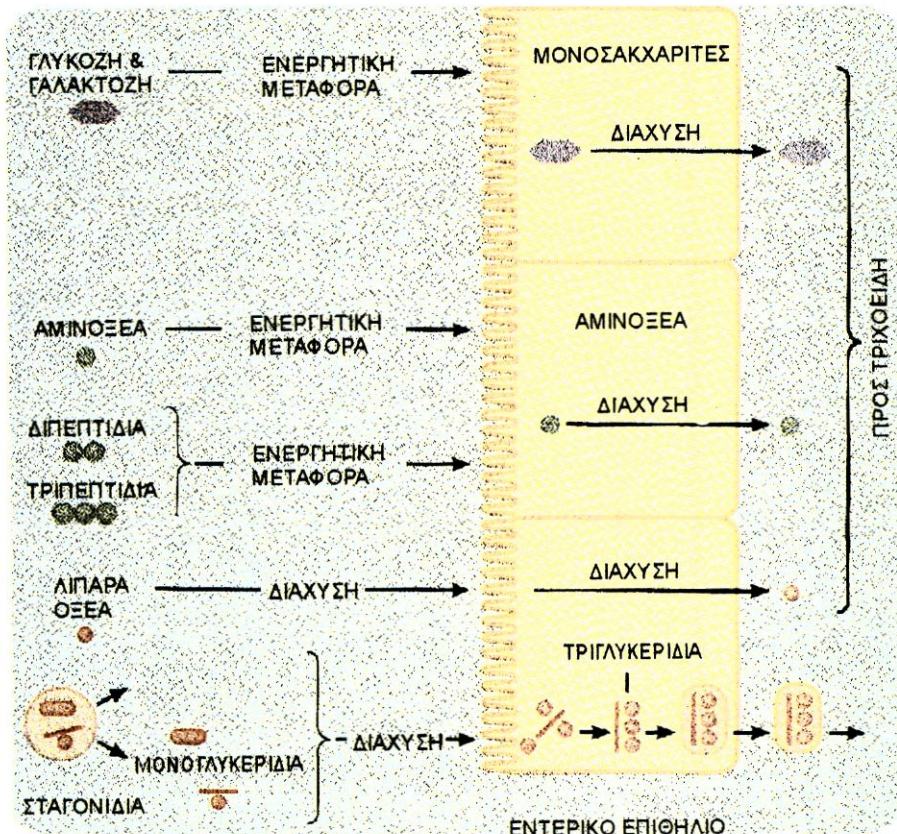
Ορισμένα από τα βακτήρια του παχέος εντέρου είναι χρήσιμα γιατί εκτός των άλλων, παράγουν βιταμίνες, όπως η βιταμίνη Κ. (Πιν. 5.3.2).

5.3.2 Πέψη και απορρόφηση των λιπών

Τα ουδέτερα λίπη, τα φωσφολιπίδια και η χοληστερόλη είναι τα κύρια λίπη της διατροφής μας. Τα ουδέτερα λίπη αποτελούν αποθήκες ενέργειας, ενώ τα φωσφολιπίδια αποτελούν βασικό συστατικό των βιολογικών μεμβρανών.

Τα λίπη αποτελούν δευτερεύουσα πηγή ενέργειας. Σε περίπτωση έλλειψης υδατανθράκων ο οργανισμός διασπά τα λίπη και συνθέτει γλυκόζη, καλύπτοντας έτσι από τα λίπη τις ενεργειακές τους ανάγκες.

Τα λίπη αποθηκεύονται σε μεγάλες ποσότητες στον λιπώδη ιστό και το ήπαρ.



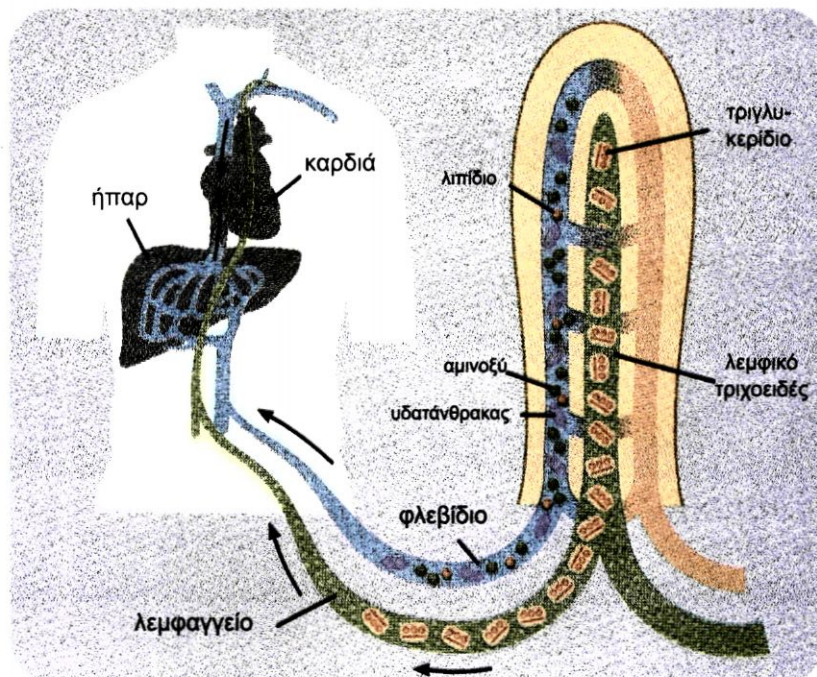
Εικ. 5.3.1:
Μηχανισμοί απορρόφησης θρεπτικών ουσιών,
από τα επιθηλιακά κύτταρα των λαχνών.

Για τη διάσπαση των λιπών απαιτείται προηγούμενα η γαλακτοματοποίησή τους δηλαδή η διάσπασή τους σε μικρά σταγονίδια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μεγαλώσει η επιφάνεια δράσης της παγκρεατικής λιπάσης.

Η γαλακτοματοποίηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια

των χολικών αλάτων της χολής, της χοληστερόλης, του φωσφολιπιδίου λεκιθίνη κ.ά. Μετά τη γαλακτοματοποίηση η παγκρεατική λιπάση διασπά τα ουδέτερα λίπη σε μονογλυκερίδια, λιπαρά οξέα και γλυκερόλη.

Τα λιπαρά οξέα και τα μονογλυκερίδια απορροφούνται παθητικά με διάχυση (Εικ. 5.3.1) μέσω της κυτταρικής μεμβράνης των επιθηλιακών κυττάρων του δωδεκαδάκτυλου. Εκεί επανασυντίθενται σε τριγλυκερίδια και αφού αναμιχθούν με άλλες ουσίες μετατρέπονται σε μικρά σφαιρίδια που ονομάζονται χυλομικρά. Τα χυλομικρά μέσω του λεμφικού (Εικ.5.3.2) συστήματος καταλήγουν στους διάφορους ιστούς.



Εικ. 5.3.2:

Μεταφορά θρεπτικών ουσιών, μέσω του κυκλοφορικού και του λεμφικού συστήματος.

5.3.3 Πέψη και απορρόφηση των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες είναι απαραίτητες στη διατροφή μας κυρίως ως πηγή αμινοξέων και αυτό γιατί ο οργανισμός δεν είναι σε θέση να συνθέσει και τα 20 αμινοξέα που του χρειάζονται για την οικοδόμηση των πρωτεϊνικών μορίων του και έτσι ορισμένα από αυτά χαρακτηρίζονται ως "απαραίτητα".

Απαραίτητα αμινοξέα χαρακτηρίζονται αυτά τα οποία ο οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει σε επαρκείς ποσότητες ή δεν μπορεί να συνθέσει καθόλου. Η βιολογική αξία των πρωτεϊνών εξαρτάται από τη περιεκτικότητά τους σε απαραίτητα αμινοξέα. Οι ζωικής προέλευσης πρωτεΐνες, κατά κανόνα έχουν μεγαλύτερη βιολογική αξία γιατί εξασφαλίζουν στον οργανισμό τα απαραίτητα αμινοξέα. Αντίθετα οι φυτικής προέλευσης πρωτεΐνες έχουν μικρότερη βιολογική αξία γιατί από αυτές λείπουν ένα ή περισσότερα από τα απαραίτητα αμινοξέα.

Η πλήρης οξείδωση των πρωτεϊνών αποδίδει περίπου 4 θερμίδες ανά γραμμάριο.

Η πλήρης οξείδωση ενός γραμμαρίου λίπους αποδίδει 9 θερμίδες.

Οι υδατάνθρακες αποδίδουν μετά από πλήρη οξείδωση κατά μέσο όρο 4 θερμίδες ανά γραμμάριο.

Στον άνθρωπο απαραίτητα αμινοξέα είναι τα εξής: βαλίνη, θρεονίνη, ισολευκίνη, ιστιδίνη, λευκίνη, λυσίνη, μεθειονίνη, τρυπτοφάνη και φαινυλαλανίνη.

Οι πρωτεΐνες χρησιμεύουν ως πηγή ενέργειας σε περιπτώσεις αυξημένων ενεργειακών αναγκών (π.χ. αστία) όταν δηλαδή υπάρχει έλλειψη υδατανθράκων και λιπών. Ένα μικρό ποσοστό των πρωτεϊνών διασπάται στο στομάχι με τη βοήθεια της πεψίνης. Το 90% των πρωτεϊνών ενός γεύματος πέπτονται στο δωδεκαδάκτυλο με την επίδραση των ενζύμων του παγκρεατικού υγρού. Η πέψη των πρωτεϊνών σε αμινοξέα ολοκληρώνεται από τις πεπτιδάσες που βρίσκονται στα επιθηλιακά κύτταρα του βλεννογόνου του λεπτού εντέρου.

Τα αμινοξέα απορροφούνται (Εικ. 5.3.1) με ενεργητική μεταφορά από τα επιθηλιακά κύτταρα του λεπτού εντέρου και με την κυκλοφορία του αίματος (Εικ. 5.3.2) μεταφέρονται στους ιστούς.

5.3.4 Ανόργανα άλατα και ιχνοστοιχεία

Ο οργανισμός μας χρειάζεται έναν αριθμό ανόργανων συστατικών που τα προσλαμβάνει από τις οργανικές τροφές (υπάρχουν ανόργανα μέταλλα σε αρκετές οργανικές ενώσεις) ή με τη μορφή ριζών ή απλών ιόντων των χημικών στοιχείων. Οι ανόργανες ουσίες (Πιν. 5.3.1) όπως το νάτριο, το χλώριο, το κάλιο, το ασβέστιο, ο φωσφόρος, το μαγνήσιο είναι απαραίτητα σε καθημερινή βάση σε σχετικά μεγάλη ποσότητα και είναι σχεδόν άφθονα στις τροφές. Στοιχεία όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το μολυβδαίνιο, το σελήνιο, το χρώμιο, το ιώδιο κ.ά. είναι απαραίτητα στον οργανισμό σε ελάχιστη ποσότητα και ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Η χρησιμότητα αρκετών από τα στοιχεία αυτά φαίνεται στον πίνακα 5.3.1

5.3.5 Βιταμίνες

Οι βιταμίνες είναι οργανικές ουσίες που ο οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει ή τις συνθέτει σε ποσά μικρότερα από τα απαραίτητα και κατά συνέπεια τις προσλαμβάνει μέσω των τροφών. Αν εξαιρέσουμε τη βιταμίνη C, όλες οι άλλες βιταμίνες απαιτούνται σε πολύ μικρές ποσότητες. Οι βιταμίνες δρουν ως συστατικά ενζυμικών συστημάτων και μετέχουν σε βασικές μεταβολικές λειτουργίες. Οι βιταμίνες διακρίνονται σε λιποδιαλυτές (D, E, K, A) και σε υδατοδιαλυτές. Οι λιποδιαλυτές βιταμίνες απορροφώνται διαλυμένες σε λίπη. Αυτές αποθηκεύονται στο ήπαρ και συνεπώς δεν είναι απαραίτητο να προσλαμβάνονται συνεχώς. Οι υδατοδιαλυτές βιταμίνες απορροφώνται διαλυμένες σε νερό και αποβάλλονται με τα ούρα για αυτό και πρέπει να προσλαμβάνονται τακτικά.

Υπάρχουν βιταμίνες που συντίθενται στον οργανισμό όπως η βιταμίνη D και η βιταμίνη K. Η τελευταία είναι αποτέλεσμα παραγωγής των βακτηρίων του παχέος εντέρου.

Η δράση των βιταμινών είναι εξειδικευμένη και ανεπάρκειά τους προκαλεί σοβαρές διαταραχές στον οργανισμό (Πιν. 5.3.2).

Η κατάχρηση στη λήψη βιταμινών μπορεί να οδηγήσει σε ανάλογες δυσλειτουργίες στον οργανισμό. Ενδεικτικά αναφέρουμε τη "δηλητηρίαση" με βιταμίνη A που οδηγεί σε παθήσεις του σκελετού (υπερπλασία του περιόστεου) ή σε διαταραχές στην ομοιόσταση του ασβεστίου (υπερασβεσταιμία) που προκαλείται από λήψη μεγάλων δόσεων βιταμίνης D.



Είναι γνωστή η αδυναμία πολλών από εμάς στις λεγόμενες "πλαστικές τροφές", όπως οι τροφές που σερβίρονται σε αλυσίδες fast food. Προσπαθήστε να συλλέξετε στοιχεία από βιβλιοθήκες ή το διαδίκτυο για την θρεπτική αξία των προϊόντων που πωλούνται στα παραπάνω καταστήματα. Οργανώστε συζήτηση με τους συμμαθητές σας πάνω στο θέμα αυτό. Σχεδιάστε ένα φυλλάδιο που να περιέχει πληροφορίες σε σχέση με το παραπάνω θέμα και μοιράστε το στους μαθητές των μικρότερων τάξεων του σχολείου σας. Προσπαθήστε να κάνετε μια παρόμοια μελέτη στα προϊόντα που βρίσκονται στη καντίνα του σχολείου σας.

Πίνακας 5.3.1. Ανόργανα στοιχεία σημαντικά στον άνθρωπο.

Στοιχείο	Πηγές	Σημασία
Ασβέστιο (Ca)	Πηγές ασβεστίου αποτελούν το γάλα, τα αυγά και τα πράσινα λαχανικά.	Εμφανίζεται συνήθως σε συνδυασμό με το φωσφόρο. Το 99% είναι συγκεντρωμένο στα οστά και τα δόντια καθώς επίσης και στους μύες και στο πλάσμα. Η απορρόφησή του είναι δυνατή μόνο παρουσία της βιταμίνης D.
Φωσφόρος (P)	Πηγές φωσφόρου αποτελούν τα γαλακτομικά προϊόντα, το κρέας, τα ψάρια κτλ.	Το 80% βρίσκεται στα οστά και στα δόντια καθώς και στους μύες, στα εγκεφαλικά κύτταρα και στο αίμα. Παιζει σημαντικό ρόλο στη μυϊκή συστολή και στην λειτουργία των νευρικών κυττάρων. Αποτελεί συστατικό πολλών ενζύμων. Συμμετέχει στην μεταφορά και την αποθήκευση ενέργειας (ATP). Αποτελεί συστατικό του DNA και RNA
Θείο (S)	Πηγές θείου αποτελούν το κρέας, τα ψάρια, το γάλα, τα αυγά, τα τυριά και τα φασόλια.	Συστατικό πολλών πρωτεϊνών όπως η ινσουλίνη και το κολλαγόνο και μερικών βιταμινών όπως η βιοτίνη και η Β (θειαμίνη). Ως συστατικό πολλών ορμονών και βιταμινών, συμμετέχει στον έλεγχο πολλών οργανισμικών λειτουργιών.
Νάτριο (Na)	Η φυσιολογική πρόσληψη αλατιού (NaCl) εφοδιάζει τον οργανισμό με την απαραίτητη ποσότητα νατρίου.	Βρίσκεται κυρίως στο μεσοκυττάριο υγρό. Συμμετέχει στη δημιουργία και μεταβίβαση των νευρικών ώσεων καθώς και στη μυϊκή συστολή. Συμμετέχει στην απορρόφηση αμινοξέων και σακχάρων μετά την πέψη.
Κάλιο (K)	Σε όλες τις τροφές (σχεδόν).	Κύριο κατιόν του ενδοκυττάριου υγρού. Συμμετέχει στη δημιουργία και μεταβίβαση των νευρικών ώσεων καθώς και στη μυϊκή συστολή.
Χλώριο (Cl)	Η φυσιολογική πρόσληψη αλατιού (NaCl) εφοδιάζει τον οργανισμό με την απαραίτητη ποσότητα χλωρίου.	Κύριο ανιόν του μεσοκυττάριου υγρού. Σημαντικός ρόλος στην διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας, και στο σχηματισμό HCl στο στομάχι.
Σίδηρος (Fe)	Πηγές σιδήρου αποτελούν το κρέας, το συκώτι, οι κρόκοι του αυγού, τα φασόλια κτλ.	Περίπου το 66% βρίσκεται στην αιμοσφαιρίνη, μεταφέροντας το οξυγόνο στα κύτταρα. Συμμετέχει στο σχηματισμό του ATP από τον καταβολισμό
Ιώδιο (I)	Πηγές ιωδίου αποτελούν το ιωδιούχο αλάτι, τα λαχανικά που αναπτύσσονται σε εδάφη πλούσια σε ιώδιο, το μωρουνέλαιο κτλ.	Συστατικό της ορμόνης θυροξίνη που παράγεται στον θυρεοειδή αδένα και ελέγχει τον μεταβολισμό
Χαλκός (Cu)	Πηγές χαλκού αποτελούν τα αυγά, τα φασόλια, τα ψάρια, το σπανάκι, το συκώτι κτλ.	Αποθηκεύεται κυρίως στο ήπαρ και το σπλήνα. Απαραίτητο για τη σύνθεση της αιμοσφαιρίνης. Συστατικό ενζύμων που χρησιμεύουν στη σύνθεση της μελανίνης.
Ψευδάργυρος (Zn)	Πηγή ψευδαργύρου αποτελούν πολλές τροφές κυρίως το κρέας	Σημαντικό στο μεταβολισμό του διοξειδίου του άνθρακα. Απαραίτητο στη φυσιολογική λειτουργία του προστάτη, στο σχηματισμό των σπερματοζωαρίων στον άνδρα. Συμμετέχει στη διάσπαση των πρωτεϊνών ως συστατικό της πεπτιδάσης.
Φθόριο (F)		Συστατικό των δοντιών, των οστών και άλλων ιστών.
Μαγνήσιο (Mg)	Πηγή μαγνησίου αποτελεί το συκώτι και τα λαχανικά.	Ενεργοποιεί πολλά ένζυμα. Απαραίτητο στη σύνθεση της αιμοσφαιρίνης, στο σχηματισμό της ουρίας, στην ανάπτυξη, στην αναπαραγωγή και στο σχηματισμό των οστών.
Κοβάλτιο (Co)	Πηγή κοβαλτίου αποτελεί το συκώτι, οι νεφροί και τα ψάρια.	Συστατικό της βιταμίνης B12. Απαραίτητο στο σχηματισμό των ερυθροκυττάρων.
Χρόμιο (Cr)	Πηγή χρωμίου αποτελεί η ζύμη, το κρασί κτλ.	Συμβάλλει στην αύξηση των επιπέδων της HDL και στη μείωση των επιπέδων LDL. Εμπλέκεται στη ρύθμιση της παραγωγής ινσουλίνης και κατά συνέπεια στη ρύθμιση του μεταβολισμού των υδατανθράκων.
Σελήνιο (Se)	Πηγή σεληνίου αποτελεί το κρέας, τα πουλερικά, ο κρόκος του αυγού, το γάλα, τα μανιτάρια κτλ.	Χρησιμεύει σαν αντιοξειδωτικό. Προλαμβάνει τις χρωμοσωμικές ανωμαλίες και παίζει ρόλο στην αποφυγή διαφόρων γενετικών ανωμαλιών καθώς και κάποιων μορφών καρκίνου.

Πίνακας 5.3.2. Πίνακας των κυριοτέρων βιταμινών

	ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ	ΠΗΓΕΣ	ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ
ΛΙΠΟΔΙΑΛΥΤΕΣ	A	Γάλα, Βούτυρο, Συκώτι ψαριών, Ως προβιταμίνη A: πράσινα και κίτρινα λαχανικά (καρότα) κ.ά.	Ξηροφθαλμία, ξηροδερμία, ευαισθησία στις μολύνσεις της μύτης, του λάρυγγα και του δέρματος
	D (Καλτσιφερόλη)	Γάλα, αυγά, ιχθυέλαια. Συντίθενται στο δέρμα μας με την έκθεση στο ηλιακό φως	Ραχίτιδα, καχεξία κτλ.
	E (Τοκοφερόλη)	Λαχανικά, κυρίως φύτρο σιταριού και μαρούλι, κρέας κ.ά.	Στεριότητα (στα ποντίκια και πιθανώς στον άνθρωπο)
	K	Πράσινα φύλλα κ.ά., Μικροβιακή χλωρίδα του παχέος εντέρου	Αιμορραγία, διαταραχή της πηκτικότητας του αίματος
ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΕΣ	B ₁ (Θειαμίνη)	Δημητριακά, μαγιά μύρας, βοδινό και χοιρινό κρέας	Σοβαρές διαταραχές του πεπτικού και νευρικού συστήματος (ασθένεια Beriberi)
	B ₂ (Ριβοφλαβίνη)	Γάλα, κρέας, πράσινα λαχανικά, ψωμί ολικής αλέσεως	Στοματίτιδα, γενική αδυναμία κ.ά.
	B ₆ (Πυριδοξίνη)	Κρέας	Σπασμοί, δερματίτιδα, γαστρεντερίτιδα
	B ₁₂	Συκώτι ζώων, νεφροί, ψάρια	Αναιμία, διαταραχές στη λειτουργία του νευρικού συστήματος
	Φυλλικό οξύ	Φυτικής και ζωικής προέλευσης τροφές	Ορισμένες μορφές αναιμίας
	Παντοθενικό οξύ	Παντού (απ' όπου και το όνομά του)	Μειωμένη ανάπτυξη, διαταραχές στο ΚΝΣ
	Βιοτίνη	Φυτικής και ζωικής προέλευσης τροφές	Δερματίτιδα, γαστρεντερίτιδα, μυϊκοί πόνοι
	P-P Νιασίνη	Αφθονεί στις τροφές ζωικής προέλευσης, πράσινα φύλλα λαχανικών κ.ά.	Πελάγρα
	C (Ασκορβικό οξύ)	Εσπεριδοειδή, πράσινα λαχανικά, ντομάτες κ.ά.	Σκορβούτο (αιμορραγία στα ούλα, αδυναμία επούλωσης Τραυμάτων, αιματώματα κάτω από το δέρμα κ.ά.)



Πολλές βιταμίνες είναι απαραίτητες σε πολύ μικρές ποσότητες για τον οργανισμό. Η ανεπάρκεια σε βιταμίνες οδηγεί σε σοβαρές δυσλειτουργίες. Η κατάχρηση στη λήψη βιταμινών οδηγεί σε παρόμοιες καταστάσεις. Συλλέξτε πληροφορίες από βιβλιοθήκες ή το διαδίκτυο καθώς και από την επαφή με ειδικούς επιστήμονες και οργανώστε διάλεξη με θέμα "Κατάχρηση στη λήψη βιταμινών - πιθανές συνέπειες".

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενέργεια που απαιτεί ο ανθρώπινος οργανισμός για να διατηρηθεί στη ζωή προέρχεται από συγκεκριμένες κατηγορίες οργανικών χημικών ενώσεων. Αυτές είναι οι **υδατάνθρακες**, οι **πρωτεΐνες** και τα **λίπη**. Η διάσπαση αυτών των ενώσεων και η μεταφορά τους στην κυκλοφορία γίνεται από το πεπτικό σύστημα. Απαραίτητα στοιχεία της διατροφής είναι επίσης και πολλά ανόργανα στοιχεία καθώς επίσης και οι **βιταμίνες**.

Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από τη **στοματική κοιλότητα**, τον **φάρυγγα**, τον **οισοφάγο**, το **στόμαχο**, το **λεπτό έντερο** και το **παχύ έντερο**. Σε κάθε τμήμα του πεπτικού συστήματος γίνεται μηχανική και χημική πέψη της τροφής. Η διάσπαση των υδατανθράκων ξεκινά από τη στοματική κοιλότητα, η πέψη των πρωτεϊνών από το στόμαχο και των λιπών από το δωδεκαδάκτυλο.

Η πλήρης πέψη και απορρόφηση όλων των θρεπτικών συστατικών γίνεται στο λεπτό έντερο με τη βοήθεια **ενζύμων του παγκρέατος** και των **χολικών αλάτων** της χολής καθώς και διαφόρων ορμονών.

Για να γίνει η πέψη είναι απαραίτητη η έκκριση μεγάλων ποσοτήτων υγρών στο εσωτερικό του εντερικού αυλού. Το νερό αυτών των υγρών επαναρροφάται στο **παχύ έντερο**. Το τελικό προϊόν της πέψης είναι τα **κόπρανα** που περιέχουν άπεπτες ουσίες.

Στο γαστρεντερικό σωλήνα (στοματική κοιλότητα, παχύ έντερο) συμβιώνουν φυσιολογικά με τα κύτταρα του σώματος και βακτηριακοί πληθυσμοί μαζί, που χαρακτηρίζονται ως φυσιολογική βακτηριακή χλωρίδα.

Όλα τα στάδια των λειτουργιών του πεπτικού ρυθμίζονται από το ενδοκρινικό και το νευρικό σύστημα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

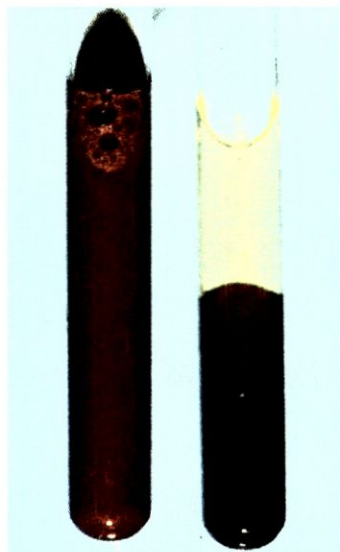
1. Ποιες εκκρίσεις παρατηρούνται στη στοματική κοιλότητα, στο στομάχι και στο λεπτό έντερο; Ποια η χρησιμότητά τους;
2. Πως το πάγκρεας και το ήπαρ συμβάλλουν στη διαδικασία της πέψης;
3. Με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται η αύξηση της απορροφητικής επιφάνειας του λεπτού εντέρου;
4. Να αναφέρεται μια διαφορά μεταξύ της απορρόφησης των αμινοξέων και των λιπών.
5. Ποια υγρά συμμετέχουν στην πέψη; Αιτιολογήστε με μια πρόταση τη συμβολή του καθενός από αυτά στην πέψη.
6. Στο πεπτικό σύστημα υπάρχουν διάφοροι προστατευτικοί μηχανισμοί έναντι των παθογόνων μικροβίων. Αναφέρατε τρία παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών.
7. Να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά τη πρόταση:
 - Η τροφή δεν εισέρχεται στην τραχεία κατά την κατάποση με τη βοήθεια:
 - α. του οισοφάγου
 - β. του λάρυγγα
 - γ. της επιγλωττίδας
 - δ. της γλώσσας
 - Η διάσπαση των πρωτεϊνών γίνεται αρχικά:
 - α. Στη στοματική κοιλότητα
 - β. Στον οισοφάγο
 - γ. Στο λεπτό έντερο
 - δ. Στο στομάχι
 - Ποιο από τα παρακάτω δεν παράγεται στο στομάχι:
 - α. NaHCO_3
 - β. HCl
 - γ. γαστρίνη
 - δ. ενδογενής παράγοντας
 - Η κύρια χημική πέψη γίνεται:
 - α. στο στομάχι
 - β. στο λεπτό έντερο
 - γ. στο ήπαρ
 - δ. στο πάγκρεας
 - Η βασική ουσία που περιέχει το σάλιο είναι:
 - α. η αμυλάση.
 - β. η βλέννα.
 - γ. η λεκιθίνη.
 - δ. η πεψίνη
 - Η χολή περιέχει:
 - α. ένζυμα για τη διάσπαση των λιπών.
 - β. γλυκογόνο για τις ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού.
 - γ. πρωτεΐνες.
 - δ. χρωστικές όπως η χολερυθρίνη.
 - Η ορμόνη ινσουλίνη που παράγεται στο πάγκρεας ρυθμίζει:
 - α. την διάσπαση των αμινοξέων.
 - β. την διάσπαση των λιπών.
 - γ. τον καταβολισμό των πρωτεϊνών.
 - δ. τον μεταβολισμό των σακχάρων

8. Να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις παρ/ακάτω προτάσεις.
- Το πεψινογόνο ενεργοποιείται και μετατρέπεται σε ενεργό πεψίνη σε αλκαλικό περιβάλλον.
 - Στη χοληδόχο κύστη γίνεται η γαλακτοματοποίηση των λιπών.
 - Οι εκκρίσεις του στομάχου ελέγχονται από το νευρικό σύστημα και από ορμόνες
 - Τα τρία μέρη του λεπτού εντέρου είναι το δωδεκαδάκτυλο, το τυφλό και ο ειλεός
 - Στο πάγκρεας γίνεται διάσπαση πρωτεϊνών.
 - Η χολή περιέχει ένζυμα για τη διάσπαση των λιπών
 - Πριν τη διάσπαση των λιπών γίνεται η γαλακτοματοποίησή τους στο δωδεκαδάκτυλο.
9. Να συμπληρώσετε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:
- Το τοίχωμα του σωλήνα αποτελείται από τέσσερις ιστών., οι οποίες από έξω προς τα μέσα είναι ο, ο, ο και ο
 - Στη στοματική κοιλότητα βρίσκονται τα που είναι σφηνωμένα σε οστέινες θήκες που λέγονται Τα δόντια διακρίνονται σε και που τεμαχίζουν τις τροφές και σε Και που αλέθουν τις τροφές.
 - Στο στομάχι εκκρίνονται διάφορα υγρά όπως που περιέχει HCl, η οποία προστατεύει από το HCl, που ρυθμίζει την απορρόφηση της βιταμίνης και η ορμόνη.....
 - Ο του λεπτού εντέρου αφενός πτυχώνεται και αφετέρου φέρει προεκβολές τις Τα επιθηλιακά κύτταρα των φέρουν μικροσκοπικές προεκβολές τις
 - Η χολή όταν δεν υπάρχει στο δωδεκαδάκτυλο αποθηκεύεται στη
10. Αντιστοιχίστε τους όρους της στήλης I με τις διαδικασίες που περιγράφονται στη στήλη II.

Στήλη I**Στήλη II**

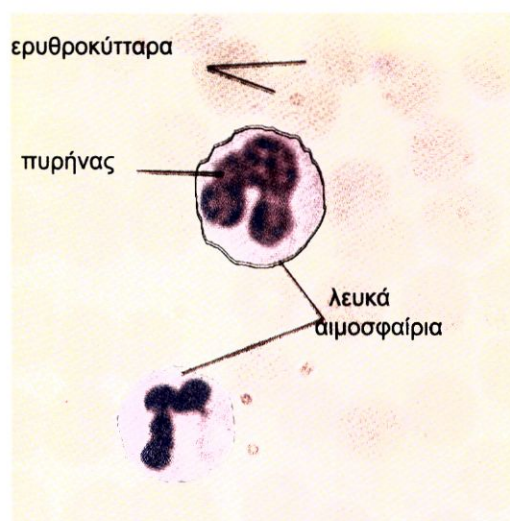
- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Ενδογενής παράγοντας | α. Συμβάλλει στη διάσπαση των λιπών |
| 2. Χολή | β. Χρησιμεύει στην διάσπαση των υδατανθράκων |
| 3. Παγκρεατικό υγρό | γ. Παράγεται στο στομάχι και συμβάλλει στην απορρόφηση της βιταμίνης B ₁₂ |
| 4. Αμυλάση | δ. Απαραίτητο για την απορρόφηση των υδατανθράκων |
| | ε. Περιέχει ένζυμα για τη διάσπαση των πρωτεϊνών |

6. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΟΥΣΙΩΝ



Εικ.6.1.1:

Αν ένας σωλήνας με αίμα (αριστερός σωλήνας) φυγοκεντρηθεί, τότε διαχωρίζεται (δεξιός σωλήνας) στο πλάσμα (επάνω) και τα έμμορφα συστατικά (κάτω).



Εικ.6.1.2:

Τα έμμορφα συστατικά του αίματος. Σ' αυτό το δείγμα αίματος έχει προστεθεί και μια χρωστική που συσσωρεύεται μόνο στους πυρήνες.

6.1 ΑΙΜΑ

Το αίμα είναι υγρό και αποτελείται από το **πλάσμα** και από τα **έμμορφα συστατικά** (Εικ.6.1.1) που αιωρούνται στο πλάσμα και κινούνται μαζί του. Ένας άνθρωπος μέσου ύψους και βάρους έχει περίπου 5 λίτρα αίμα. Αυτός ο υγρός ιστός κινείται μέσα στα αγγεία του κυκλοφορικού συστήματος φτάνοντας σ' όλους τους ιστούς του σώματος χωρίς εξαίρεση, και μάλιστα διαρκώς (βλέπε και την ενότητα 6.2).

6.1.1 Λειτουργίες του αίματος

Η συνεισφορά του αίματος στη ζωή και τη λειτουργία ενός οργανισμού είναι τεράστια. Πολύ αδρά, οι κυριότερες λειτουργίες του αίματος είναι:

- Διαρκής μεταφορά O_2 από τους πνεύμονες στους ιστούς και διαρκής μεταφορά CO_2 από τους ιστούς στους πνεύμονες.
- Διαρκής μεταφορά άχρηστων ή τοξικών ουσιών (σε όποιον ιστό κι αν δημιουργούνται) σε τμήματα του οργανισμού, απ' όπου στη συνέχεια θα απομακρυνθούν (π.χ. νεφρά) ή θα εξουδετερωθούν (π.χ. ήπαρ, σπλήνα).
- Μεταφορά χρήσιμων ουσιών (π.χ. ορμονών, βιταμινών) από το σημείο παραγωγής τους στα σημεία δράσης τους.
- Ισοκατανομή της θερμότητας που παράγεται από το μεταβολισμό των ιστών, σε όλο το υπόλοιπο σώμα.
- Αποτελεί (μαζί με τον μυελό των οστών και τους λεμφαδένες) αναπόσπαστο τμήμα του ανοσοποιητικού συστήματος.

6.1.2 Τα συστατικά του αίματος

• Το πλάσμα

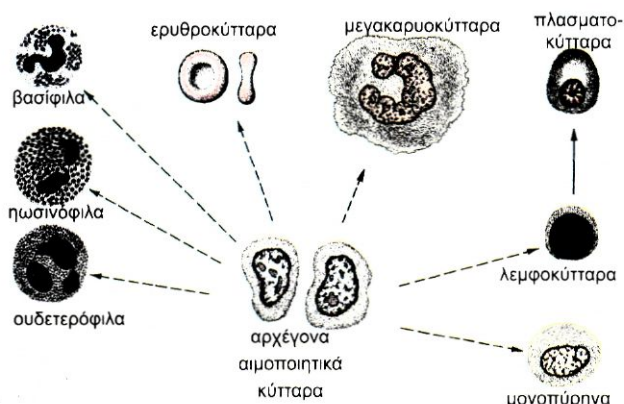
Το πλάσμα (Εικ.6.1.1) είναι 50-60% του όγκου του αίματος. Αποτελείται κατά 90% από νερό. Το χρώμα του όμως είναι υποκίτρινο, επειδή μέσα στο πλάσμα είναι διαλυμένες πολλές ουσίες. Οι ουσίες αυτές είναι :

- ανόργανα άλατα (ιόντα Na , K , Ca κλπ.),
- θρεπτικά υλικά από την αξιοποίηση των τροφών (π.χ. αμινοξέα, σάκχαρα, λίπη),
- βιταμίνες και
- κυτταρικά προϊόντα.

Στα κυτταρικά προϊόντα ανήκουν διάφορες πρωτεΐνες (που μπορεί να παράγονται από οποιοδήποτε ιστό) με εξειδικευμένες ιδιότητες ή καθεμιά. Π.χ. το **ινωδογόνο** είναι πρωτεΐνη που παράγεται στο ήπαρ και είναι απαραίτητο συστατικό του μηχανισμού πήξης του αίματος κλπ. Στα κυτταρικά προϊόντα που διακινούνται με το αίμα ανήκουν επίσης και οι **ορμόνες** που χρησιμοποιούν την κίνηση του πλάσματος για να φτάσουν στα κύτταρα - στόχους τους, αλλά και τα επιβλαβή προϊόντα του κυτταρικού μεταβολισμού (ουρία κλπ.).

• Τα έμμορφα συστατικά

Τα έμμορφα συστατικά είναι, είτε κύτταρα (ερυθροκύτταρα, λευκά αιμοσφαίρια), είτε **τμήματα κυττάρων** (αιμοπετάλια). Ονομάστηκαν έμμορφα γιατί όλα τους έχουν μορφή, επειδή περιβάλλονται από μεμβράνη. Όλα τα έμμορφα συστατικά του αίματος δημιουργούνται, στα αρχικά τους τουλάχιστον στάδια, στο μυελό των οστών (Εικ.6.1.3).



Εικ.6.1.3:

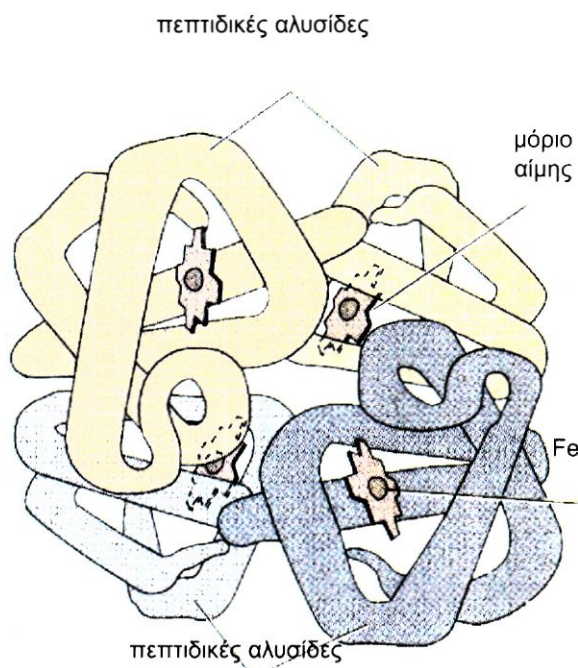
Όλα τα κύτταρα του αίματος προέρχονται από τον ίδιο τύπο κυττάρου, τα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα.

2α. Τα ερυθροκύτταρα

Τα **ερυθροκύτταρα** ή ερυθρά αιμοσφαίρια (Εικ.6.1.2, Εικ.6.1.5) παράγονται στον ερυθρό μυελό των οστών.

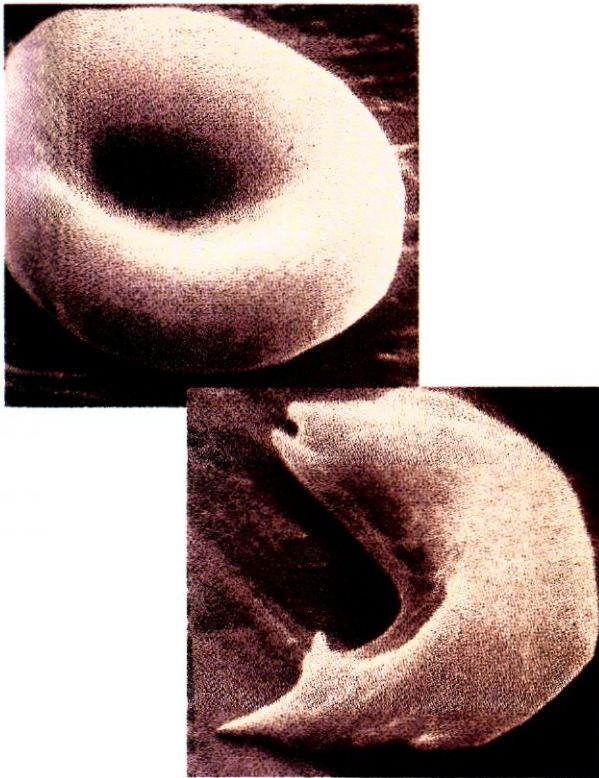
Πρόγονός τους είναι τα **αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα** (Εικ.6.1.3). Αυτά τα κύτταρα, κι εφόσον υπάρχουν τα κατάλληλα χημικά μηνύματα (ορμόνες, βιταμίνες, επαρκή διαθέσιμα σιδήρου) διαφοροποιούνται σε πρόδρομες μορφές ερυθροκυττάρων και τελικά σε ερυθροκύτταρα. Καθώς τα ερυθροκύτταρα ωριμάζουν στο μυελό των οστών, χάνουν τον πυρήνα τους. Έτσι, όταν φεύγουν από το μυελό για να μπουν στην κυκλοφορία, είναι κατά 99% απύρηνα κύτταρα (Εικ.6.1.2. Βλέπετε κανέναν πυρήνα στα ερυθροκύτταρα της Εικόνας 6.1.2;).

Αφού εισέλθουν στο αίμα, τα ερυθροκύτταρα έχουν έναν κύκλο ζωής 120 ημερών περίπου. Όσο πλησιάζουν στο τέρμα αυτού του κύκλου, η μεμβράνη τους γίνεται εύθραυστη. Έτσι, αν βρεθούν σε κάποιο στενό τριχοειδές (π.χ. στο σπλήνα) η μεμβράνη τους μπορεί να σπάσει και τα κύτταρα να λυθούν. Τα περιεχόμενα των ερυθροκυττάρων όμως (και ιδιαίτερα ο σίδηρος της αίμης), ανακυκλώνονται από τα φαγοκύτταρα του σπλήνα και στη συνέχεια προωθούνται στο μυελό των οστών για να ξαναχρησιμοποιηθούν



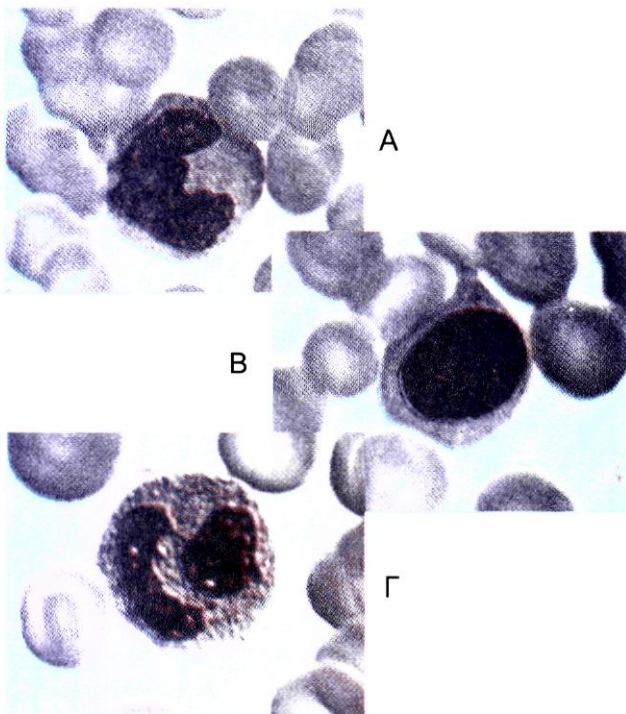
Εικ.6.1.4:

Η αιμοσφαιρίνη είναι μια πρωτεΐνη που αποτελείται από τέσσερις υπομονάδες, δύο υπομονάδες α και δύο υπομονάδες β. Σε κάθε υπομονάδα υπάρχει ένα πολυπεπτιδικό τμήμα και ένα μόριο αίμης που περιέχει σίδηρο (στον οποίο οφείλεται το κόκκινο χρώμα των ερυθροκυττάρων). Στο σίδηρο της αίμης μπορούν να δεσμεύονται χαλαρά το O_2 και το CO_2 και με αυτό τον τρόπο να μεταφέρονται σε άλλα σημεία της κυκλοφορίας.



Εικ.6.1.5:

Αν η αιμοσφαιρίνη που παράγουν τα ερυθροκύτταρα δεν έχει τη φυσιολογική δομή, (όπως π.χ. συμβαίνει σε ορισμένα γενετικά νοσήματα), επηρεάζεται και το σχήμα του ερυθροκυττάρου. Πάνω ένα φυσιολογικό ερυθροκύτταρο, κάτω ένα ερυθροκύτταρο ατόμου με δρεπανοκυτταρική αναιμία.



Εικ.6.1.6:

Το εμπύρνο κύτταρο στο α) είναι ένα μονοπύρνο μακροφάγο, στο β) ένα λεμφοκύτταρο και στο γ) ένα πολυμορφοπύρνο.

στη δημιουργία των νέων ερυθροκυττάρων. Η παραγωγή ερυθροκυττάρων είναι εντυπωσιακή σε έναν άνθρωπο μέσου ύψους και βάρους, υπάρχουν γύρω στα 30 τρισεκατομ. ερυθροκύτταρα (ή 5.000.000 κύτταρα ανά mm^3 αίματος)!. Ο τεράστιος αυτός αριθμός ερυθροκυττάρων εξηγείται αν αναλογιστούμε το τι περιέχουν αυτά τα κύτταρα.

Τα ερυθροκύτταρα παράγουν την πρωτεΐνη αιμοσφαιρίνη, που είναι απαραίτητη για την δέσμευση του O_2 του ατμοσφαιρικού αέρα και του CO_2 της κυτταρικής αναπνοής (Εικ.6.1.4).

Το σχήμα των ερυθροκυττάρων καθορίζεται από: α) την έλλειψη πυρήνα και β) τις μεγάλες ποσότητες αιμοσφαιρίνης. Το σχήμα αυτό λέγεται αμφίκοιλος δίσκος (Εικ.6.1.5).

2β. Τα λευκά αιμοσφαίρια

Σε κάθε mm^3 αίματος υπάρχουν περίπου 5.000 - 10.000 λευκά αιμοσφαίρια. Τα λευκά αιμοσφαίρια δεν είναι μια ομοιογενής ομάδα κυττάρων. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι λευκών αιμοσφαιρίων, καθένας από τους οποίους παίζει διαφορετικό και σημαντικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού. Στα λευκά αιμοσφαίρια ανήκουν τα λεμφοκύτταρα, τα πολυμορφοπύρνα και τα μονοπύρνα μακροφάγα.

Τα **λεμφοκύτταρα** (Εικ.6.1.6α) ονομάζονται έτσι επειδή πρωτοπαρατηρήθηκαν στους λεμφαδένες. Στην πραγματικότητα όμως, όλα τα λεμφοκύτταρα κατάγονται από τους λεμφοβλάστες που είναι κύτταρα του μυελού των οστών και τα οποία κατάγονται (όπως και τα ερυθροκύτταρα) από τα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα (Εικ.6.1.3). Οι διάφορες κατηγορίες λεμφοκυττάρων παίζουν σημαντικότερο ρόλο στην άμυνα του οργανισμού. Π.χ. άλλη κατηγορία παράγει αντισώματα έναντι ξένων προς το σώμα μας ουσιών, άλλη κατηγορία εξουδετερώνει όσα κύτταρα του οργανισμού μας μετατρέπονται σε καρκινικά, άλλη κατηγορία διατηρεί μια "βάση δεδομένων" για όσες βλαβερές ουσίες έχουν εισέλθει στο σώμα μας κλπ. Τα περισσότερα λεμφοκύτταρα ζουν μερικούς μήνες, αλλά υπάρχουν και μερικά που ζουν για πολλά χρόνια (π.χ. τα λεμφοκύτταρα της ανοσολογικής μνήμης).

Τα **πολυμορφοπύρνα** (Εικ.6.1.6β) είναι κύτταρα εξειδικευμένα στο να φαγοκυτταρώνουν (κι έτσι να εξουδετερώνουν) ξένες ουσίες (π.χ. τοξίνες των τροφών) και ξένα κύτταρα (π.χ. βακτήρια).

Το όνομά τους οφείλεται στη ποικιλία μορφών που έχει ο πυρήνας τους. Τα περισσότερα πολυμορφοπύρρηνα δε ζουν πάνω από μια εβδομάδα.

Τα **μονοπύρρηνα μακροφάγα** (Εικ.6.1.6γ) είναι κι αυτά κύτταρα εξειδικευμένα στη φαγοκυττάρωση. Μπορούν να μεταναστεύουν από το αίμα σε διάφορους ιστούς (π.χ. πνεύμονες, εντερικό επιθήλιο κλπ), όπου και "ανιχνεύουν" διαρκώς την περιοχή τους για πιθανούς εισβολείς. Το όνομά τους οφείλεται στο ότι ο πυρήνας τους είναι ομοιογενής χωρίς ασυνήθιστες μορφές. Ζουν από 2 μήνες μέχρι μερικά χρόνια.

2γ. Τα αιμοπετάλια

Τα αιμοπετάλια δεν είναι κύτταρα αλλά "τμήματα" κυττάρου που περιβάλλονται από μεμβράνη. Βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στο αίμα (~300.000 αιμοπετάλια ανά mm^3 αίματος) και ζουν γύρω στις 10 μέρες. Παράγονται στο μυελό των οστών από διαφοροποίηση των αρχέγονων αιμοποιητικών κυττάρων (Εικ.6.1.3). Τα αιμοπετάλια είναι σημαντικοί παράγοντες του μηχανισμού πήξης του αίματος (Εικ.6.1.7)

• Η πήξη του αίματος

Καθημερινά, δημιουργούνται πολλές μικροβλάβες στους ιστούς. Όχι μόνο όταν πέφτουμε και χτυπάμε, αλλά ακόμη και όταν καθόμαστε σε μια καρέκλα, πολλές χιλιάδες τριχοειδή και μικρά αγγεία σπάνε και παράλληλα αρκετά κύτταρα τραυματίζονται. Όταν συμβεί μια τέτοια βλάβη, τα τραυματισμένα κύτταρα απελευθερώνουν προϊόντα που ενεργοποιούν τον μηχανισμό πήξης του αίματος. Με αυτό το μηχανισμό κλείνει το τραυματισμένο αγγείο και εμποδίζεται η περαιτέρω απώλεια του αίματος (αιμορραγία) στην περιοχή της βλάβης.

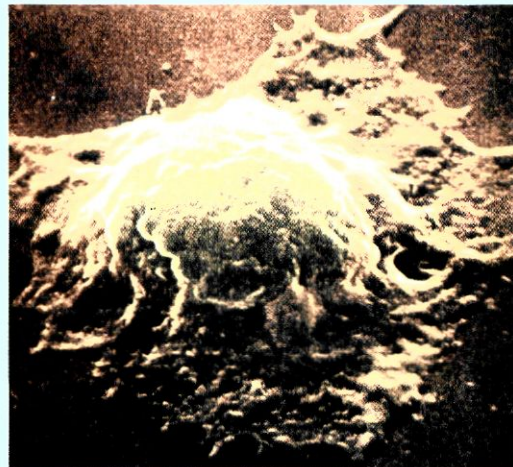
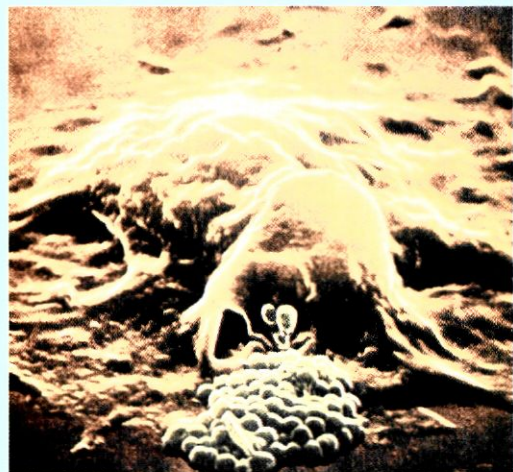
Ο μηχανισμός αυτός (Εικ.6.1.7) περιλαμβάνει:

- α) την **ενεργοποίηση των αιμοπεταλίων** και
- β) τη **μετατροπή του ινωδογόνου σε ινώδες**.

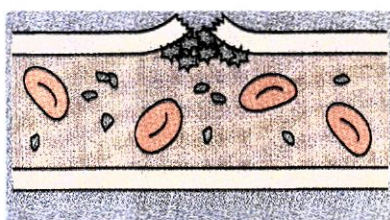
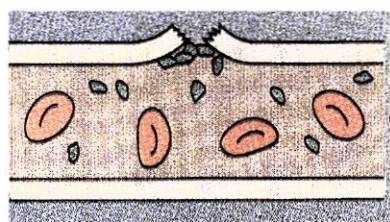
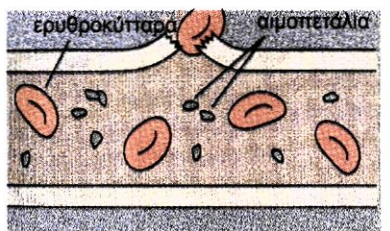
Τα αιμοπετάλια και το ινώδες σχηματίζουν τους **θρόμβους**, που φράζουν το τραυματισμένο αγγείο. Αν η πληγή είναι σχετικά μικρή, η διαδικασία ολοκληρώνεται μέσα σε 5-10 λεπτά.

• Ομάδες αίματος

Τα ερυθροκύτταρα, όπως και όλα τα κύτταρα του σώματός μας, έχουν πρωτεΐνες στην εξωτερική επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης που



Φαγοκυττάρωση μιας αποικίας μικροβίων από ένα μακροφάγο. Τα μακροφάγα και τα πολυμορφοπύρρηνα μπορούν να αλλάζουν το σχήμα τους. Έτσι μπορούν να "στριμώχνονται" μέσα από τους στενούς διαδρόμους που αφήνουν τα τοιχώματα των τριχοειδών και να εγκαθίστανται στους ιστούς. Έλκονται από διάφορες ουσίες (συνήθως ουσίες που παράγουν τα βακτήρια). Το μακροφάγο της φωτογραφίας προσελκύεται από τα βακτήρια της αποικίας, τα πλησιάζει και τα φαγοκυτταρώνει.



Εικ.6.1.7:

Ο μηχανισμός πήξης του αίματος κατά τη βλάβη ενός μικρού αγγείου. Μόλις τα αιμοπετάλια αρχίσουν να συσσωρεύονται, διογκώνονται και σχηματίζουν θρόμβους. Αν η βλάβη είναι μεγαλύτερη, τότε εκτός από τα αιμοπετάλια δημιουργούνται και δοκίδες ινώδους επάνω στους θρόμβους.



Ερευνήστε στη βιβλιογραφία τις επιπτώσεις που θα είχε ένας ελαττωματικός μηχανισμός πήξης του αίματος.

χρησιμεύουν στην επικοινωνία των ερυθροκυττάρων με άλλα κύτταρα του οργανισμού. Αν όμως αυτές οι πρωτεΐνες εισέλθουν (π.χ. με τη μεταμόσχευση ενός ιστού μας, όπως το αίμα) σε έναν άλλο οργανισμό, τότε πολύ συχνά δρουν ως **αντιγόνα**, ως ουσίες δηλαδή που ενεργοποιούν τα λεμφοκύτταρα και τα μακροφάγα του δέκτη και οδηγούν (μετά από μερικές μέρες) στην παραγωγή ειδικών πρωτεϊνών, που λέγονται **αντισώματα**. Τα αντισώματα αυτά έχουν μια δομή συμπληρωματική ως προς τη δομή των αντιγόνων κι έτσι μπορούν να συνδεθούν με αυτά και να τα εξουδετερώσουν. Αυτός ο μηχανισμός "άρνησης" του οργανισμού έναντι των ξένων πρωτεϊνών, είναι παρόμοιος και για άλλες ουσίες που εισβάλλουν (π.χ. με την αναπνοή) στον οργανισμό. Μας προφυλάσσει από τις χιλιάδες διαφορετικές παθογόνες ουσίες που εισέρχονται καθημερινά στο σώμα.

Οι επιφανειακές πρωτεΐνες των ερυθροκυττάρων μας είναι πάρα πολλές και μερικές από αυτές είναι εντελώς "προσωπικές", δηλ. η δομή τους διαφέρει από εκείνη παρόμοιων πρωτεϊνών των άλλων ανθρώπων. Προφανώς, όταν βρίσκονται μέσα στο δικό μας σώμα όλες αυτές οι πρωτεΐνες, δεν επάγουν την παραγωγή αντισωμάτων. Επειδή όμως, έχουν (εν δυνάμει) τη δυνατότητα να προκαλέσουν την παραγωγή αντισωμάτων όταν βρεθούν σε ξένο οργανισμό, αποκαλούνται **αντιγόνα**, ακόμη κι αν δεν εισέλθουν ποτέ σε άλλον οργανισμό.

Απ' όλα αυτά τα διαφορετικά αντιγόνα υπάρχουν μερικά που προκαλούν πολύ έντονη αντίδραση στους δέκτες μιας μετάγγισης αίματος. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το αντιγόνο **A**, το αντιγόνο **B** και το αντιγόνο **Rhesus**.

Ομάδα αίματος είναι ο συνδυασμός αντιγόνων που φέρουν στην επιφάνειά τους τα ερυθροκύτταρα.

Το 40% της ινδοευρωπαϊκής φυλής έχει **ομάδα αίματος A**, επειδή τα ερυθροκύτταρα αυτών των ανθρώπων φέρουν στη μεμβράνη τους το **αντιγόνο A**. Αντίθετα, το 10% περίπου του πληθυσμού έχει **ομάδα αίματος B**, δηλαδή φέρει ένα διαφορετικό αντιγόνο, στη μεμβράνη των ερυθροκυττάρων, το **αντιγόνο B**. Το 5% έχει **ομάδα αίματος AB**, δηλαδή διαθέτουν στη μεμβράνη τους και το αντιγόνο A και το αντιγόνο B στη μεμβράνη τους. Το υπόλοιπο 45% έχει **ομάδα αίματος O**, πράγμα που σημαίνει ότι δεν έχει ούτε το αντιγόνο A ούτε το αντιγόνο B στη μεμβράνη τους.

Στην πραγματικότητα αυτά τα δύο αντιγόνα είναι αρκετά κοινά στους διάφορους οργανισμούς (υπάρχουν ακόμη και σε μικροοργανισμούς!). Έτσι, αν ένας άνθρωπος έχει ομάδα αίματος Α, τα λεμφοκύτταρά του δεν παράγουν αντισώματα έναντι του Α (διότι υπάρχει ειδικός μηχανισμός που εμποδίζει μια τέτοια παραγωγή). Αντίθετα παράγουν αντισώματα έναντι του Β (που είναι αρκετά συχνό στη φύση). Στο αίμα αυτού του ανθρώπου δηλαδή, θα έχουμε (εκτός από ερυθροκύτταρα με το αντιγόνο Α) και **αντισώματα αντι-Β** στο πλάσμα.

Αντίστοιχα, ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος Β έχει (εκτός από ερυθροκύτταρα με το αντιγόνο Α) και **αντισώματα αντι-Α** στο πλάσμα του, ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος ΑΒ δεν θα έχει ούτε αντισώματα αντι-Α, ούτε αντισώματα αντι-Β και τέλος ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος Ο έχει και αντισώματα αντι-Α και αντισώματα αντι-Β (Εικ.6.1.8).

Όταν ένας άνθρωπος χρειάζεται μετάγγιση αίματος, του δίνεται αίμα από δότη με την ίδια ομάδα αίματος. Αν μεταγγιστεί κάποια λάθος ομάδα, τα αντισώματα του δέκτη προκαλούν συγκόλληση των μεταγγισθέντων ερυθροκυττάρων (Εικ.6.1.9) και στη συνέχεια λύση τους (αιμόλυση). Πολλές φορές, μια τέτοια διαδικασία μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπλοκές ή ακόμα και το θάνατο του δέκτη.

• Το αντιγόνο Rhesus

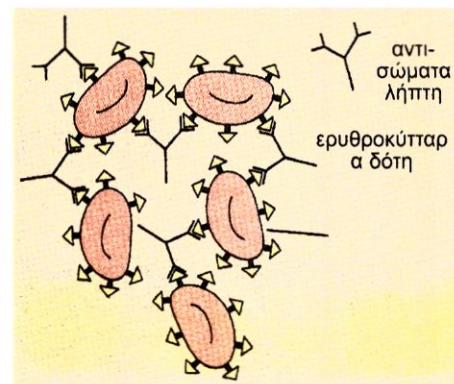
Το αντιγόνο Rhesus είναι κι αυτό ένα αντιγόνο της κυτταρικής μεμβράνης, το οποίο όμως έχει βρεθεί μόνο στους πιθήκους και τον άνθρωπο (στον άνθρωπο εμφανίζεται στο 85% περίπου του πληθυσμού). Όταν το έχουμε στη μεμβράνη των κυττάρων μας, τότε λέμε ότι είμαστε Rh+, ενώ όταν δεν το έχουμε, είμαστε Rh-. Προφανώς, όταν το έχουμε, το ανοσοποιητικό μας δεν παράγει αντισώματα αντι-Rhesus. Όταν δεν το έχουμε όμως (και εδώ βρίσκεται η διαφορά του με τα αντιγόνα Α και Β), δεν παράγουμε αντισώματα αντι-Rhesus παρά μόνο αν το ανοσοποιητικό μας σύστημα βρεθεί αντιμέτωπο με αυτό το αντιγόνο (π.χ. με τη μετάγγιση αίματος Rh+).

Με άλλα λόγια, από το 15% των ανθρώπων που είναι Rh- οι περισσότεροι δεν έχουν αντισώματα αντι-Rh στο πλάσμα. Το Rhesus έχει μεγάλη σημασία στις μεταμοσχεύσεις ιστών (επομένως και στις μεταγγίσεις αίματος) γιατί προκαλεί πολύ έντονη ανοσολογική αντίδραση του οργανισμού-δέκτη.

Ομάδα αίματος	Αντιγόνα στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων	Αντισώματα πλάσματος
A	αντιγόνο Α 	αντί-σώμα αντι-Β 
B	αντιγόνο Β 	αντί-σώμα αντι-Α 
AB	αντιγόνα Α + Β 	ούτε αντι-Α, ούτε αντι-Β
O	ούτε αντιγόνο Α, ούτε αντιγόνο Β 	αντί-σώμα αντι-Α και αντί-σώμα αντι-Β 

Εικ.6.1.8:

Οι ομάδες αίματος για το σύστημα α αντιγόνων ABO.



Εικ.6.1.9:

Συγκόλληση των ερυθρών αιμοσφαιρίων

Το αντιγόνο Rhesus οφείλει το όνομά του στο είδος από το οποίο πρωταπομονώθηκε, τον πίθηκο Rhesus maccacus.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αίμα είναι υγρός ιστός που χάρη στη συνεχή κυκλοφορία του αποτελεί το μέσο διακίνησης των θρεπτικών υλικών, του O_2 , του CO_2 , των ορμονών, των βιταμινών αλλά και των άχρηστων υλικών από και προς τους ιστούς του σώματος. Αποτελείται από το πλάσμα και τα έμμορφα συστατικά. Τα έμμορφα συστατικά αποτελούνται από τα **ερυθροκύτταρα**, τα **λευκά αιμοσφαίρια** και τα **αιμοπετάλια**. Όλα τα έμμορφα συστατικά κατάγονται από τα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα του μυελού των οστών. Τα ερυθροκύτταρα είναι τα πολυπληθέστερα κύτταρα του αίματος και παράγουν την πρωτεΐνη **αιμοσφαιρίνη** που αποτελεί φορέα σύνδεσης του O_2 και του CO_2 . Τα λευκά αιμοσφαίρια διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα **λεμφοκύτταρα**, τα **πολυμορφοπύρρηνα** και τα **μονοκύτταρα**. Η συγκέντρωσή τους είναι χαμηλή στο αίμα, αλλά συνιστούν τον κύριο μηχανισμό άμυνας του οργανισμού έναντι των παθογόνων ουσιών. Τα αιμοπετάλια είναι τμήματα κυττάρων και είναι απαραίτητα για τον μηχανισμό πήξης του αίματος με τον οποίο ο οργανισμός αντιμετωπίζει τις καταστροφές μικρών και μεγαλύτερων αγγείων. Η **ομάδα αίματος** περιγράφει τα αντιγόνα που βρίσκονται επί της μεμβράνης των ερυθροκυττάρων. Υπάρχουν τέσσερεις μεγάλες ομάδες αίματος, Α, Β, ΑΒ και Ο και η σημασία τους στις μεταγγίσεις είναι καθοριστική για την υγεία του δέκτη, αφού μια λανθασμένη μετάγγιση μπορεί να οδηγήσει σε εκτεταμένη αιμόλυση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τι αποτελείται το αίμα;
2. Ποιά είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ερυθρών αιμοσφαιρίων;
3. Στους ασθενείς με AIDS προσβάλλονται μια κατηγορία λεμφοκυττάρων. Με βάση αυτά που διαβάσατε σε αυτή την ενότητα, προσπαθείστε να περιγράψετε ποιο θα είναι το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν αυτοί οι ασθενείς.
4. Τί πιθανότητες έχει ένας άνθρωπος να **μην** παρουσιάσει προβλήματα μετά από μια μετάγγιση όπου δεν έγινε κανένας έλεγχος της ομάδας αίματος, ούτε του ίδιου ούτε στο μεταγγιζόμενο αίμα;
5. Μπορείτε να φανταστείτε τι θα συμβεί αν σε μια σταγόνα αίματος Α προστεθεί μια σταγόνα αίματος Β; Αναλύστε την απάντησή σας για κάθε αντιγόνο και αντίσωμα.
6. Επιχειρηματολογείστε για τα προβλήματα που θα έχει ένας άνθρωπος, όταν δεν λειτουργεί κανονικά ο μηχανισμός πήξης του αίματος.

6.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

6.2.1 Γενικά

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από την καρδιά, τα αιμοφόρα αγγεία και το αίμα. Σχηματίζει ένα κλειστό δίκτυο που συνδέει τα διάφορα μέρη του σώματος μεταξύ τους. Εξυπηρετεί μερικές βασικές λειτουργίες, όπως:

- **Μεταφορά θρεπτικών συστατικών στα κύτταρα του οργανισμού και απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού τους.**

Τα θρεπτικά συστατικά από την πέψη των τροφών, μέσω του αίματος φθάνουν σε όλα τα κύτταρα του σώματος. Ο μεταβολισμός των κυττάρων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία άχρηστων προϊόντων, τα οποία απομακρύνονται με το αίμα.

- **Μεταφορά οξυγόνου στα κύτταρα και απομάκρυνση του CO_2**

Τα κύτταρα χρειάζονται O_2 για να διεκπεραιώσουν την κυτταρική αναπνοή και απελευθερώνουν στο περιβάλλον τους CO_2 που είναι το τελικό προϊόν της αναπνοής. Το αίμα, μέσω των ερυθροκυττάρων (Εικ.6.2.1), προσφέρει στα κύτταρα O_2 και δεσμεύει και στη συνέχεια απομακρύνει το CO_2 . Ο κύκλος θα κλείσει στους πνεύμονες, όπου και θα γίνει η αντίστροφη διαδικασία. (όπως θα αναφερθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο "Αναπνευστικό Σύστημα").

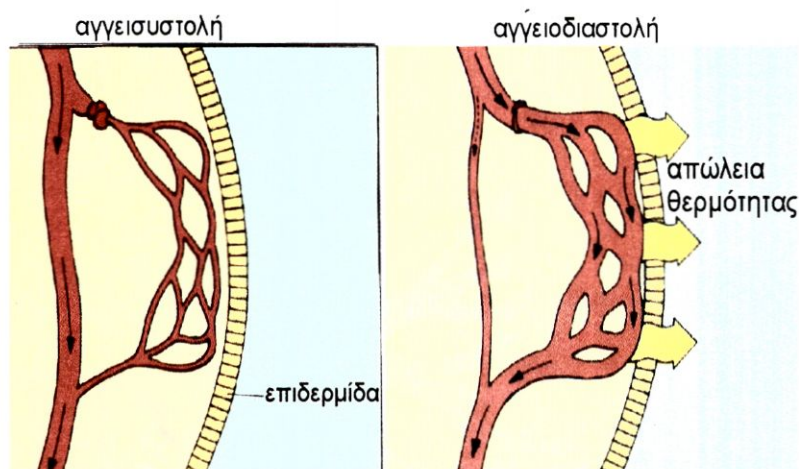
- **Συμμετοχή στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος**

Σε ορισμένα σημεία του σώματος που έχουμε πιο έντονες μεταβολικές διεργασίες, όπως είναι οι μύες, παράγονται μεγαλύτερα ποσά θερμότητας. Το αίμα, κυκλοφορώντας μέσα στα αιμοφόρα αγγεία, ανακατανέμει τη θερμοκρασία σχεδόν ομοιόμορφα σ' όλα τα μέρη του σώματος. Επιπλέον η ρύθμιση της αιμάτωσης του δέρματος, μέσω της συστολής και της διαστολής των αγγείων, καθορίζει την απώλεια θερμότητας από το σώμα συμμετέχοντας και μ' αυτόν τον τρόπο στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος (Εικ.6.2.2)



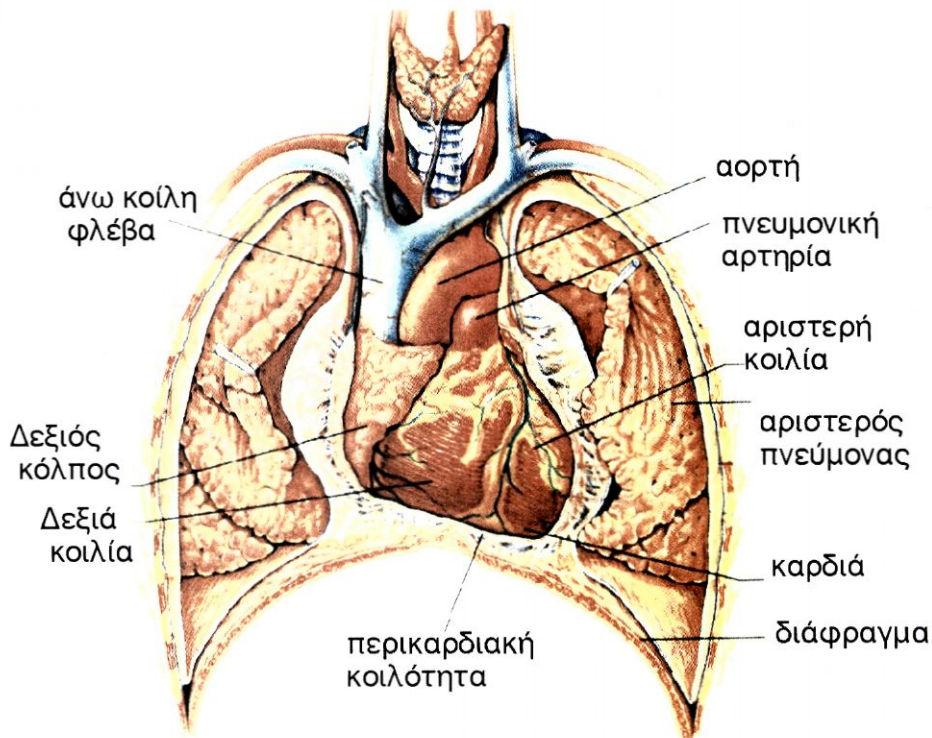
Εικ.6.2.1

Ερυθρά αιμοσφαίρια μέσα σε αιμοφόρο αγγείο



Εικ.6.2.2:

Η απώλεια θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος ελέγχεται με τη ρύθμιση της ροής του αίματος κάτω από το δέρμα. Περιορισμός της ροής μειώνει την απώλεια θερμότητας και αντίστροφα



Εικ.6.2.3

Η καρδιά

• Μεταφορά ορμονών

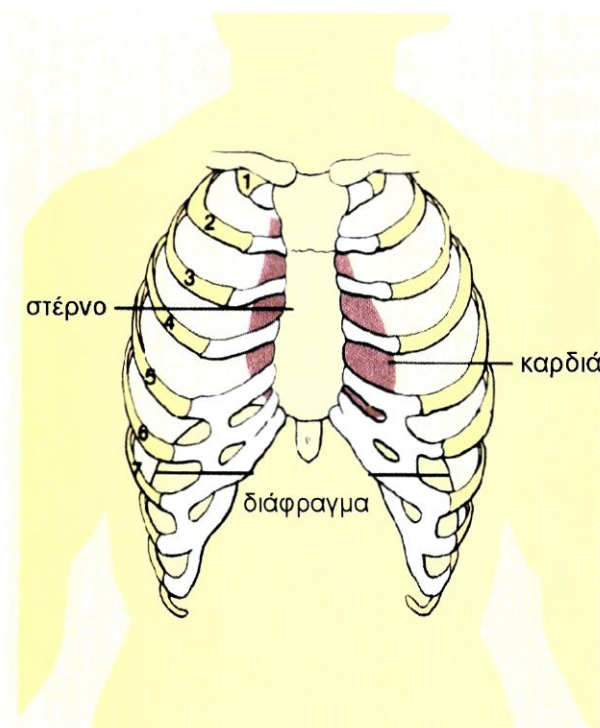
Οι μεταβολικές και άλλες διεργασίες των οργάνων του σώματος συντονίζονται από νευρικά σήματα και από τις ορμόνες. Οι ορμόνες διοχετεύονται στο αίμα και μέσω της κυκλοφορίας του φθάνουν στον ιστό ή στα κύτταρα-στόχους, όπου και θα δράσουν.

• Συμμετοχή στην άμυνα του οργανισμού

Αυτό συμβαίνει με δύο τρόπους:

- Με τη μεταφορά των αντισωμάτων καθώς και λευκών αιμοσφαιρίων, σε όλα τα μέλη του σώματος.
- Παραμπόδιση της εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών στο σώμα με την πήξη του αίματος.

- Γενικά η διατήρηση του κατάλληλου περιβάλλοντος (σταθερή ποσότητα και σύσταση) σε όλα τα υγρά των ιστών, ώστε να εξασφαλίζεται η άριστη λειτουργία των κυττάρων.



Εικ.6.2.4:

Η καρδιά προστατεύεται από το σκελετό του θώρακα.

6.2.2 Δομή του Κυκλοφορικού

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από:

- Την καρδιά, ένα μυώδες όργανο που λειτουργεί ως αντλία για την κυκλοφορία του αίματος (Εικ.6.2.3)
- Τα αιμοφόρα αγγεία, ένα δίκτυο σωλήνων που διαπερνά όλο το σώμα. Διαχωρίζονται γενικά σε αρτηρίες, φλέβες και τριχοειδή.

• Καρδιά

Η καρδιά είναι ένα κοίλο μυϊκό όργανο με κωνικό σχήμα, που λειτουργεί ως αντλία. Βρίσκεται μέσα στη θωρακική κοιλότητα, πίσω από το στέρνο, ενώ η κάτω πλευρά της βρίσκεται στο ύψος του διαφράγματος (Εικ.6.2.4).

Αποτελείται από τρεις χιτώνες: εσωτερικά το ενδοκάρδιο, ενδιάμεσα το μυοκάρδιο και εξωτερικά το επικάρδιο.

Το **ενδοκάρδιο** συνίσταται από επιθήλιο και συνδετικό ιστό που περιέχει αιμοφόρα αγγεία καθώς και εξειδικευμένες καρδιακές μυϊκές ίνες που ονομάζονται ίνες Purkinje. Το ενδοκάρδιο επενδύει εσωτερικά τους θαλάμους και τις βαλβίδες της καρδιάς.

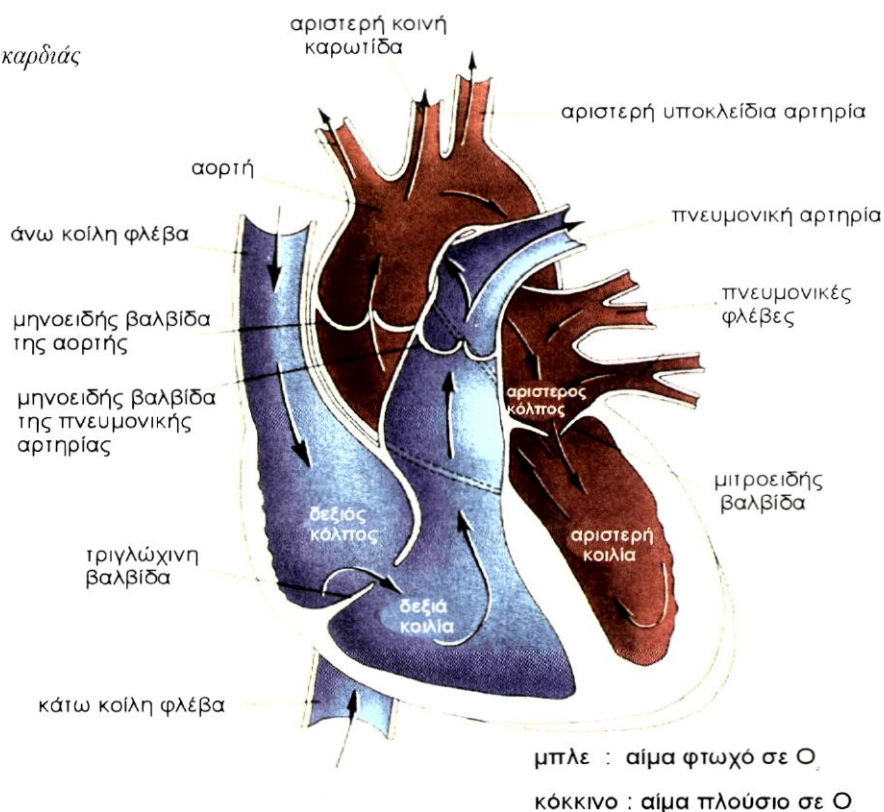
Το **μυοκάρδιο** αποτελείται κυρίως από μυϊκό ιστό (καρδιακός μυς) του οποίου η σύσπαση διώχνει το αίμα από την καρδιά. Ανάμεσα στις καρδιακές μυϊκές ίνες υπάρχει συνδετικός ιστός πλούσιος σε τριχοειδή. Το μυοκάρδιο των κόλπων είναι πολύ πιο λεπτό από αυτό των κοιλιών και ιδιαίτερα από το μυοκάρδιο της αριστερής κοιλίας. Όπως θα δούμε αργότερα η αριστερή κοιλία προωθεί αίμα προς όλο το σώμα μέσω της αορτής. Άρα είναι απαραίτητη μεγάλη μυϊκή δύναμη. Η δεξιά κοιλία προωθεί αίμα στους πνεύμονες που βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση. Συνεπώς δε χρειάζονται τόσες μυϊκές ίνες όσες στην αριστερή κοιλία.

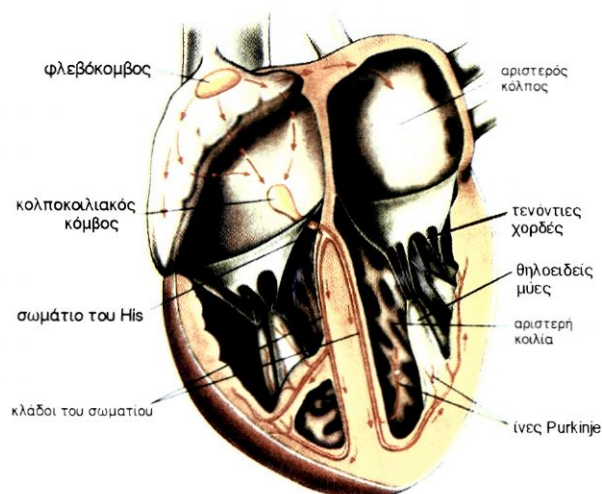
Το **επικάρδιο** είναι μεμβράνη συνδετικού ιστού που περιβάλλει το μυοκάρδιο και έχει προστατευτικό ρόλο. Αποτελεί το εσωτερικό μέρος ενός αναδιπλωμένου σάκου. Το εξωτερικό μέρος του σάκου ονομάζεται **περικάρδιο**.

Ανάμεσα στο επικάρδιο και περικάρδιο σχηματίζεται η **περικαρδιακή κοιλότητα**, η οποία περιέχει μικρή ποσότητα υγρού, ώστε να περιορίζονται οι τριβές λόγω της κίνησης της καρδιάς.

Η καρδιά εσωτερικά χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες. Οι δύο επάνω κοιλότητες ονομάζονται **κόλποι**, έχουν σχετικά λεπτά τοιχώματα και δέχονται αίμα από φλέβες. Οι κάτω κοιλότητες ονομάζονται **κοιλίες** και προωθούν το αίμα προς τις αρτηρίες. Οι δύο κόλποι χωρίζονται με το μεσοκοιλιακό και οι δύο κοιλίες με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα αντίστοιχα. Τα δύο αυτά διαφράγματα δεν επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των δύο κόλπων καθώς και μεταξύ των δύο κοιλιών. Η καρδιά στην πραγματικότητα αποτελείται από δύο ξεχωριστά τμήματα, το αριστερό και το δεξιό μισό, που δρουν ως αντλίες. Όπως θα δούμε αργότερα, το δεξιό μισό προωθεί το αίμα προς τους πνεύμονες, ενώ το αριστερό μισό προς το υπόλοιπο σώμα (Εικ.6.2.5).

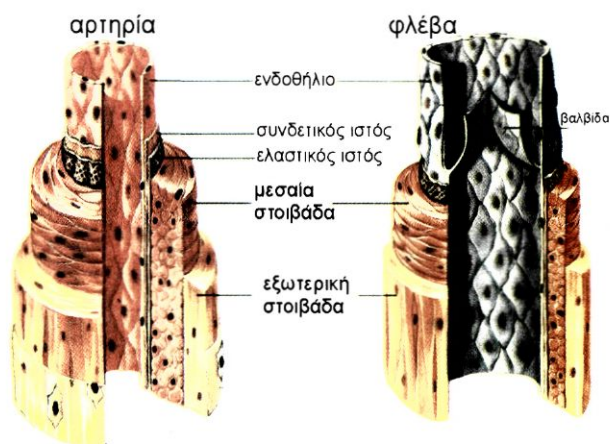
Εικ.6.2.5: Δομή της καρδιάς





Εικ.6.2.6:

Μηχανισμός διέγερσης του μυοκαρδίου



Εικ.6.2.7:

Τοίχωμα αρτηρίας και φλέβας

Σε περιπτώσεις π.χ. χαμηλής θερμοκρασίας ή φόβου, οι μυϊκές ίνες προκαλούν τη συστολή των μικρών αρτηριών που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του δέρματος, με αποτέλεσμα τη μικρότερη ροή αίματος. Η γνωστή έκφραση "κιτρίνισε από το φόβο του" περιγράφει χαρακτηριστικά το παραπάνω φαινόμενο. Σε άλλες περιπτώσεις (π.χ. ντροπής) το δέρμα δείχνει πιο κόκκινο λόγω της χαλάρωσης των μυϊκών τοιχωμάτων των αρτηριδίων και συνεπώς της αυξημένης ροής αίματος.

Ο αριστερός κόλπος επικοινωνεί μέσω ενός ανοίγματος (στόμιου) με την αριστερή κοιλία. Στο στόμιο βρίσκεται μία βαλβίδα με δύο πέταλα που ονομάζεται **διγλώχινη (ή μιτροειδής)**. Επιτρέπει τη ροή του αίματος μόνο από τον κόλπο προς την κοιλία, και ανοιγοκλείνει παθητικά ανάλογα με τις πιέσεις που δέχεται από τις δύο πλευρές. Έτσι, όταν η πίεση του αίματος είναι μεγαλύτερη στον κόλπο, η βαλβίδα ανοίγει, ενώ όταν η πίεση είναι μεγαλύτερη στην κοιλία, η βαλβίδα κλείνει.

Αντίστοιχα ισχύουν και για το δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία, μόνο που η βαλβίδα έχει τρία πέταλα και ονομάζεται **τριγλώχινη**. Στο κάτω μέρος των κοιλιών προσφύονται οι θηλοειδείς μύες των οποίων προέκταση είναι οι τενόντιες χορδές. Αυτές συνδέονται με τις κολποκοιλιακές βαλβίδες (διγλώχινη και τριγλώχινη) με σκοπό να τις εμποδίζουν να προβάλουν προς τους κόλπους κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών (Εικ.6.2.6).

Μηχανισμός Διέγερσης της Καρδιάς

Η καρδιά διαθέτει ένα ιδιαίτερο σύστημα για τη ρυθμική συστολή των κόλπων και των κοιλιών. Ένα από τα σημεία κλειδιά αυτού του συστήματος είναι ο **φλεβόκομβος**. Πρόκειται για ένα μικρό τμήμα εξειδικευμένου μυϊκού ιστού που εντοπίζεται στο άνω πρόσθιο τοίχωμα του δεξιού κόλπου (Εικ.6.2.6). Τα κύτταρα που το αποτελούν έχουν την ικανότητα να αυτοδιεγείρονται ρυθμικά και αυτή η διέγερση μεταδίδεται σε όλες τις μυϊκές ίνες της καρδιάς, με αποτέλεσμα τη συστολή τους. Αυτός ο ρυθμός προσδιορίζει και το ρυθμό λειτουργίας της καρδιάς. Ο φλεβόκομβος είναι ο φυσιολογικός βηματοδότης της καρδιάς.

Αρχικά η διέγερση μεταδίδεται σε ολόκληρη τη μάζα του μυοκαρδίου των κόλπων και προκαλεί την ταυτόχρονη συστολή τους. Οι κόλποι όμως χωρίζονται από τις κοιλίες με συνδετικό ιστό, ο οποίος δεν μπορεί να μεταδώσει τη διέγερση. Η διέγερση παρόλα αυτά μεταδίδεται στις κοιλίες, αλλά όχι αμέσως. Αυτό συμβαίνει ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος να αδειάσουν οι κόλποι το αίμα προς τις κοιλίες πριν αυτές συσταλθούν (βλέπε "κυκλοφορία του αίματος"). Η μετάδοση της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες επιτυγχάνεται μέσω ενός εξειδικευμένου μυϊκού ιστού, του **κολποκοιλιακού κόμβου**. Η διέγερση φτάνει σε όλα τα σημεία των κοιλιών με το κολποκοιλιακό δεμάτιο (του Hiss) που αποτελείται από τις ίνες Purkinje. Η μετάδοση

της διέγερσης στις κοιλίες γίνεται ταχύτατα, με αποτέλεσμα οι κοιλίες να συστέλλονται σχεδόν ταυτόχρονα και με καθυστέρηση ~ 150 ms από τη συστολή των κόλπων.

• Αρτηρίες

Αρτηρίες ονομάζονται τα αγγεία που μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά προς όλο το σώμα. Η ροή του αίματος στις αρτηρίες εξασφαλίζεται με την πίεση που έχει το αίμα μετά την έξοδό του από την καρδιά (αρτηριακή πίεση). Τα τοιχώματα των αρτηριών αποτελούνται από τρεις βασικές στοιβάδες (Εικ.6.2.7):

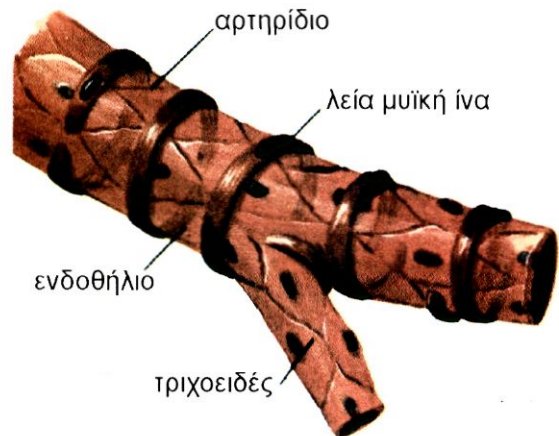
- Το ενδοθήλιο, μονόστοιβο επιθήλιο το οποίο εφάπτεται με μεμβράνη συνδετικού ιστού.
- Τη μεσαία στοιβάδα, αποτελούμενη από λείες μυϊκές ίνες, ελαστικές ίνες και κολλαγόνο. Αυτή είναι παχύτερη και προσδίδει στις αρτηρίες την απαραίτητη ελαστικότητα. Η ύπαρξη του μυϊκού ιστού μέσω της νεύρωσης του από ίνες του ΑΝΣ επιτρέπει τον έλεγχο της διαμέτρου των αγγείων.
- την εξωτερική στοιβάδα, που κατά βάση αποτελείται από συνδετικό ιστό, ο οποίος περιέχει νευρικές απολήξεις και τριχοειδή. Είναι η στοιβάδα που προστατεύει τα αγγεία και παράλληλα τα συνδέει με τους περιβάλλοντες ιστούς.

Οι αρτηρίες όσο απομακρύνονται από την καρδιά, διακλαδίζονται για να σχηματίσουν μικρότερες αρτηρίες, τα αρτηρίδια. Αυτά με τη σειρά τους θα καταλήξουν στα τριχοειδή. Τα τοιχώματα των αρτηριδίων είναι αρκετά λεπτότερα από τα αντίστοιχα των αρτηριών και καταλήγουν να αποτελούνται από το ενδοθήλιο, μερικές μυϊκές ίνες και λίγο συνδετικό ιστό (Εικ.6.2.8).

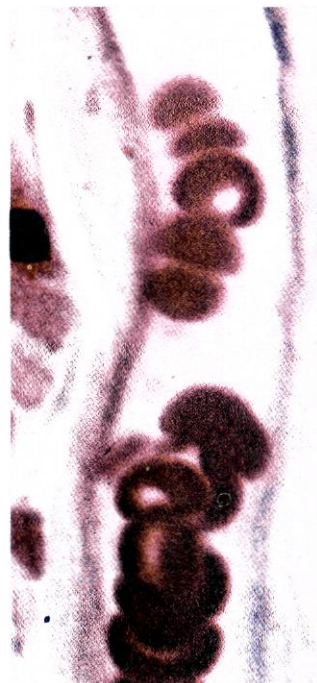
• Τριχοειδή

Τα τριχοειδή έχουν την απλούστερη δομή από όλα τα αγγεία. Πρόκειται για μικρούς σωλήνες που σχηματίζουν ένα ευρύτατο δίκτυο σε όλους τους ιστούς. Το τοίχωμά τους αποτελείται μόνο από μονόστοιβο ενδοθήλιο (Εικ.6.2.8). Η εσωτερική διάμετός τους είναι κατά μέσο όρο $8\mu\text{m}$. Η διάμετρος των αιμοσφαιρίων είναι $5-7\mu\text{m}$ και περνάνε ένα από τα τριχοειδή (Εικ.6.2.9).

Η ανταλλαγή ουσιών μεταξύ του σώματος και του αίματος γίνεται μόνο όταν αυτό περνάει από τα τριχοειδή.



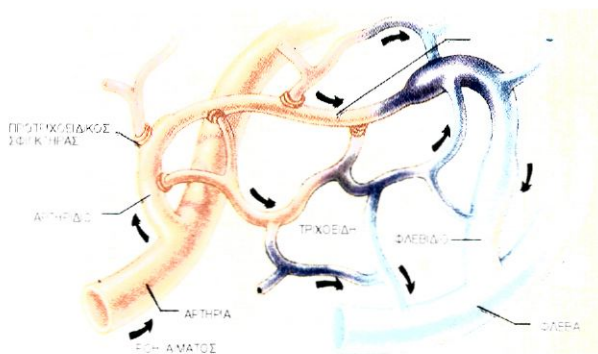
Εικ.6.2.8:
Αρτηρίδιο και
τριχοειδές



Εικ.6.2.9:
Αιμοσφαίρια σε
τριχοειδές

Η συνολική επιφάνεια των τριχοειδών φτάνει τα $500-700\text{ m}^2$ (περίπου όσο ένα γήπεδο ποδοσφαίρου).

Είναι χαρακτηριστικό ότι συνήθως σε απόσταση $20-30\mu\text{m}$ από κάθε κύτταρο του σώματος υπάρχει κάποιο τριχοειδές, τη στιγμή που τα κύτταρα έχουν μέγεθος $5-20\mu\text{m}$.



Εικ.6.2.10:

Δίκτυο τριχοειδών

Κάθε στιγμή περίπου το 65% του αίματος βρίσκεται στις φλέβες.

Η επαφή μεταξύ των τοιχωμάτων των τριχοειδών και των αιμοσφαιρίων διευκολύνει τη διάχυση αερίων και μεταβολιτών έξω από τα τριχοειδή προς το περιβάλλον και το αντίστροφο.

Η είσοδος του αίματος στα τριχοειδή ελέγχεται από μία λεία μυϊκή ίνα η οποία περιβάλλει το κάθε τριχοειδές και αποτελεί τον **προτριχοειδικό σφιγκτήρα**. Συστέλλοντας τους σφιγκτήρες, ο οργανισμός μπορεί να περιορίζει το ποσό του αίματος που εισέρχεται στο δίκτυο τριχοειδών του εκάστοτε ιστού και έτσι να ελέγχει το ρυθμό ανταλλαγής των ουσιών σ' αυτόν τον ιστό (Εικ.6.2.10). Επίσης η έκταση των τριχοειδικών δικτύων διαφέρει ανάλογα με τον ιστό. Οι μύες έχουν μεγάλα δίκτυα, ενώ τα οστά σχετικά μικρά.

• Φλέβες

Από τα τριχοειδή αρχίζουν τα φλεβίδια που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο. Τα φλεβίδια διαρκώς συνενούμενα, σχηματίζουν τις φλέβες, μεταφέροντας το αίμα απ' όλο το σώμα ξανά προς την καρδιά.

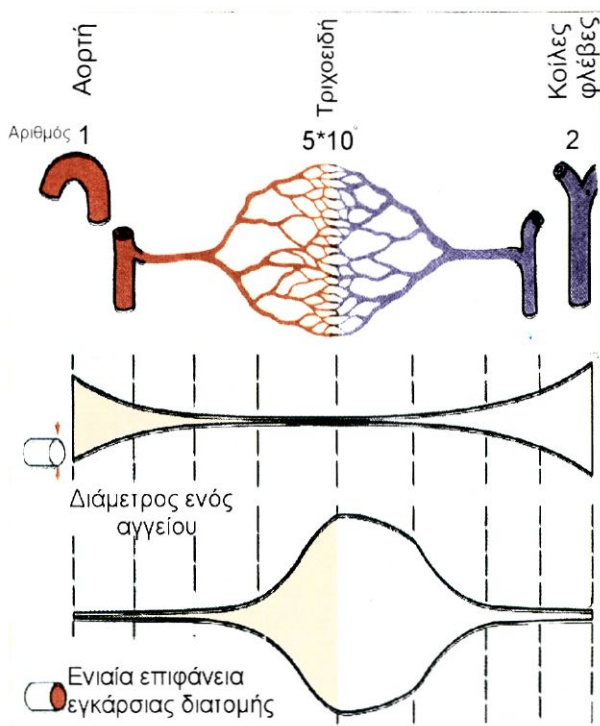
Οι φλέβες έχουν την ίδια γενικά δομή με τις αρτηρίες, μόνο που το ποσό των μυϊκών ινών είναι αρκετά μικρότερο στις φλέβες. Αντίθετα οι ελαστικές ίνες και κυρίως το κολλαγόνο είναι τα κυρίαρχα συστατικά. (Εικ.6.2.7). Επιπλέον έχουν στο εσωτερικό τους βαλβίδες που επιτρέπουν την κίνηση του αίματος μόνο προς την καρδιά.

Η πίεση που έχει το αίμα όταν προωθείται από την καρδιά προς τις μεγάλες αρτηρίες και από εκεί προς τα τριχοειδή αποσβένεται λόγω:

- α) της διαστολής των αρτηριών και
- β) της αντίστασης της ροής του αίματος κυρίως στα τριχοειδή. (λόγω της μικρής εγκάρσιας διαμέτρου τους) (Εικ.6.2.11).

Η πίεση του αίματος στα φλεβίδια είναι πολύ μικρή και όσο προχωράμε προς την καρδιά σχεδόν μηδενίζεται (Εικ.6.2.12). Η ροή του αίματος προς την καρδιά εξασφαλίζεται με:

- α) Τη σύσπαση των παρακείμενων σκελετικών μυών,
- β) Τις βαλβίδες που εμποδίζουν την παλινδρόμηση του (Εικ.6.2.13) και
- γ) Την εισπνοή: διαστέλλονται τα αγγεία του θώρακα και έτσι προωθείται πιο εύκολα το αίμα των φλεβών προς την καρδιά (αρνητική ενδοθωρακική πίεση).

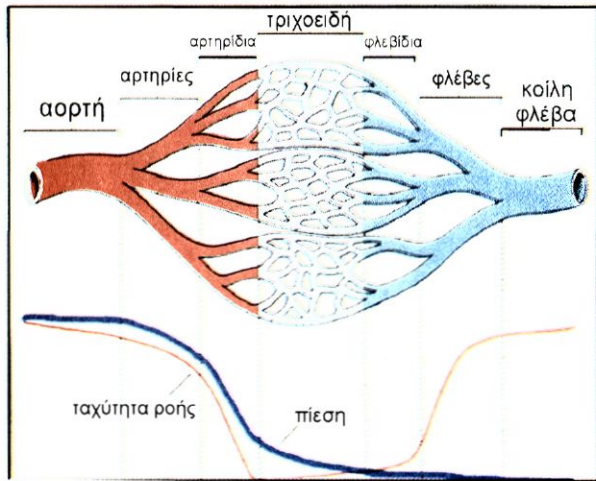


Εικ.6.2.11:

Χαρακτηριστικά των αγγείων

Επιπλέον οι φλέβες είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις αρτηρίες σε εσωτερική διάμετρο. Με αυτόν τον τρόπο η αντίσταση που συναντά το αίμα κατά την έξοδό του από τα τριχοειδή δίκτυα των οργάνων, αλλά και κατά τη μεταφορά του προς την καρδιά, γίνεται ελάχιστη.

Τέλος, οι φλέβες λόγω του μεγάλου τους όγκου και της ικανότητας τους να αυξομειώνουν τη διάμετρό τους, λειτουργούν ως δεξαμενές αίματος (Εικ.6.2.11). Έτσι, για παράδειγμα, σε περίπτωση αιμορραγίας οι μύες των τοιχωμάτων των φλεβών αντανakλαστικά συσπώνται και οι φλέβες συστέλλονται διοχετεύοντας αίμα στις αρτηρίες. Έτσι στις αρτηρίες κυκλοφορεί μεγαλύτερο ποσό του διαθέσιμου αίματος σε σχέση με πριν. Αποτέλεσμα είναι να διατηρείται σταθερή η πίεση του αίματος στις αρτηρίες και η ροή του διαμέσου των τριχοειδών. Η ικανότητα ρύθμισης είναι τέτοια ώστε να υπάρχει σχεδόν κανονική ροή αίματος ακόμα και με απώλεια της τάξης του 25%.



Εικ.6.2.12:

Συνολικά ο ρυθμός ροής του αίματος διατηρείται σταθερός γιατί, αν και η ταχύτητα ροής είναι αρκετά μικρότερη στα τριχοειδή, η συνολική επιφάνεια διατομής τους είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή των αρτηριών

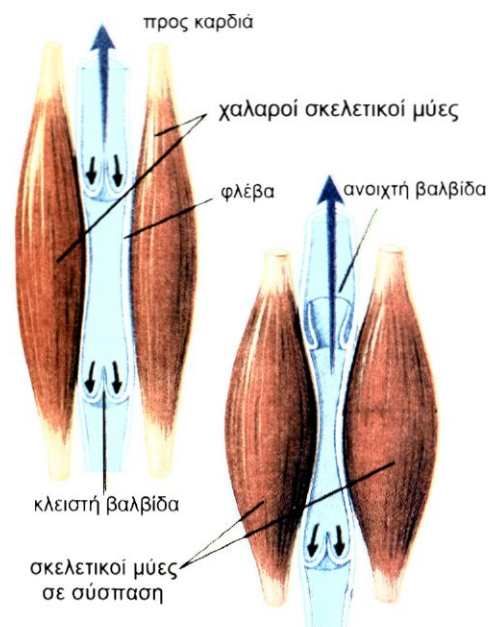
6.2.3 Κυκλοφορία του αίματος

Η κυκλοφορία του αίματος στον οργανισμό, για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή, μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις επιμέρους κυκλοφορίες:

- Πνευμονική ή μικρή: το χαμηλής περιεκτικότητας σε O_2 αίμα από την καρδιά φθάνει στους πνεύμονες όπου οξυγονώνεται και στη συνέχεια επανέρχεται στην καρδιά.
- Συστηματική ή μεγάλη: το οξυγονωμένο αίμα από την καρδιά προωθείται προς όλους τους ιστούς του σώματος με σκοπό να μεταφέρει O_2 και θρεπτικά συστατικά. Στη συνέχεια επανέρχεται στην καρδιά "πλούσιο" σε CO_2 και "φτωχό" σε O_2 .
- Στεφανιαία κυκλοφορία: αφορά στην αιμάτωση του μυοκαρδίου.

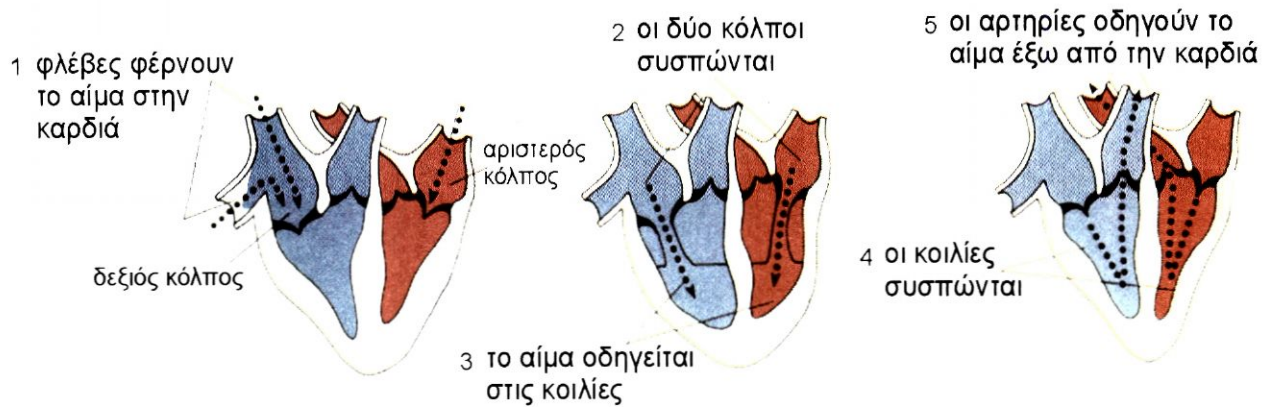
Ας ακολουθήσουμε την πορεία του αίματος από τη στιγμή που όντας πλούσιο σε οξυγόνο εισέρχεται στην καρδιά:

Το οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες εισέρχεται στον αριστερό κόλπο της καρδιάς με τις πνευμονικές φλέβες (Εικ. 6.2.14). Από εκεί το αίμα περνάει στην αριστερή κοιλία μέσω της διγλώχινης βαλβίδας (Βλέπε Εικ. 6.2.5). Ένα μεγάλο μέρος αυτής της ροής, 80% περίπου συμβαίνει κατά τη φάση χαλάρωσης της καρδιάς. Όταν θα συσπαστεί ο κόλπος, το υπόλοιπο 20% του αίματος θα γεμίσει την κοιλία. Όταν συσπάται η κοιλία, η μιτροειδής βαλβίδα κλείνει, εμποδίζοντας το αίμα να επιστρέψει στον κόλπο. Παράλληλα,



Εικ.6.2.13:

Η σύσπαση των σκελετικών μυών βοηθά την προώθηση του αίματος προς την καρδιά



Εικ. 6.2.14:

Η δράση της καρδιάς.

με την πίεση του αίματος λόγω της σύσπασης των παχίων τοιχωμάτων της αριστερής κοιλίας, ανοίγει η **μηννοειδής βαλβίδα** στην αρχή της αορτής. Το αίμα προωθείται κατ' αυτόν τον τρόπο προς τη μόνη δυνατή διέξοδο, την **αορτή**.

Όταν το αίμα θα περάσει από την αριστερή κοιλία στην αορτή, η μηννοειδής βαλβίδα θα κλείσει, εμποδίζοντας έτσι την επιστροφή του αίματος στην καρδιά.

• Στεφανιαία κυκλοφορία (καρδιάς)

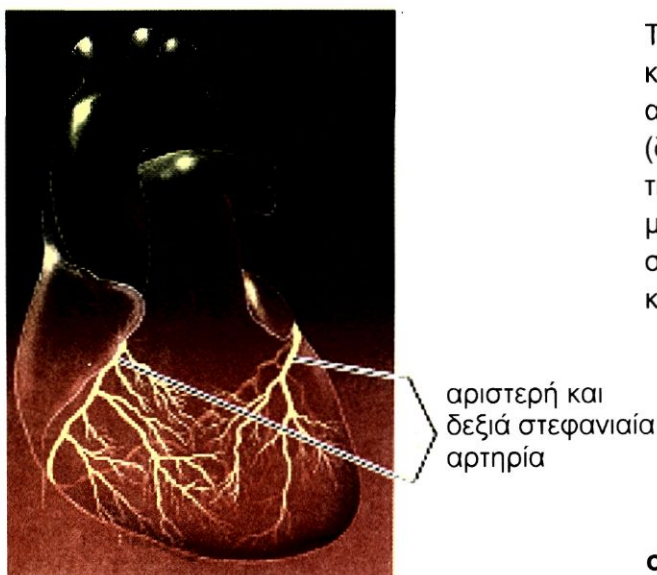
Τα κύτταρα της καρδιάς, όπως και όλα τα κύτταρα, χρειάζονται αιμάτωση. Η καρδιά αιματώνεται από δύο **στεφανιαίες αρτηρίες** (δεξιά και αριστερή) (Εικ. 6.2.15). Πρόκειται για τις δύο πρώτες διακλαδώσεις της αορτής αμέσως μετά τη μηννοειδή βαλβίδα της. Αυτές στη συνέχεια διακλαδίζονται περαιτέρω ώστε να καλυφθεί το σύνολο του μυοκαρδίου. Αφού το

οξυγονωμένο αίμα φτάσει στα τριχοειδή, όπου και γίνεται η ανταλλαγή αερίων και θρεπτικών συστατικών, συνεχίζει την πορεία του στις καρδιακές φλέβες, οι κυριότερες των οποίων καταλήγουν στη μεγαλύτερη στεφανιαία φλέβα που ονομάζεται

στεφανιαίος κόλπος. Βρίσκεται στην οπίσθια επιφάνεια της καρδιάς. Από εκεί το αίμα οδηγείται στο δεξιό κόλπο.

• Συστηματική (μεγάλη) κυκλοφορία

Από την αορτή διακλαδίζονται όλες οι αρτηρίες του σώματος (με εξαίρεση την πνευμονική αρτηρία) ώστε να μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα σε όλους τους ιστούς (Εικ.6.2.16). Οι πιο σημαντικές αρτηρίες που διακλαδίζονται από την αορτή αναφέρονται στη συνέχεια. Σχεδόν όλες διχάζονται σε αριστερή και δεξιά. Μετά τη διακλάδωση των στεφανιαίων αρτηριών, η αορτή διακλαδίζεται ώστε να αιματωθούν με περαιτέρω διακλαδώσεις η κεφαλή και τα άνω άκρα. Μέσα



Εικ. 6.2.15:

Οι στεφανιαίες αρτηρίες αιματώνουν το μυοκάρδιο.

στο θώρακα, η αορτή ονομάζεται θωρακική αορτή και δίνει αρτηρίες που αιματώνουν τα τοιχώματα και τα σπλάγχνα του θώρακα. Στη συνέχεια συνεχίζει στην κοιλιά και ονομάζεται κοιλιακή αορτή. Εδώ δίνει κλάδους που αιματώνουν τα τοιχώματα και τα σπλάγχνα της κοιλιάς. Προς τα κάτω διχάζεται στις δύο κοινές λαγόνιες αρτηρίες. Αυτές χωρίζονται σε έσω και έξω λαγόνιες αρτηρίες. Οι έσω αιματώνουν τα τοιχώματα και τα σπλάγχνα της λεκάνης ενώ οι έξω αιματώνουν τα κάτω άκρα.

Μετά την ανταλλαγή αερίων και ουσιών, που γίνεται μέσω των τριχοειδικών δικτύων το αίμα μπαίνει στις φλέβες που το πηγαίνουν στο δεξιό κόλπο της καρδιάς. (Εικ.6.2.17). Η **άνω κοίλη φλέβα** σχηματίζεται μέσα στο θώρακα.

Συγκεντρώνει το αίμα από τις φλέβες της κεφαλής, του τραχήλου, των άνω άκρων και του θώρακα. Η **κάτω κοίλη φλέβα** σχηματίζεται μέσα στην κοιλιά. Συγκεντρώνει το αίμα από τις φλέβες των κάτω άκρων, της λεκάνης και ορισμένων οργάνων της κοιλιάς.

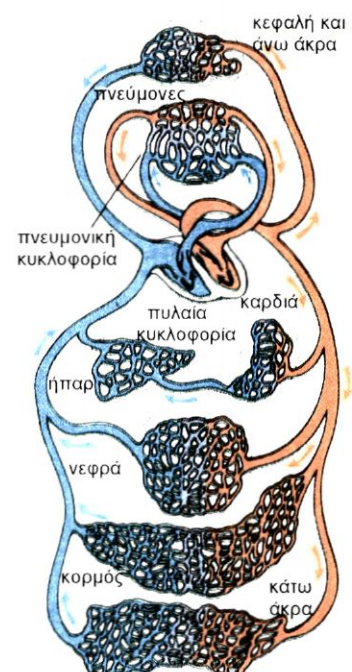
Πυλαία Κυκλοφορία

Το αίμα που συγκεντρώνεται από μερικά όργανα του πεπτικού συστήματος, δεν καταλήγει απ' ευθείας στην κάτω κοίλη φλέβα. Με την **πυλαία φλέβα** οδηγείται πρώτα στο ήπαρ, σχηματίζοντας την πυλαία κυκλοφορία. Οι φλέβες που παίρνουν το αίμα από τα τριχοειδή δίκτυα του στομάχου, του λεπτού εντέρου, του παχέος εντέρου, του παγκρέατος και του σπλήνα, το μεταφέρουν στην πυλαία φλέβα. Αυτή το οδηγεί στο ήπαρ (Εικ.6.2.18). Ένα μεγάλο μέρος του αίματος που φέρεται με την πυλαία φλέβα στο ήπαρ, προέρχεται από το στομάχι και το λεπτό έντερο και είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά λόγω της πέψης. Το ήπαρ επεξεργάζεται τα θρεπτικά συστατικά ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Μια σημαντική λειτουργία του, είναι η διατήρηση της γλυκόζης στο αίμα σε συγκεκριμένα επίπεδα. Το αίμα αφού περάσει από το τριχοειδές δίκτυο του ήπατος, συλλέγεται από τις ηπατικές φλέβες για να καταλήξει στην καρδιά, μέσω της κάτω κοίλης φλέβας. Στην πυλαία κυκλοφορία τα τριχοειδή παρεμβάλλονται ανάμεσα σε φλέβες. Αποτελούν έτσι εξαίρεση από όλα τα άλλα δίκτυα τριχοειδών όπου από τη μία πλευρά βρίσκονται αρτηρίες και από την άλλη φλέβες. Αυτό εξυπηρετεί τη λειτουργία του ήπατος και κατά συνέπεια τον εμπλουτισμό του αίματος με τα αναγκαία



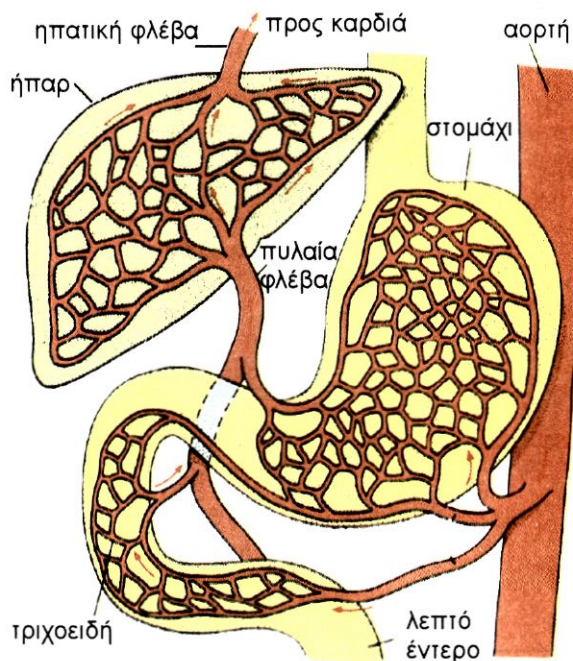
Εικ. 6.2.16:

Κυκλοφορία του αίματος.



Εικ. 6.2.17:

Μεγάλη και μικρή κυκλοφορία.



Εικ. 6.2.18:

Πυλαία κυκλοφορία

(Έχει παραληφθεί η ηπατική αρτηρία).



Εικ. 6.2.19:

Κάτοψη καρδιάς. Φωτογραφία μηννοειδών βαλβίδων. Αριστερά αορτή, δεξιά πνευμονική αρτηρία.

θρεπτικά συστατικά. Το ήπαρ, όπως και τα άλλα όργανα, δέχεται αίμα πλούσιο σε οξυγόνο από μια διακλάδωση της αορτής. Η διακλάδωση της αορτής που καταλήγει στο ήπαρ λέγεται ηπατική αρτηρία. Το αίμα της ηπατικής αρτηρίας μέσω τριχοειδικού δικτύου οδηγείται επίσης στις ηπατικές φλέβες. Αυτές καταλήγουν στην κάτω κοίλη φλέβα.

Η άνω και η κάτω κοίλη φλέβα καθώς και ο στεφανιαίος κόλπος φέρουν το υψηλής περιεκτικότητας σε CO_2 αίμα στο δεξιό κόλπο της καρδιάς. Με τη σύσπαση των τοιχωμάτων του κόλπου, το αίμα γεμίζει τη δεξιά κοιλία (Εικ. 6.2.14). Με αντίστοιχη ελάχιστη καθυστέρηση, όπως συμβαίνει και στο αριστερό τμήμα της καρδιάς, η δεξιά κοιλία συσπάται με αποτέλεσμα η μηννοειδής βαλβίδα ν' ανοίξει και το αίμα να προωθηθεί στην πνευμονική αρτηρία (Εικ. 6.2.19).

• Πνευμονική κυκλοφορία

Η πνευμονική αρτηρία που μεταφέρει το πλούσιο σε CO_2 αίμα, λίγο μετά την καρδιά διακλαδίζεται σε αριστερή και δεξιά. Αυτές καταλήγουν στον αριστερό και δεξιό πνεύμονα αντίστοιχα. Μέσα στους πνεύμονες διακλαδίζονται αρκετές φορές μέχρι να καταλήξουν στο δίκτυο των τριχοειδών. Καθώς το αίμα ρέει μέσα από τα τριχοειδή, γίνεται η ανταλλαγή CO_2 με O_2 . Ως αποτέλεσμα το αίμα που ρέει στα φλεβίδια των πνευμόνων είναι πλούσιο σε O_2 . Τα φλεβίδια συνενώνονται σε μικρές φλέβες και αυτές με τη σειρά τους σχηματίζουν δύο πνευμονικές φλέβες σε κάθε πνεύμονα. Συνολικά 4 πνευμονικές φλέβες φέρουν το οξυγονωμένο αίμα στον αριστερό κόλπο της καρδιάς για να κλείσει ο κύκλος (Εικ.6.2.5).

6.2.4 Ανταλλαγή ουσιών στα τριχοειδή

Η διακίνηση ουσιών μεταξύ του αίματος και του μεσοκυττάριου υγρού γίνεται κατά βάση με διάχυση. Είναι αποτέλεσμα της θερμικής κίνησης των μορίων του νερού και των διαλυμένων ουσιών και γίνεται από την περιοχή υψηλότερης συγκέντρωσης προς την περιοχή της χαμηλότερης. Το αίμα που εισέρχεται από τα αρτηρίδια στα τριχοειδή έχει σχετικά υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών, με αποτέλεσμα να διαχέονται προς το μεσοκυττάριο υγρό.

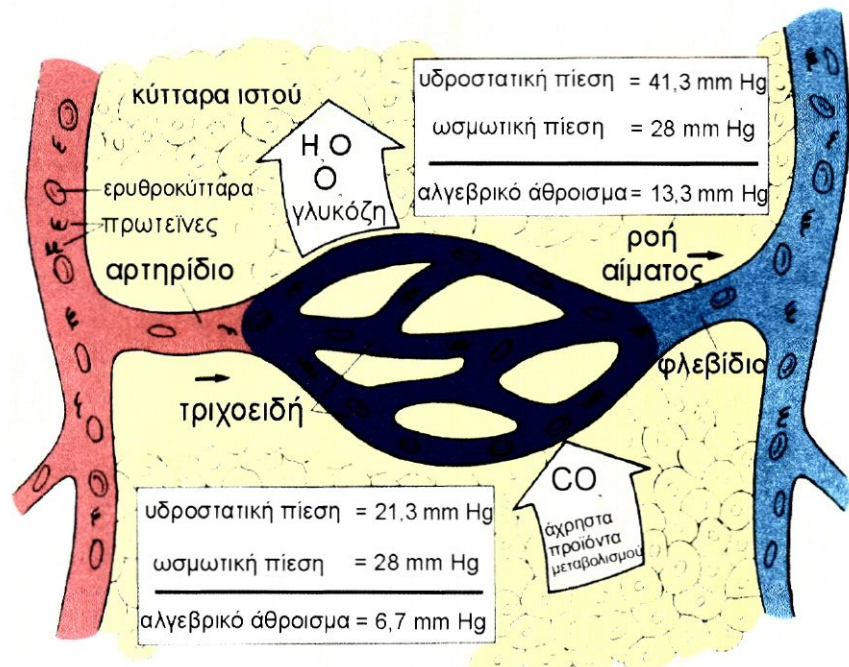
Αντίθετα, το υγρό των ιστών έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση CO_2 και άλλων προϊόντων του μεταβολισμού των κυττάρων, οπότε διαχέονται προς το εσωτερικό των τριχοειδών (Εικ. 6.2.20).

Τα ενδοθηλιακά κύτταρα, που συνιστούν το τοίχωμα των τριχοειδών, όπως και όλα τα άλλα κύτταρα, περιβάλλονται από λιπιδική μεμβράνη.

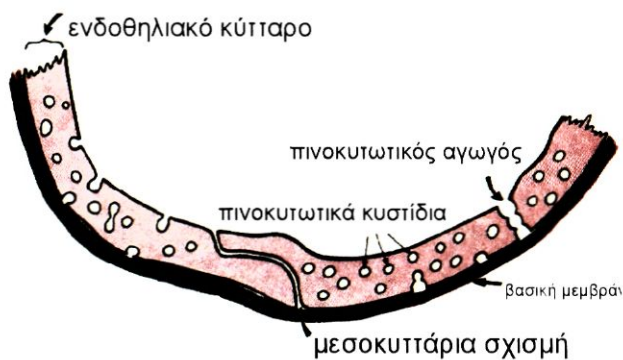
Έτσι ο τρόπος ανταλλαγής των ουσιών εξαρτάται από το αν αυτές είναι ή όχι λιποδιαλυτές. Το O_2 , το CO_2 και τα λιπαρά οξέα που είναι λιποδιαλυτά, μπορούν να διαχέονται εύκολα μέσω των μεμβρανών. Αντίθετα τα μόρια του H_2O , τα ιόντα χλωρίου (Cl^-) και νατρίου (Na^+), η γλυκόζη και άλλες ουσίες που δεν είναι λιποδιαλυτές ανταλλάσσονται μέσω του τοιχώματος των τριχοειδών με άλλους τρόπους.

- Στα ενδοθηλιακά κύτταρα υπάρχουν πολυάριθμα πινοκυτταρικά κυστίδια (Εικ.6.2.21). Τέτοια κυστίδια σχηματίζονται στην επιφάνεια του κυττάρου προς το εσωτερικό του τριχοειδούς και εσωκλείουν μικρή ποσότητα πλάσματος. Επίσης σχηματίζονται στην επιφάνεια του κυττάρου προς την εξωτερική επιφάνεια του τριχοειδούς και εσωκλείουν μικρή ποσότητα μεσοκυττάρου υγρού. Στη συνέχεια κινούνται μέσα στο κύτταρο και απελευθερώνουν το περιεχόμενό τους στην άλλη πλευρά του κυττάρου. Τέλος, μπορούν να συνενώνονται δύο ή περισσότερα κυστίδια μεταξύ τους και να δημιουργούν αγωγούς για την απ' ευθείας μεταφορά ουσιών.
- Ανάμεσα σε γειτονικά ενδοθηλιακά κύτταρα υπάρχουν κενά τα οποία ονομάζονται διαμεσοκυτταρικές σχισμές και επιτρέπουν τη μετακίνηση μικρών σχετικά ουσιών (Εικ. 6.2.21). Οι πρωτεΐνες του πλάσματος δε χωράνε σε αυτές τις σχισμές, ενώ ουσίες όπως η γλυκόζη, η ουρία και τα ιόντα νατρίου και χλωρίου χωράνε.

Το μέγεθος των διαμεσοκυτταρικών σχισμών διαφέρει ανάλογα με τον ιστό. Στα τριχοειδή του εγκεφάλου, τα ενδοθηλιακά κύτταρα συνδέονται πολύ στενά μεταξύ τους με αποτέλεσμα να μην



Εικ. 6.2.20:
Ανταλλαγή αερίων και ουσιών
μέσα από τα τριχοειδή.



Εικ. 6.2.21:

Η δομή του τριχοειδικού τοιχώματος.

περνάει σχεδόν τίποτα παθητικά στο μεσοκυττάριο υγρό (αιματεγκεφαλικός φραγμός). Η γλυκόζη που είναι απαραίτητη στα εγκεφαλικά κύτταρα μεταφέρεται με ενεργητική μεταφορά. Από την άλλη πλευρά, στο ήπαρ το τοίχωμα των τριχοειδών είναι τόσο διαπερατό, που ακόμα και πρωτεΐνες του πλάσματος περνούν μέσα από αυτό σχεδόν τόσο εύκολα όσο και τα μόρια νερού.

Η πίεση του αίματος μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την καρδιά και φτάνουμε στα τριχοειδή. Η υδροστατική πίεση του αίματος συνεπώς είναι μεγαλύτερη στο αρτηριακό άκρο του τριχοειδούς σε σχέση με το φλεβικό του άκρο. Η υδροστατική πίεση του αίματος πιέζει το νερό και τις διαλυμένες σε αυτό ουσίες να βγουν έξω από το τριχοειδές. Η οσμωτική όμως πίεση του αίματος, που λόγω των πρωτεϊνών του πλάσματος, είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη του μεσοκυττάριου υγρού, πιέζει το νερό να μπει από το μεσοκυττάριο υγρό στο τριχοειδές με διάχυση.

Το αλγεβρικό άθροισμα των δύο αυτών διαφορετικών πιέσεων δείχνει την κατεύθυνση της κίνησης (Εικ. 6.2.20). Στο αρτηριακό άκρο του τριχοειδούς η υδροστατική πίεση είναι μεγαλύτερη από την ωσμωτική και έτσι η μετακίνηση γίνεται από το τριχοειδές προς το μεσοκυττάριο υγρό. Στο φλεβικό άκρο η ωσμωτική πίεση είναι μεγαλύτερη και έτσι το νερό και οι διαλυμένες σ' αυτό ουσίες μπαίνουν στο τριχοειδές. Συνήθως, περισσότερο υγρό εξέρχεται από τα τριχοειδή παρά μπαίνει σ' αυτά. Η περίσσεια υγρού στους ιστούς (2-3 λίτρα κάθε μέρα) συλλέγεται από τα λεμφαγγεία και επιστρέφεται στη φλεβική κυκλοφορία.

6.2.5 Ρύθμιση της αιμάτωσης των ιστών.

Η ρύθμιση της ροής του αίματος στα διάφορα όργανα γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του μεταβολισμού ενός οργάνου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ροή αίματος σ' αυτό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η συγκριτικά πολύ μεγάλη αιμάτωση των νεφρών γενικά αλλά και των μυών σε περίπτωση έντονης μυϊκής εργασίας. Τα νεφρά απομακρύνουν από το αίμα τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού. Γι' αυτό το λόγο η μεγάλη αιμάτωσή τους είναι συνεχής. Οι μύες αιματώνονται σε χαμηλό βαθμό όταν βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας. Κατά τη

διάρκεια έντονης άσκησης όμως οι ανάγκες τους σε οξυγόνο είναι πολύ μεγάλες, άρα και η αιμάτωση τους πρέπει να είναι μεγάλη (Εικ.6.2.22).

Η αιμάτωση είναι αυξημένη μόνο στα όργανα που εργάζονται περισσότερο. Η ταυτόχρονη αιμάτωση πολλών οργάνων θα υπερφόρτωνε την καρδιά. Αυτός είναι ο λόγος που κατά τη διάρκεια της πέψης (έντονη λειτουργία πεπτικού συστήματος) δε συνιστάται έντονη λειτουργία του μυϊκού συστήματος.

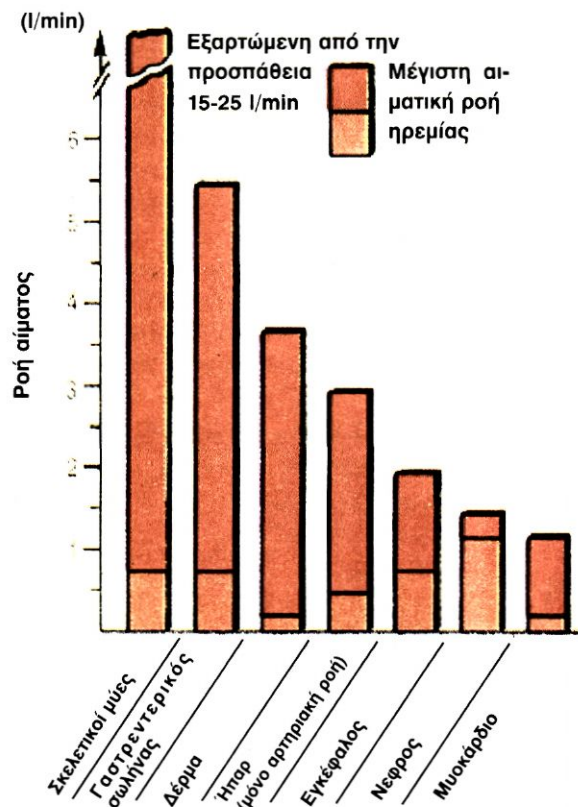
Η ρύθμιση της ροής του αίματος στα διάφορα όργανα πραγματοποιείται κυρίως με μεταβολές της διαμέτρου των αγγείων. Η διάμετρος των αγγείων μπορεί ν' αλλάζει ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο εκάστοτε όργανο. Η τοπική έλλειψη οξυγόνου συνήθως προκαλεί διαστολή των αγγείων, αυξημένη παροχή αίματος, άρα και αυξημένη προσφορά οξυγόνου. Ανάλογα με τις συνθήκες, μπορούν να παραχθούν τοπικά ουσίες που οδηγούν στη διαστολή των αγγείων ή στη συστολή τους.

Γίνεται φανερό λοιπόν ότι ο οργανισμός διαθέτει πολλούς μηχανισμούς ρύθμισης της αιμάτωσης των ιστών. Αυτό το γεγονός δείχνει και τη σημασία της σωστής ρύθμισης για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού.

6.2.6 Ρύθμιση της λειτουργίας της καρδιάς

Η καρδιά προωθεί το αίμα προς τα κύτταρα του σώματος ανάλογα με τις ανάγκες τους. Το ποσό του αίματος που προωθεί η καρδιά ανά λεπτό ονομάζεται **καρδιακή παροχή**. Στην περίπτωση αυξημένης δραστηριότητας των σκελετικών μυών, όπου τα μυϊκά κύτταρα χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες αίματος, ο καρδιακός ρυθμός, άρα και η καρδιακή παροχή αυξάνουν (Εικ. 6.2.22). Η ρύθμιση της καρδιακής λειτουργίας γίνεται με δύο μηχανισμούς: την ενδογενή ρύθμιση και την αντανακλαστική με το αυτόνομο νευρικό σύστημα.

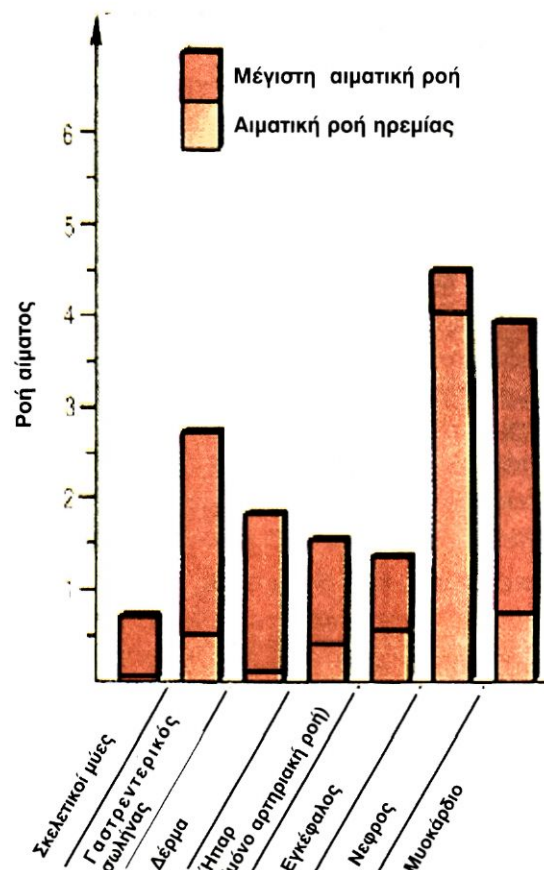
- Η καρδιά ρυθμίζει τη λειτουργία της ενδογενώς ως εξής: Όσο πιο πολύ αίμα μπαίνει στην καρδιά από τις φλέβες, τόσο πιο δυνατή είναι η σύσπαση του μυοκαρδίου. Έτσι τόσο πιο πολύ αίμα αντλείται από την καρδιά προς τις αρτηρίες.
- Είδαμε προηγουμένως, ότι ο ρυθμός λειτουργίας της καρδιάς δίνεται από το φλεβόκομβο.



Εικ. 6.2.22:

A. Αιματική ροή κατά περιοχές.

B. Σχέση αιματικής ροής-βάρους οργάνων



Μέσα σε φυσιολογικά πλαίσια, όλο το αίμα που εισέρχεται στην καρδιά αντλείται με αποτέλεσμα να μην υπάρχει στάση αίματος μέσα στις φλέβες.

Όταν νευρικές ώσεις, που ξεκινούν από το κέντρο αυτό του εγκεφάλου, καταλήγουν στις απολήξεις των συμπαθητικών νευρικών ινών, τότε εκκρίνεται η ορμόνη νορεπινεφρίνη. Αυτή προκαλεί την αύξηση του ρυθμού και της έντασης των συστολών του μυοκαρδίου. Αντίθετα οι παρασυμπαθητικές νευρικές ίνες ύστερα από νευρικές ώσεις, εκκρίνουν ακετυλοχολίνη, η οποία προκαλεί μείωση του καρδιακού ρυθμού.

Οι συμπαθητικές και παρασυμπαθητικές νευρικές ίνες λοιπόν που ελέγχουν το ρυθμό της καρδιακής λειτουργίας, θα πρέπει να καταλήγουν κυρίως στο φλεβόκομβο αλλά και στον κολποκοιλιακό κόμβο. Η αφετηρία τους εντοπίζεται στον εγκέφαλο. Στον προμήκη μυελό και στη γέφυρα εδράζεται το **κέντρο της καρδιακής λειτουργίας** (καρδιαγγειακό κέντρο).

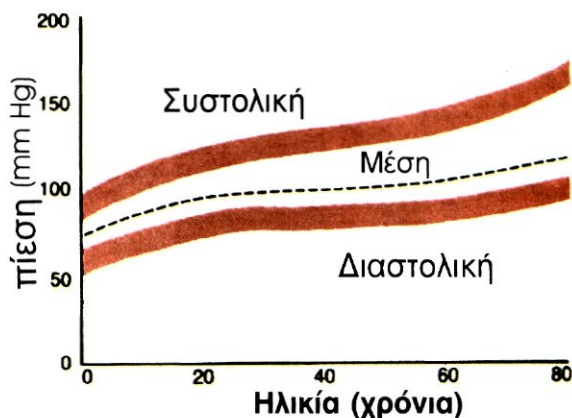
Φυσιολογικά διατηρείται μία δυναμική ισορροπία των δράσεων μεταξύ των συμπαθητικών και παρασυμπαθητικών νεύρων που νευρώνουν την καρδιά.

Το κέντρο καρδιακής λειτουργίας στον εγκέφαλο, δέχεται μηνύματα με τη μορφή νευρικών ώσεων από διάφορα μέρη του κυκλοφορικού αλλά και του υπόλοιπου εγκεφάλου (ημισφαίρια, υποθάλαμος). Αναλόγως στέλνει νευρικές ώσεις στην καρδιά, ώστε να προσαρμόσει τη λειτουργία της στις ανάγκες του οργανισμού.

Στα μεγάλα αγγεία του κυκλοφορικού υπάρχουν υποδοχείς που ανιχνεύουν διαφορές στην πίεση του αίματος (πιεσο- ή τασεοϋποδοχείς). Τέτοιοι υποδοχείς εντοπίζονται στην αρχή της αορτής και της καρωτίδας, αλλά και στην κοίλη φλέβα κοντά στην είσοδο του δεξιού κόλπου. Όταν η πίεση αυξηθεί, οι υποδοχείς αυτοί στέλνουν σήμα στο καρδιαγγειακό κέντρο. Η απάντηση στέλνεται στην καρδιά με παρασυμπαθητικές νευρικές ίνες. Αποτέλεσμα είναι να μειώνονται η συχνότητα λειτουργίας αλλά και η ένταση της συστολής του μυοκαρδίου. Συνεπώς μειώνεται η καρδιακή παροχή που εξαρτάται άμεσα από τις δύο αυτές παραμέτρους.

6.2.7 Πίεση του αίματος

Ο γενικός όρος πίεση του αίματος έχει την έννοια της πίεσης του αρτηριακού αίματος (αρτηριακή πίεση). Η **αρτηριακή πίεση** αυξομειώνεται ανάλογα με τη φάση της καρδιακής λειτουργίας. Όταν οι κοιλίες συσπώνται, τα τοιχώματά τους προωθούν το αίμα στις αρτηρίες. Αποτέλεσμα είναι η πίεση στις αρτηρίες ν' αυξάνεται απότομα. Η μέγιστη αυτή πίεση ονομάζεται **συστολική πίεση**. Όταν οι κοιλίες χαλαρώσουν, η αρτηριακή πίεση πέφτει και ονομάζεται **διαστολική πίεση**. Η συστολική πίεση είναι κατά μέσο όρο 120mm Hg και η διαστολική 80mm Hg. Οι τιμές διαφέρουν ανάλογα με το φύλο και την ηλικία (6.2.23). Η αρτηριακή πίεση είναι στενά



Εικ. 6.2.23:

Μεταβολές της αρτηριακής πίεσης με την ηλικία.

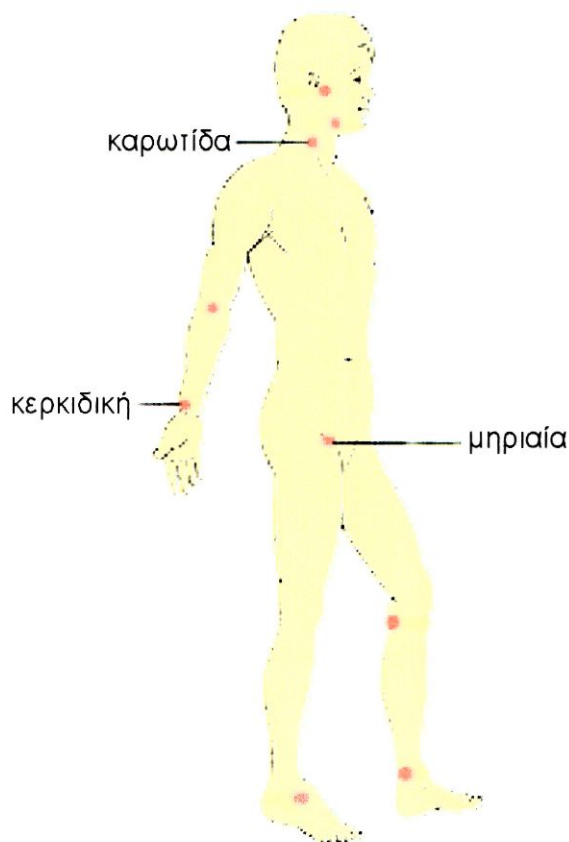
συνδεδεμένη με την καρδιακή λειτουργία. Όσο πιο μεγάλος είναι ο ρυθμός της καρδιάς και πιο έντονη η σύσπαση του μυοκαρδίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η αρτηριακή πίεση και αντίστροφα. Κατά συνέπεια οι παράγοντες που ρυθμίζουν τη λειτουργία της καρδιάς, ρυθμίζουν έμμεσα και την αρτηριακή πίεση.

Η είσοδος του αίματος στην αορτή προκαλεί τη διαστολή της. Μέχρι την επόμενη σύσπαση της αριστερής κοιλίας, η αορτή επανέρχεται στην αρχική της διάμετρο. Αυτή η εναλλαγή στη διάμετρο της αορτής μεταδίδεται πολύ γρήγορα στα τοιχώματα των αρτηριών και ονομάζεται **σφυγμός**. Ο σφυγμός μπορεί να ψηλαφηθεί σε αρτηρίες που βρίσκονται κάτω από το δέρμα (στον καρπό του χεριού, στο λαιμό και αλλού) (Εικ.6.2.24).

Ο όγκος του αίματος που εξωθείται από κάθε κοιλία προς την αορτή και την πνευμονική αρτηρία, σε κάθε χτύπο της καρδιάς (συστολή κοιλιών), ισούται με ~70ml. Σε ηρεμία η καρδιά χτυπάει περίπου 70 φορές το λεπτό. Άρα ο όγκος αίματος που προωθείται ανά λεπτό, είναι περίπου 5l. Η μέση αυτή τιμή μπορεί να διαφέρει λίγο ανάλογα με το φύλο, το σωματικό βάρος και την ηλικία. Σε περίπτωση έντονης σωματικής άσκησης, οι ανάγκες του οργανισμού σε οξυγόνο αυξάνονται κατά πολύ. Τότε ο ρυθμός της καρδιάς αυξάνεται επίσης, ενώ παράλληλα αυξάνεται και η ένταση της σύσπασης του μυοκαρδίου. Αποτέλεσμα είναι ο όγκος του αίματος που προωθείται ανά λεπτό να πολλαπλασιάζεται.

Γενικά η άριστη ρύθμιση της πίεσης του αίματος έχει μεγάλη σημασία. Οι μεγάλες αποκλίσεις προς τα κάτω (υπόταση) και προς τα πάνω (υπέρταση) όταν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι επιβλαβείς για τον οργανισμό.

Όπως προαναφέρθηκε και άλλα τμήματα του εγκεφάλου μπορούν να συμμετέχουν στη ρύθμιση της καρδιακής λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα, ύστερα από έντονη συναισθηματική φόρτιση. Δίνεται σήμα στην καρδιά να μειώσει το ρυθμό της, με αποτέλεσμα ο εγκέφαλος να μην αιματώνεται αρκετά και το άτομο να λιποθυμήσει.



Εικ. 6.2.24:

Σημεία που μπορεί να ψηλαφηθεί ο σφυγμός.

Ο ρυθμός της καρδιάς π.χ., μπορεί εύκολα να διπλασιαστεί και να φτάσει τους 140 χτύπους ανά λεπτό. Ο όγκος του αίματος που αντλείται από την καρδιά, μπορεί να τριπλασιαστεί και να φτάσει τα 210ml ανά χτύπο. Άρα ο όγκος αίματος που προωθείται ανά λεπτό μπορεί από 5l να φτάσει τα ~30l (140 χτύποι ανά λεπτό x 210ml ανά χτύπο).

Η συστηματική γυμναστική επιφέρει ορισμένες αλλαγές στην καρδιά του γυμναζόμενου. Με τις αλλαγές αυτές ο οργανισμός προσαρμόζεται στις αυξημένες ανάγκες που δημιουργούνται με την εξάσκηση.

- Το μυοκάρδιο των κοιλιών παχύνει και το μέγεθος των κοιλιών μεγαλώνει.
- Ο όγκος του αίματος που προωθείται από την καρδιά ανά χτύπο μεγαλώνει
- Ο ρυθμός της καρδιάς σε ηρεμία και κατά την εξάσκηση είναι μειωμένος (Χαρακτηριστικά η καρδιά πολλών αθλητών σε ηρεμία "χτυπάει" περίπου 50-60 φορές το λεπτό).

ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

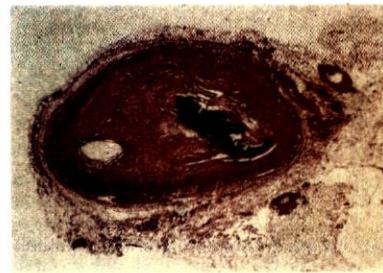
Οι παθήσεις του κυκλοφορικού συστήματος είναι η κυρίαρχη αιτία θανάτων στο Δυτικό κόσμο. Οι παθήσεις αυτές σχετίζονται με τις αρτηρίες, τις φλέβες, τους χιτώνες της καρδιάς, τις βαλβίδες της καθώς και το σύστημα διέγερσής της. Οι αιτίες τους μπορούν να είναι εκ γενετής ανωμαλίες, μολύνσεις από βακτήρια και ιούς και παράγοντες όπως η διατροφή και ο τρόπος ζωής.

Οι μολύνσεις του ενδοκαρδίου, μυοκαρδίου και περικαρδίου είναι δυνατό να επηρεάζουν τη σωστή λειτουργία των βαλβίδων. Αυτό μπορεί να σημαίνει στένωσή τους, όπου δεν ανοίγουν τελείως, ανεπαρκή σύγκλιση όπου δεν κλείνουν τελείως καθώς και προβολή τους προς τους κόλπους κατά τις κοιλιακές συσπάσεις. Αυτά τα προβλήματα είναι μερικές από τις αιτίες **καρδιακής ανεπάρκειας**, δηλαδή ανεπαρκούς λειτουργίας της καρδιάς.



Εικ. 6.2.25:

Πάνω: η στεφανιαία αρτηρία εμφανίζει μικρό ποσοστό στένωσης.
Πάνω δεξιά: μεγάλος βαθμός στένωσης
Δεξιά: ουσιαστικά φραγμένη αρτηρία



Οποιαδήποτε παρεμβολή στο σύστημα διέγερσης της καρδιάς προκαλεί **αρρυθμία**. Αυτό εξαρτάται από το μέρος και την ένταση της παρεμβολής. Ακραία περίπτωση είναι η **κοιλιακή μαρμαρυγή**, η οποία οδηγεί σε αιφνίδιο θάνατο. Μπορεί να προκληθεί λόγω ηλεκτροπληξίας. Πρόκειται για μη συντονισμένη σύσπαση πολλών διαφορετικών τμημάτων των κοιλιών. Πρακτικά αυτό έχει ως αποτέλεσμα η καρδιά να μην αντλεί καθόλου αίμα. Μετά την απώλεια συνείδησης, επέρχεται ο θάνατος σε λίγα μόνο λεπτά. Αυτή η πορεία μπορεί ν' αναστραφεί με την επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος (ηλεκτροσόκ).

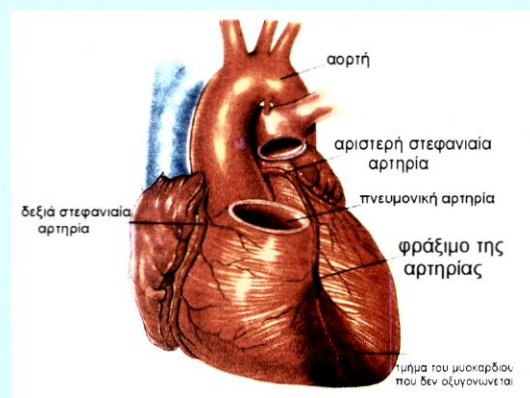
Ιδιαίτερη θέση ανάμεσα στις παθήσεις του κυκλοφορικού, έχει η **αρτηριοσκλήρυνση**. Πρόκειται για πάθηση των αρτηριών που προκαλεί πολύ σοβαρές συνέπειες εάν δε διαγνωστεί και αντιμετωπιστεί έγκαιρα. Το πρώτο στάδιο της νόσου είναι η εναπόθεση λιπιδίων (κυρίως χοληστερίνης) κάτω από το ενδοθήλιο των αρτηριών και η δημιουργία έτσι **αθηρωματικών πλάκων**. Όσο μεγαλώνουν αυτές οι πλάκες σε μέγεθος, τείνουν να μειώσουν το εσωτερικό του αυλού των αρτηριών. (Εικ.6.2.25). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ροή του αίματος να παρεμποδίζεται. Όταν αυτό συμβεί σε κάποια αρτηρία που αιματώνει κάποιο συγκεκριμένο όργανο, η ποσότητα του αίματος που θα φτάνει σ' αυτό το όργανο θα είναι λίγο έως και πολύ μειωμένη. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται **ισχαιμία**.

Η ισχαιμία του μυοκαρδίου προκαλεί ισχυρό πόνο στο στήθος που ονομάζεται **στηθάγχη**. Συνήθως διαρκεί λίγα λεπτά σε

φάση έντονης σωματικής άσκησης και αποτελεί ένα σήμα κινδύνου που 'εκπέμπει' το σώμα, ώστε να μην πιεστεί άλλο η καρδιά. Η ισχαιμία του εγκεφάλου μπορεί να επιφέρει απώλεια συνείδησης (λιποθυμία).

Οι αθηρωματικές πλάκες μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία θρόμβου. Ο θρόμβος, αφού σχηματιστεί σε κάποιο σημείο στις αρτηρίες, μπορεί να παρασυρθεί από τη ροή του αίματος μέχρι να κολλήσει σε κάποια αρτηρία και να τη φράξει τελείως. Συνεπώς, κάποια αρτηρία μπορεί ν' αποκλειστεί τελείως είτε λόγω των λιπιδιικών εναποθέσεων στο αγγειακό της τοίχωμα, είτε από κάποιο θρόμβο. Οι συνέπειες είναι ανάλογες της αρτηρίας που φράσσεται.

Το **έμφραγμα του μυοκαρδίου** σημαίνει φράξιμο κάποιας αρτηρίας που αιματώνει την καρδιά. (Εικ. 6.2.26). Η διακοπή της αιμάτωσης οδηγεί σε νέκρωση του τμήματος που δεν οξυγονώνεται. Αν νεκρωθεί μεγάλο τμήμα του μυοκαρδίου, επέρχεται ο θάνατος. Σχεδόν το 40% των θανάτων σε ολόκληρο τον κόσμο οφείλεται στο έμφραγμα του μυοκαρδίου.



Εικ. 6.2.26:

Έμφραγμα του μυοκαρδίου.

Αν αποκλεισθεί κάποια αρτηρία του εγκεφάλου, αποτέλεσμα είναι το **εγκεφαλικό επεισόδιο**. Οι συνέπειες του εγκεφαλικού εξαρτώνται από το σημείο και την έκταση της βλάβης.

Επιπλέον, κατά την προχωρημένη αρτηριοσκλήρυνση, με την πάροδο του χρόνου, οι αρτηρίες χάνουν την ελαστικότητά τους λόγω της εναπόθεσης ασβεστίου. Μερικές φορές τα τοιχώματα μιας αρτηρίας λεπταίνουν και ο αυλός της διαστέλλεται κατά πολύ. Τότε πρόκειται για δημιουργία ανευρύσματος. Το **ανεύρυσμα** μπορεί να σπάσει και να προκληθεί μεγάλη ή και ανεπανόρθωτη βλάβη. Τα ανευρύσματα μπορούν να έχουν και άλλες αιτίες εκτός από την αρτηριοσκλήρυνση, όπως η υπέρταση, μολύνσεις ή και εκ γενετής (συγγενείς) ανωμαλίες των αρτηριών.

Οι παράγοντες που ενέχονται στην αρτηριοσκλήρυνση είναι αρκετοί αν και δε γνωρίζουμε πλήρως τις αιτίες της πάθησης. Σημαντικός παράγοντας είναι η διατροφή πλούσια σε ζωικά (κορεσμένα) λίπη και γλυκά. Αντίθετα η κατανάλωση ωμού ελαιόλαδου, φυτικών ινών και ψαριών πιστεύεται ότι βοηθάει στη διατήρηση των αγγείων σε καλή κατάσταση. Ενοχοποιούνται ακόμη, η υπέρταση, το κάπνισμα, η παχυσαρκία, το άγχος, η καθιστική ζωή, ο σακχαρώδης διαβήτης (αυξημένη συγκέντρωση σακχάρου στο αίμα) καθώς και η γενετική προδιάθεση.

Για τη διατήρηση της καλής υγείας του κυκλοφορικού σημαντικότεροι παράγοντες είναι, η σωστή διατροφή και η φυσική άσκηση.

Θεραπευτικές Μέθοδοι

Τα προβλήματα στη λειτουργία των βαλβίδων συνήθως διορθώνονται με χειρουργικές επεμβάσεις, ενώ είναι συνήθως πρακτική η αντικατάσταση ελαττωματικών βαλβίδων με τεχνητές.



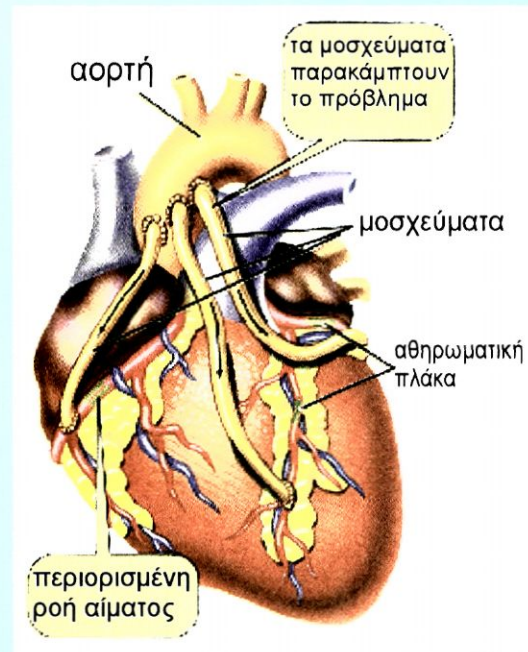
Εικ. 6.2.27:
Το "μπαλονάκι".

Στην περίπτωση της αρτηριοσκλήρυνσης και της μερικής απόφραξης των αρτηριών, συνηθίζονται δύο κυρίως μέθοδοι:

- Η μόνιμη διεύρυνση του αυλού στενωμένων αρτηριών. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο στον αυλό της αρτηρίας ενός λεπτού σωλήνα (Εικ.6.2.27). Ο σωλήνας εισάγεται σε κάποια μεγάλη

αρτηρία ποδιού ή χεριού και οδηγείται μέχρι το σημείο που πρέπει. Εκεί η άκρη του σωλήνα φουσκώνει (σα μπαλόνι) και πιέζει τα τοιχώματα της αρτηρίας, ώστε η διάμετρος της να φτάσει στα φυσιολογικά επίπεδα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μέχρι ενός ποσοστού 70-80% απόφραξης της αρτηρίας και η εφαρμογή της θεωρείται πετυχημένη αν επαναφέρει τη διάμετρο της αρτηρίας στο 70% τουλάχιστον της φυσιολογικής.

- Η παράκαμψη κάποιας φραγμένης αρτηρίας (bypass), με χρησιμοποίηση μοσχεύματος (6.2.28). Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της μεθόδου διεύρυνσης των αρτηριών (μπαλονάκι). Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ένα μικρό τμήμα αγγείου (συνήθως από φλέβες των ποδιών) για την παράκαμψη του φραγμένου σημείου της αρτηρίας. Η δημιουργία παράπλευρης κυκλοφορίας είναι και ενδογενής ικανότητα των αγγείων, που όμως δεν είναι πάντα αρκετή για να λύσει το πρόβλημα.



Εικ. 6.2.28:
Παράκαμψη φραγμένης αρτηρίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από την καρδιά, τα αιμοφόρα αγγεία και το αίμα. Εξυπηρετεί τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών και οξυγόνου στα κύτταρα του οργανισμού και την απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων και του διοξειδίου του άνθρακα.

Η καρδιά είναι ένα μυώδες όργανο που λειτουργεί ως αντλία για την κυκλοφορία του αίματος. Η καρδιά εσωτερικά χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες. Οι δύο επάνω κοιλότητες ονομάζονται κόλποι και δέχονται αίμα από φλέβες. Οι κάτω κοιλότητες ονομάζονται κοιλίες και προωθούν το αίμα προς τις αρτηρίες. Το δεξιό μισό προωθεί το αίμα προς τους πνεύμονες, ενώ το αριστερό μισό προς το υπόλοιπο σώμα. Διέγερση μεταδίδεται σε όλες τις μυικές ίνες της καρδιάς, με αποτέλεσμα τη ρυθμική συστολή τους. Αυτός ο ρυθμός προσδιορίζει και το ρυθμό λειτουργίας της καρδιάς.

Τα αιμοφόρα αγγεία είναι ένα δίκτυο σωλήνων που διαπερνά όλο το σώμα. Αρτηρίες ονομάζονται τα αγγεία που μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά προς όλο το σώμα. Η ροή του αίματος στις αρτηρίες εξασφαλίζεται με την πίεση που έχει το αίμα μετά την έξοδό του από την καρδιά (αρτηριακή πίεση). Τα τριχοειδή συνδέουν τα αρτηρίδια με τα φλεβίδια. Η ανταλλαγή ουσιών μεταξύ του σώματος και του αίματος γίνεται όταν αυτό περνάει από τα τριχοειδή. Οι φλέβες, μεταφέρουν το αίμα, απ'όλο το σώμα, ξανά προς την καρδιά.

Το οξυγονωμένο αίμα από την καρδιά προωθείται προς όλους τους ιστούς του σώματος με σκοπό να μεταφέρει O_2 και θρεπτικά συστατικά και στη συνέχεια επανέρχεται στην καρδιά.

Το χαμηλής περιεκτικότητας σε O_2 αίμα από την καρδιά φθάνει στους πνεύμονες όπου οξυγονώνεται και στη συνέχεια επανέρχεται στην καρδιά.

Από την αορτή διακλαδίζονται όλες οι αρτηρίες του σώματος (με εξαίρεση την πνευμονική αρτηρία) ώστε να μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα σε όλους τους ιστούς.

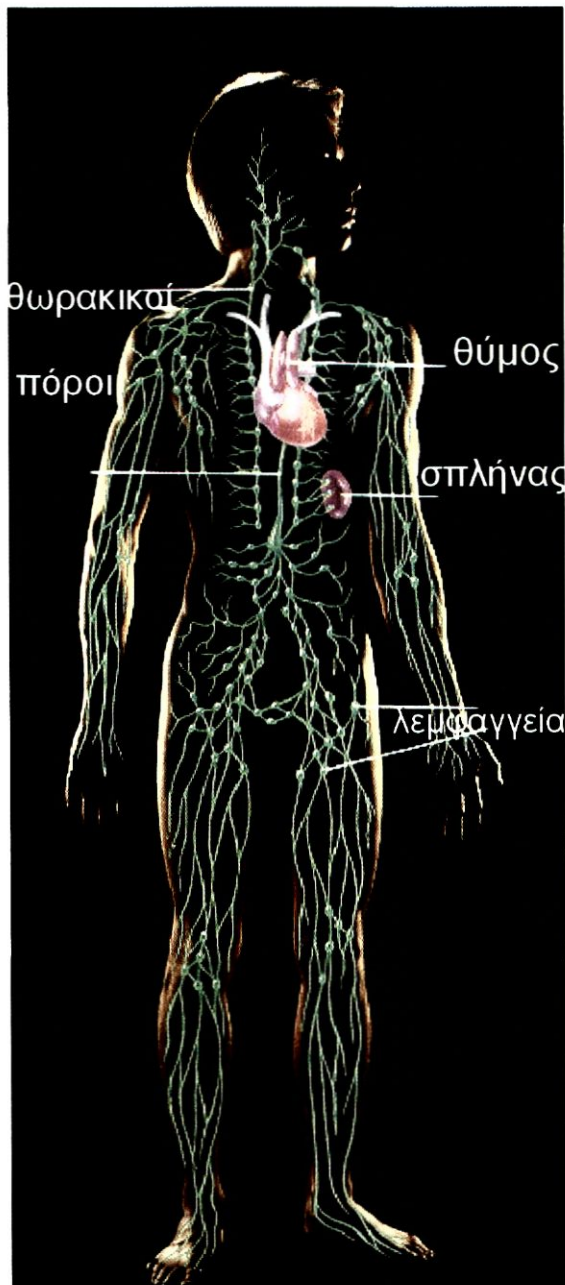
Η καρδιά προωθεί το αίμα προς τα κύτταρα του σώματος ανάλογα με τις ανάγκες τους. Η ρύθμιση της καρδιακής λειτουργίας γίνεται με δύο μηχανισμούς: την ενδογενή ρύθμιση και την αντανακλαστική με το αυτόνομο νευρικό σύστημα.

Η αρτηριακή πίεση αυξομειώνεται ανάλογα με τη φάση της καρδιακής λειτουργίας.

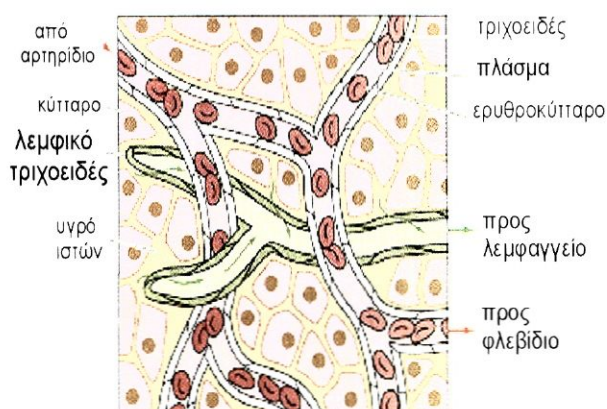
Η ρύθμιση της ροής του αίματος στα διάφορα όργανα γίνεται ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του μεταβολισμού ενός οργάνου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αιμάτωσή του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιός είναι ο ρόλος των βαλβίδων της καρδιάς;
2. Πώς μεταδίδεται η διέγερση από το δεξιό κόλπο στην υπόλοιπη καρδιά;
3. Πώς ρυθμίζεται η ροή αίματος στα τριχοειδή;
4. Πώς επηρεάζει η εισπνοή τη ροή του αίματος στις φλέβες;
5. Ποιά είναι η ιδιαιτερότητα της πυλαίας κυκλοφορίας;
6. Γιατί νομίζετε ότι τα τριχοειδή έχουν διάμετρο τόσο μικρή όσο περίπου και η διάμετρος των ερυθρών αιμοσφαιρίων;
7. Γιατί υπάρχει μια καθυστέρηση της μετάδοσης της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες;
8. Συμπληρώστε τα κενά:
Το _____ δέχεται αίμα πλούσιο σε _____ από την ηπατική αρτηρία, ενώ συγχρόνως δέχεται αίμα _____ σε θρεπτικά συστατικά από την _____ φλέβα. Το σύνολο του αίματος φεύγει από το ήπαρ με την ηπατική _____, η οποία εκβάλλει στην _____ φλέβα.
9. Διαλέξτε τις σωστές απαντήσεις:
Τα τριχοειδή (κατά μέσο όρο) σε σχέση με τους άλλους τύπους αγγείων (αρτηρίες και φλέβες):
α) έχουν τη μικρότερη εγκάρσια διατομή
β) σ'αυτά η ταχύτητα με την οποία ρέει το αίμα είναι η μεγαλύτερη
γ) έχουν τα λεπτότερα τοιχώματα
δ) η πίεση του αίματος είναι η ελάχιστη που παρατηρείται στο σύνολο των αγγείων
10. Σωστό ή Λάθος
α) Η πνευμονική αρτηρία περιέχει αίμα πλούσιο σε O_2 (Σ) (Λ)
β) Η καρδιά έχει σταθερό ρυθμό λειτουργίας ανεξαρτήτως συνθηκών (Σ) (Λ)
γ) Η ανταλλαγή αερίων και ουσιών μεταξύ του αίματος και του μεσοκυττάριου υγρού των ιστών, γίνεται μέσω των αρτηριών και των τριχοειδών αγγείων (Σ) (Λ)
δ) Η λειτουργία των βαλβίδων των φλεβών ελέγχεται από το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα
ε) Η πυλαία φλέβα μεταφέρει στο ήπαρ αίμα πλούσιο σε οξυγόνο (Σ) (Λ)
στ) Η πίεση του αίματος στις φλέβες είναι αρκετή για την επιστροφή του στην καρδιά (Σ) (Λ)
ζ) Οι αρτηρίες έχουν βαλβίδες (Σ) (Λ)
η) Στο μυοκάρδιο μεταφέρονται O_2 και θρεπτικά συστατικά από το αίμα που περνάει από την αριστερή κοιλία (Σ) (Λ)
11. Στην Εικ.6.3.19 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τα τοιχώματα της αορτής είναι παχύτερα από αυτά της πνευμονικής αρτηρίας. Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;



Εικ. 6.3.1:
Το λεμφικό σύστημα.



Εικ. 6.3.2:
Είσοδος του μεσοκυττάριου υγρού
σε λεμφικό τριχοειδές.

6.3 ΛΕΜΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

6.3.1 Γενικά – Λειτουργίες του λεμφικού συστήματος

Ανάμεσα στα κύτταρα του σώματος υπάρχει το μεσοκυττάριο υγρό, το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ των κυττάρων και των τριχοειδών αγγείων. Όπως προαναφέρθηκε (στο κεφάλαιο του κυκλοφορικού συστήματος), από τα τριχοειδή αγγεία εξέρχεται περισσότερο υγρό απ'ότι εισέρχεται. Στο υγρό αυτό περνάνε από τα κύτταρα προϊόντα του μεταβολισμού τους (πρωτεΐνες και τοξίνες) καθώς και μικροοργανισμοί που δεν μπορούν να εισέλθουν στα τριχοειδή λόγω μεγάλου μεγέθους. για να μείνει λοιπόν σταθερός ο όγκος αλλά και η σύσταση του μεσοκυττάριου υγρού, το επιπλέον υγρό πρέπει να απομακρυνθεί από τους ιστούς. Αυτή η λειτουργία επιτελείται από το λεμφικό σύστημα. Το λεμφικό σύστημα λειτουργεί έτσι συμπληρωματικά του κυκλοφορικού συστήματος. Συνίσταται από τα λεμφαγγεία, τους λεμφαδένες, τη λέμφο, τις αμυγδαλές, το θύμο αδένα και τον σπλήνα (Εικ.6.3.1).

Ο φυσιολογικός ρόλος που έχει στον οργανισμό είναι:

- Η επαναφορά του πλεονάσματος του μεσοκυττάριου υγρού, που δεν μπορεί ν' απορροφηθεί από τα τριχοειδή του κυκλοφορικού, στο καρδιαγγειακό σύστημα.
- Η διατήρηση της οσμωτικής πίεσης μεταξύ του πλάσματος του αίματος και του υγρού των ιστών.
- Η μεταφορά των απορροφούμενων λιπαρών συστατικών από το λεπτό έντερο στο αίμα (μέσω των εντερικών λεμφαγγείων).
- Η συμβολή στην άμυνα του οργανισμού με την καταστροφή των παθογόνων μικροβίων και των ξένων σωματιδίων.

6.3.2 Δομή του Λεμφικού Συστήματος

• Λεμφαγγεία

Σε όλο το σώμα υπάρχουν λεμφικά τριχοειδή, τα οποία έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα από τα αιμοφόρα τριχοειδή. Απορροφούν το πλεόνασμα του μεσοκυττάριου υγρού μαζί με τις μεγαλομοριακές ενώσεις και τα μικρόβια και σχηματίζουν το υγρό που λέγεται **λέμφος** (Εικ.6.3.2).

Τα λεπτά λεμφικά τριχοειδή ενώνονται και σχηματίζουν μεγαλύτερα που ονομάζονται **λεμφαγγεία**. Αυτά συνοδεύουν τις φλέβες και διαθέτουν περισσότερες βαλβίδες που εμποδίζουν την παλινδρόμηση της λέμφου (Εικ.6.3.3). **Η λέμφος κυκλοφορεί στα λεμφαγγεία μόνο προς μία κατεύθυνση: από το μεσοκυττάριο υγρό των ιστών, προς το φλεβικό σκέλος του αιμοφόρου συστήματος** (Εικ.6.3.4).

Όλα τα λεμφαγγεία του ανθρώπου καταλήγουν σε δύο μεγάλα στελέχη, τον μείζονα και τον ελάσσονα θωρακικό πόρο.

• Λεμφαδένες

Οι λεμφαδένες είναι μικρές ωοειδείς δομές που βρίσκονται κατά μήκος των λεμφαγγείων. Βρίσκονται σε όλο το σώμα μόνοι τους ή σε ομάδες (Εικ.6.3.1).

Στο εσωτερικό τους υπάρχουν Τ και Β λεμφοκύτταρα καθώς και μακροφάγα. Η λέμφος περνώντας μέσα από τους λεμφαδένες απαλλάσσεται από τα μικρόβια και τις ξένες ουσίες και εμπλουτίζεται με λεμφοκύτταρα. Όταν φθάνει στο θωρακικό πόρο διαφέρει από την αρχική λέμφο.

• Θύμος Αδένας

Ο θύμος αδένας βρίσκεται πίσω από το στήρνο (Εικ.6.3.1). Είναι το πρώτο λεμφικό όργανο που διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια της έκτης εβδομάδας της ζωής του εμβρύου. Μετά το 14^ο–15^ο έτος της ηλικίας μικραίνει (ατροφεί).

Κατά την εμβρυϊκή και παιδική ηλικία, στο θύμο μεταναστεύουν πρόδρομα Τ λεμφοκύτταρα από το μυελό των οστών. Εκεί με τη δράση της ορμόνης θυμοσίνης που παράγεται τοπικά, ωριμάζουν. Στη συνέχεια μεταφέρονται μέσω λεμφαγγείων και του αίματος στο λεμφικό και στο κυκλοφορικό δίκτυο.

• Σπλήνας

Ο σπλήνας βρίσκεται αριστερά στη κοιλιά, από την 9^η έως την 12^η πλευρά, κάτω από το διάφραγμα (Εικ.6.3.1).

Στο έμβρυο παράγει ερυθρά αιμοσφαίρια μέχρι να ολοκληρωθεί η δημιουργία του ερυθρού μυελού των οστών.

Είναι ο μοναδικός λεμφικός ιστός που διηθεί το αίμα. Τα γερασμένα ερυθροκύτταρα και αιμοπετάλια καταστρέφονται στον σπλήνα.

Περιέχει Τ και Β λεμφοκύτταρα. Η χρησιμότητά



Εικ. 6.3.3:
Βαλβίδες λεμφαγγείων.

Όταν σε κάποιο σημείο του σώματος, υπάρχει μεγαλύτερος όγκος μεσοκυττάριου υγρού που δεν μπορεί να απορροφηθεί από τα λεμφικά τριχοειδή, δημιουργείται τοπικά πρήξιμο (οίδημα).

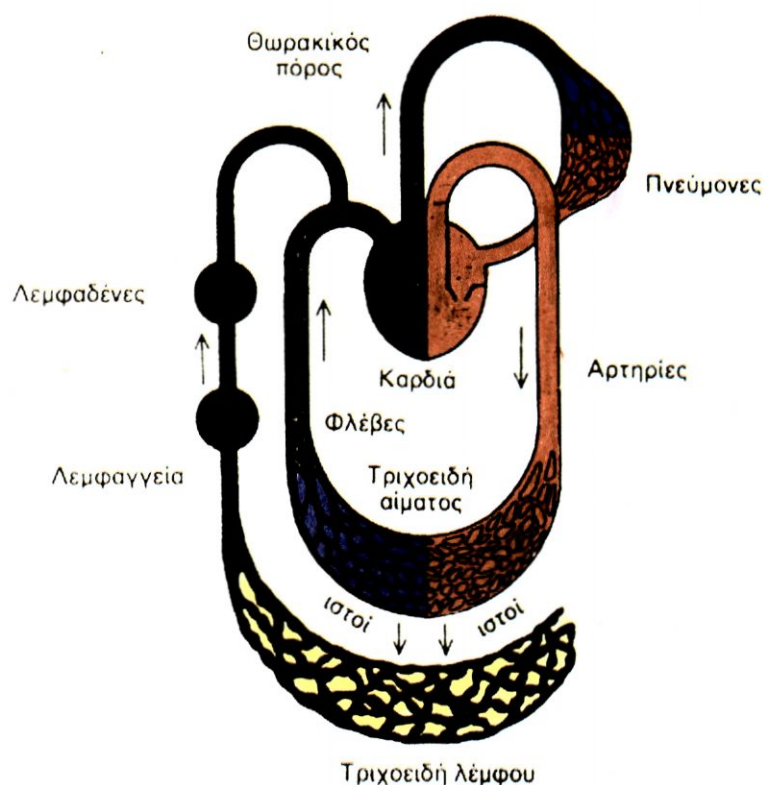
του είναι μεγάλη επειδή καταστρέφει τα βακτήρια και παράγει αντισώματα.

- **Αμυγδαλές**

Οι αμυγδαλές έχουν σχήμα αμυγδάλου και βρίσκονται δεξιά και αριστερά στη βάση της στοματικής κοιλότητας και του φάρυγγα (Εικ.6.3.1).

Συμμετέχουν στην άμυνα του οργανισμού κατά των λοιμώξεων

Οι συχνές λοιμώξεις των αμυγδαλών είναι ένδειξη για την χειρουργική αφαίρεση τους.



Εικ. 6.3.4:

Σχέση λεμφικού-κυκλοφορικού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το **λεμφικό σύστημα** είναι ένα ξεχωριστό σύστημα αγγείων, το οποίο λειτουργεί παράλληλα με την κυκλοφορία του αίματος. Η σημαντικότερη λειτουργία του λεμφικού συστήματος είναι η απορρόφηση του πλεονάσματος του μεσοκυττάριου υγρού και η επαναπροώθησή του στην συστηματική κυκλοφορία. Το υγρό που κυκλοφορεί στα λεμφαγγεία λέγεται **λέμφος**, και μοιάζει αρκετά στη σύστασή του με το πλάσμα. Η λέμφος κυκλοφορεί στα **λεμφαγγεία**, μέσα στα οποία επίσης μπορούν εύκολα να εισέλθουν πρωτεΐνες μεγάλου μεγέθους ή τοξίνες που απορροφώνται στο λεπτό έντερο με τις τροφές. Σε διάφορα σημεία των λεμφαγγείων υπάρχουν οι **λεμφαδένες**, οι οποίοι είναι τόπος ωρίμανσης των λεμφοκυττάρων, καθώς και τόπος αντιμετώπισης παθογόνων μικροοργανισμών. Έτσι, το λεμφικό σύστημα εμπλέκεται άμεσα στην άμυνα του οργανισμού.

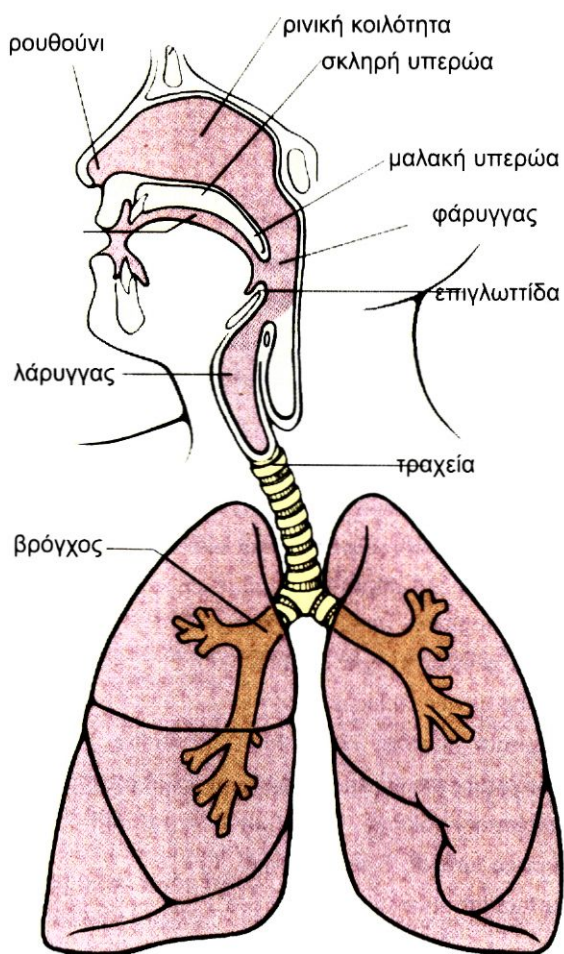
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις λειτουργίες του λεμφικού συστήματος.
2. Δίνονται τα όργανα του λεμφικού συστήματος και οι λειτουργίες τους. Να κάνετε την αντιστοίχιση οργάνου με λειτουργίες:
 - Σπλήνας
 - Θύμος
 - Λεμφαγγείο
 - Λεμφαδένας
 - Συλλογή της λέμφου.
 - Παράγει T- λεμφοκύτταρα
 - Διηθεί το αίμα - Έχει B-λεμφοκύτταρα.
 - Απαλλάσσει τη λέμφο από τα μικρόβια και τις ξένες ουσίες
3. Τί είναι ο σπλήνας και ποιές είναι οι λειτουργίες του;
4. Αιτιολογήστε το γεγονός ότι στη λέμφο δεν υπάρχουν όλες οι διαφορετικές πρωτεΐνες που υπάρχουν στο αίμα.
5. Σωστό ή λάθος
Τα λεμφαγγεία:
 - καταλήγουν στην αορτή
 - περιέχουν και αίμα και λέμφο
 - διέρχονται από τους λεμφαδένες
 - σχηματίζουν κλειστό δίκτυο

6.4 ΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

6.4.1 Γενικά

Η διαδικασία της κυτταρικής αναπνοής που επιτελείται στα κύτταρα των ιστών με σκοπό την παραγωγή ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση οξυγόνου και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η συνεχής τροφοδότηση των ιστών με οξυγόνο και ταυτόχρονα η απομάκρυνση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα. Η λειτουργία αυτή επιτελείται με το αναπνευστικό σύστημα, κύριος ρόλος του οποίου είναι η πρόσληψη οξυγόνου από τον ατμοσφαιρικό αέρα και η αποβολή διοξειδίου του άνθρακα σ' αυτόν. Η μεταφορά του O_2 από τους πνεύμονες στους ιστούς και του CO_2 από τους ιστούς στους πνεύμονες γίνεται με την κυκλοφορία του αίματος.



Εικ. 6.4.1:

Η αεροφόρος οδός

6.4.2 Η Αεροφόρος οδός

Ο εισπνεόμενος αέρας, μέχρι να φτάσει στις πνευμονικές κυψελίδες όπου θα γίνει η ανταλλαγή των αερίων, περνάει από τα διάφορα όργανα του αναπνευστικού συστήματος. Μέσα στα όργανα αυτά ο αέρας θερμαίνεται, υγραίνεται και φιλτράρεται με σκοπό να απομακρυνθούν τα διάφορα σωματίδια σκόνης και τυχόν παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Το αναπνευστικό σύστημα διακρίνεται στην άνω και στην κάτω αεροφόρο οδό. Η άνω αεροφόρος οδός περιλαμβάνει τη μύτη (ρίνα) και το φάρυγγα. Η κάτω αεροφόρος οδός αποτελείται από το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους και τους πνεύμονες (Εικ.6.4.1 και 6.4.2).

• Μύτη

Ο αέρας εισέρχεται, είτε από τη στοματική, είτε από τη ρινική κοιλότητα. Η ρινική κοιλότητα είναι μία οστεοχόνδρινη κοιλότητα, η οποία με το ρινικό διάφραγμα χωρίζεται σε δεξιά και αριστερή θαλάμη. Το πρόσθιο τμήμα κάθε ρινικής θαλάμης είναι το **ρουθούνι** απ' όπου εισέρχεται ο αέρας, ενώ στο πίσω μέρος τους οι θαλάμες οδηγούν τον ατμοσφαιρικό αέρα στο φάρυγγα.

Τα εσωτερικά τοιχώματα της ρινικής κοιλότητας καλύπτονται κυρίως από **αναπνευστικό βλεννογόνο**, ενώ ένα μικρό μέρος των ανώτερων τοιχωμάτων επενδύονται με οσφρητικό

βλεννογόνο. Ο αναπνευστικός βλεννογόνος αποτελείται από κροσσωτό επιθήλιο πλούσιο σε αιμοφόρα αγγεία και βλεννογόνους αδένες. Έτσι, ο αέρας που εισέρχεται στη ρινική κοιλότητα θερμαίνεται λόγω της ύπαρξης του εκτεταμένου δικτύου αιμοφόρων αγγείων και υγραίνεται από τη βλέννα που εκκρίνουν οι βλεννογόνοι αδένες. Επιπλέον, το στρώμα βλέννας παγιδεύει τυχόν σωματίδια σκόνης και μικροοργανισμούς που μπορούν να εισέλθουν με τον αέρα.

Με την κίνηση των κροσσών του επιθηλίου, το στρώμα βλέννας μαζί με τα παγιδευμένα σωματίδια ωθείται προς το φάρυγγα και στη συνέχεια, με την κατάποση, προς το στομάχι όπου και καταστρέφονται κατά τη διαδικασία της πέψης. Μ' αυτόν τον τρόπο, ο εισπνεόμενος αέρας φιλτράρεται πριν φτάσει στην κάτω αεροφόρο οδό (Εικ.6.4.3 και 6.4.4).

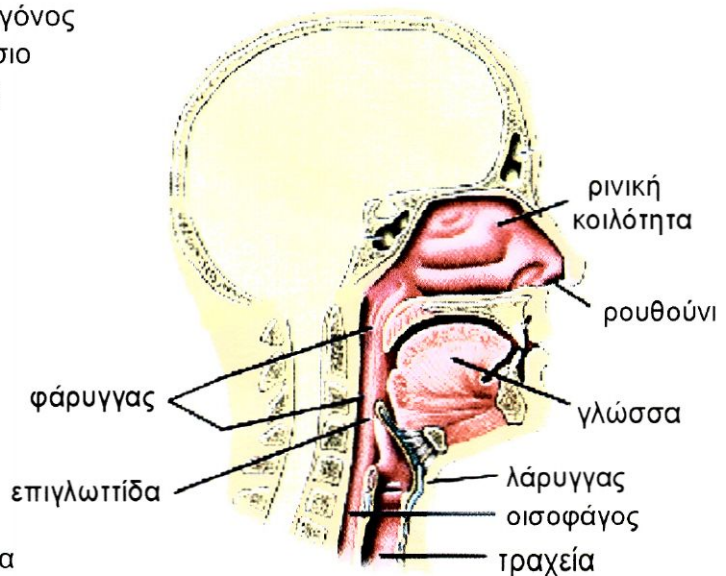
•Φάρυγγας

Βρίσκεται πίσω από τη στοματική κοιλότητα, ανάμεσα στη ρινική κοιλότητα και στο λάρυγγα και αποτελεί κοινό όργανο του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος. Κατά την αναπνευστική λειτουργία εξυπηρετεί τη μετακίνηση του αέρα από τη ρινική και τη στοματική κοιλότητα προς το λάρυγγα. Κατά την πεπτική λειτουργία εξυπηρετεί τη μεταφορά της τροφής από τη στοματική κοιλότητα στον οισοφάγο.

• Λάρυγγας

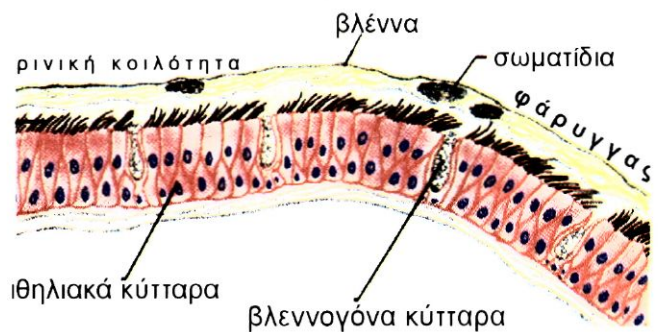
Ο αέρας μετά το φάρυγγα, εισέρχεται στο λάρυγγα. Ο λάρυγγας είναι ένα τμήμα της αεροφόρου οδού όπου εκτός από τη διακίνηση του αέρα επιτελείται και η λειτουργία της φωνής. Αποτελεί δηλαδή αναπνευστικό και φωνητικό όργανο. Ο σωλήνας του λάρυγγα στενεύει βαθμιαία από το άνω άκρο μέχρι το μέσο του και διευρύνεται πάλι βαθμιαία μέχρι το κάτω άκρο, έχει δηλαδή σχήμα κλεψύδρας. Το στενότερο τμήμα του σωλήνα ονομάζεται **γλωττίδα**.

Ο σκελετός του λάρυγγα αποτελείται από εννέα χόνδρους που συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσμους. Οι κυριότεροι από τους χόνδρους είναι ο **θυρεοειδής**, που προεξέχει ιδιαίτερα στους άντρες και σχηματίζει το λαρυγγικό έπαρμα ("μήλο του Αδάμ") και η **επιγλωττίδα**, η οποία κλείνει το άνοιγμα του λάρυγγα κατά την



Εικ. 6.4.2:

Η άνω αεροφόρος οδός περιλαμβάνει τη μύτη και το φάρυγγα.



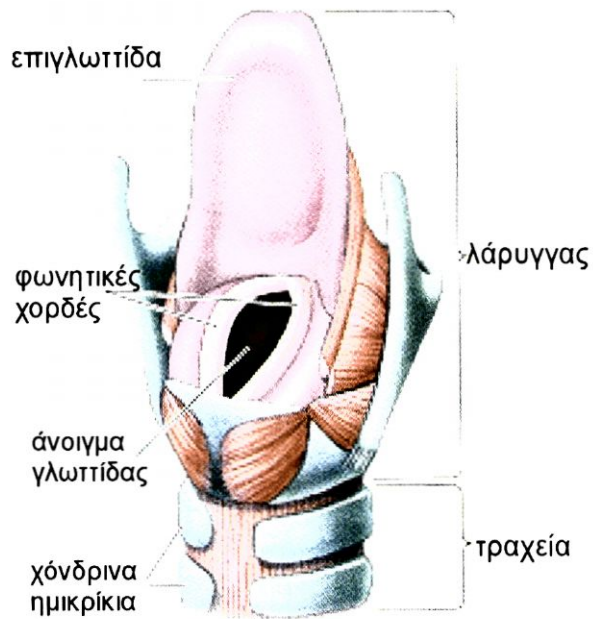
Εικ. 6.4.3:

Οι κροσσοί του αναπνευστικού βλεννογόνου, με την κυματοειδή τους κίνηση, ωθούν τη βλέννα με τα παγιδευμένα σωματίδια προς το φάρυγγα.



Εικ. 6.4.4:

Φωτογραφία σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης των κροσσών του βλεννογόνου της ρινικής κοιλότητας. Μεγέθυνση x 5000



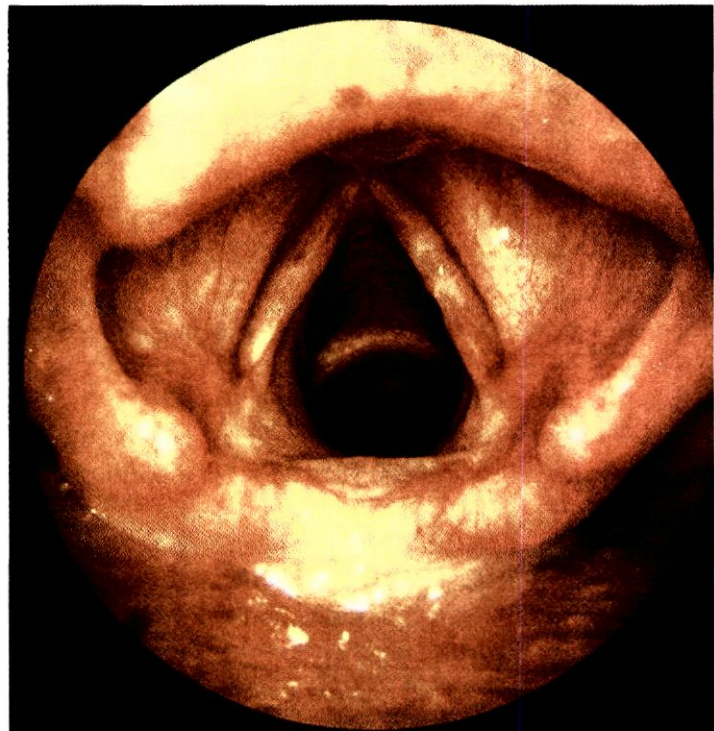
κατάποση, εμποδίζοντας την είσοδο της τροφής στην αναπνευστική οδό (Εικ.6.4.5).

Η εσωτερική επιφάνεια του λάρυγγα επενδύεται από βλεννογόνο. Ο βλεννογόνος αυτός αναδιπλώνεται στο ύψος της γλωττίδας και σχηματίζει δύο ζευγάρια πτυχών, τις γνήσιες και τις νόθες φωνητικές χορδές.

Οι **νόθες φωνητικές χορδές** δε συμμετέχουν στην παραγωγή ήχου, αλλά περιέχουν μυϊκές ίνες οι οποίες κλείνουν το λάρυγγα κατά την κατάποση. Οι **γνήσιες φωνητικές χορδές**, που χωρίζονται μεταξύ τους από τη σχισμή της γλωττίδας, περιέχουν ελαστικές ίνες και είναι υπεύθυνες για την παραγωγή φωνής. Στην εκπνοή, κατά τη δίοδο του αέρα από τη γλωττίδα, προκαλούνται παλμικές κινήσεις στις φωνητικές χορδές και παράγεται ήχος (Εικ.6.4.6)

Εικ. 6.4.5:

Οπίσθια όψη του λάρυγγα με τη γλωττίδα ανοιχτή, όπως συμβαίνει κατά την εισπνοή.



Εικ. 6.4.6:

Φωτογραφία του λάρυγγα όπου φαίνεται το άνοιγμα της γλωττίδας και οι φωνητικές χορδές.

Μύες που υπάρχουν στα τοιχώματα του λάρυγγα, αυξομειώνουν το εύρος της σχισμής της γλωττίδας. Αυτό, σε συνδυασμό με την ορμή του αέρα που διέρχεται, δημιουργεί τη διαφορετική ένταση της φωνής. Το ύψος της φωνής είναι ανάλογο με τη συχνότητα των παλμικών κινήσεων των φωνητικών χορδών. Η συχνότητα των παλμικών κινήσεων των χορδών είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους τους. Οι γυναίκες έχουν οξύτερη φωνή (δηλαδή μεγαλύτερου ύψους) επειδή οι φωνητικές τους χορδές έχουν μικρότερο μήκος. Η χροιά της φωνής, δηλαδή ο ιδιαίτερος χαρακτήρας της φωνής κάθε ατόμου, εξαρτάται από τη χωρητικότητα και τη διαμόρφωση των κοιλοτήτων των φωνητικών αντηχείων. Ως φωνητικά αντηχεία λειτουργούν ο λάρυγγας, ο φάρυγγας, η ρινική κοιλότητα, η στοματική κοιλότητα και οι παραρρινικοί κόλποι.

•Τραχεία και βρόγχοι

Η **τραχεία** αποτελεί τη συνέχεια του λάρυγγα. Πρόκειται για κυλινδρικό ινοχόνδρινο σωλήνα του οποίου η είσοδος είναι μονίμως ανοικτή επιτρέποντας τη διέλευση του αέρα. Αποτελείται από 16-20 χόνδρινα ημικίρια (δηλαδή χόνδρους με σχήμα C) τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο και συνδεόμενα με συνδέσμους.

Το εσωτερικό τοίχωμα της τραχείας επενδύεται από βλεννογόνο με κροσσωτό επιθήλιο. Τυχόν σωματίδια που περιέχονται στον εισπνεόμενο αέρα, παγιδεύονται στη βλέννα του επιθηλίου, ενώ με τη συνεχή κυματοειδή κίνηση των κροσσών σπρώχνονται προς το λάρυγγα.

Η τραχεία εισέρχεται στη θωρακική κοιλότητα όπου διαιρείται σε δύο **βρόγχους**, το δεξιό και τον αριστερό (Εικ.6.4.7).

Κάθε βρόγχος εισέρχεται στον αντίστοιχο πνεύμονα από ένα άνοιγμα που ονομάζεται πύλη και από το σημείο αυτό αρχίζει να διακλαδίζεται σε όλο και μικρότερους βρόγχους, σχηματίζοντας έτσι το **βρογχιακό δέντρο**, οι κλάδοι του οποίου καταλήγουν στις κυψελίδες.

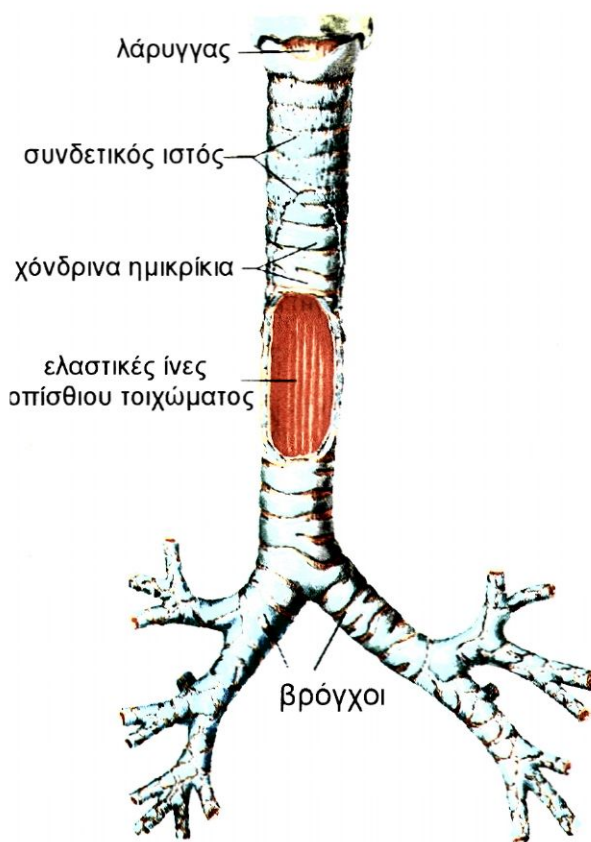
Οι βρόγχοι έχουν την ίδια ιστολογική δομή με την τραχεία, δηλαδή το τοίχωμα τους αποτελείται από ινοχόνδρινο χιτώνα και εσωτερικά επενδύονται από βλεννογόνο με κροσσωτό επιθήλιο. Καθώς οι βρόγχοι διακλαδίζονται, σχηματίζοντας το βρογχιακό δέντρο, παρατηρείται μια προοδευτική απλοποίηση της δομής τους. Το ποσοστό του χόνδρου μειώνεται συνεχώς, ενώ το επιθήλιο χάνει σταδιακά τους κροσσούς.

• Πνεύμονες

Οι πνεύμονες βρίσκονται μέσα στη θωρακική κοιλότητα και περιβάλλονται από μία λεπτή μεμβράνη, τον **υπεζωκότα υμένα**, ο οποίος αναδιπλώνεται και επενδύει ταυτόχρονα και όλο το εσωτερικό τοίχωμα της θωρακικής κοιλότητας. Το τμήμα του υμένα που περιβάλλει τους πνεύμονες καλείται περισπλάχνιος υπεζωκότας, ενώ το τμήμα που καλύπτει τα θωρακικά τοιχώματα ονομάζεται τοιχωματικός υπεζωκότας (Εικ.6.4.8).

Μεταξύ των δύο αναδιπλώσεων του υμένα (υπεζωκοτική κοιλότητα), υπάρχει μικρή ποσότητα ορώδους υγρού που εφυγραίνει τις δύο επιφάνειες, ώστε να μειώνεται η τριβή και να διευκολύνεται η ολίσθηση μεταξύ των πνευμόνων και των ορίων της θωρακικής κοιλότητας κατά τις αναπνευστικές κινήσεις.

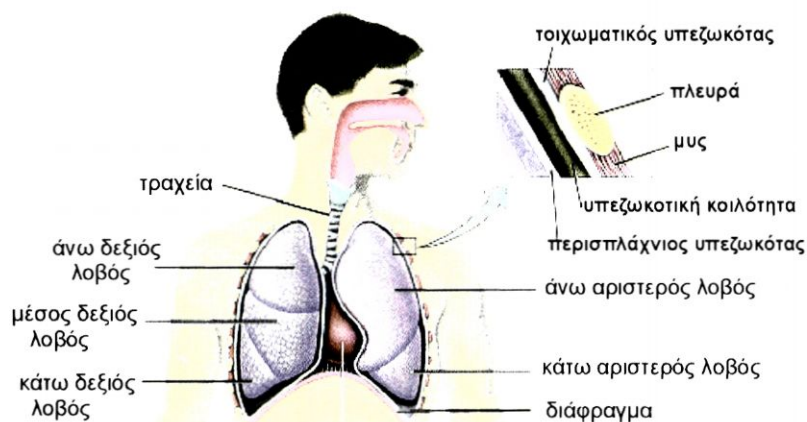
Το άνοιγμα όλων των ημικρίων της τραχείας είναι τοποθετημένο στο οπίσθιο τμήμα του σωλήνα και συμπληρώνεται με λείες μυϊκές ίνες και συνδετικό ιστό ώστε να σχηματισθεί ένας κλειστός σωλήνας. Ο μαλακός αυτός ιστός στο οπίσθιο μέρος της τραχείας επιτρέπει την αύξηση της διαμέτρου του οισοφάγου, που βρίσκεται πίσω από την τραχεία, κατά την κατάποση



Εικ. 6.4.7:

Τραχεία και βρόγχοι

Οι κροσσοί εκτελούν 15-20 κινήσεις το δευτερόλεπτο και προωθούν το λεπτό στρώμα βλέννας με ταχύτητα 1cm το λεπτό



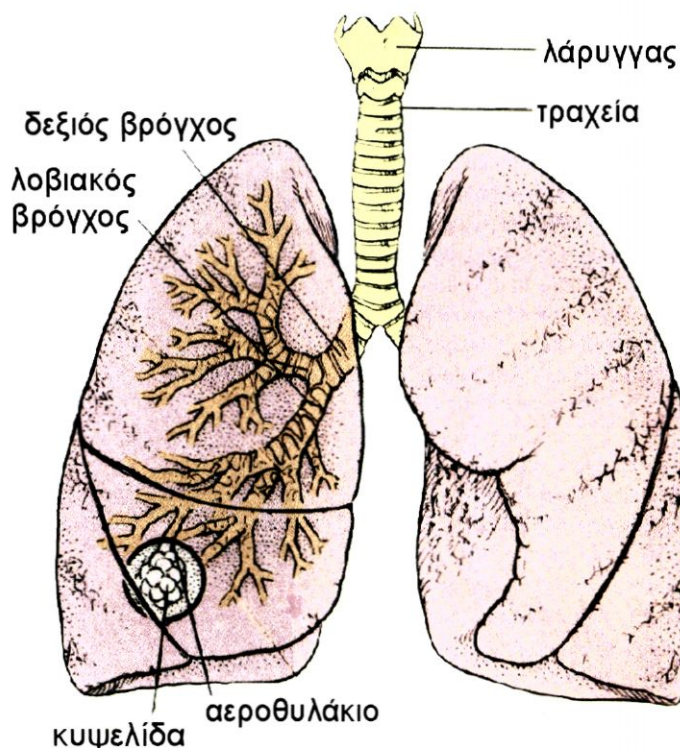
Εικ. 6.4.8:

Οι πνεύμονες διαιρούνται σε λοβούς και περιβάλλονται από τον υπεζωκότα υμένα.

Οι πνεύμονες διαιρούνται με βαθιές σχισμές σε **λοβούς** (Εικ.6.4.8). Ο δεξιός πνεύμονας είναι ογκωδέστερος και έχει τρεις λοβούς, τον άνω, το μέσο και τον κάτω. Ο αριστερός πνεύμονας είναι μικρότερος, υποδιαιρείται σε δύο λοβούς, τον άνω και τον κάτω, και αφήνει αρκετό χώρο για την καρδιά. Σε κάθε πνεύμονα υπάρχει ένα άνοιγμα που ονομάζεται **πύλη**.

Από την πύλη εισέρχονται ο βρόγχος, ο κλάδος της πνευμονικής αρτηρίας, η βρογχιακή αρτηρία (κλάδος της θωρακικής αορτής) και νεύρα, ενώ εξέρχονται οι πνευμονικές φλέβες και η βρογχιακή φλέβα.

Η πνευμονική αρτηρία φέρνει το υψηλής περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα αίμα από τη δεξιά κοιλία της καρδιάς στους πνεύμονες, ενώ οι πνευμονικές φλέβες μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες στον αριστερό κόλπο της καρδιάς (**λειτουργική κυκλοφορία του πνεύμονα**). Η βρογχιακή αρτηρία προμηθεύει τούς πνεύμονες με θρεπτικά συστατικά και η βρογχιακή φλέβα απομακρύνει τις άχρηστες ουσίες (**θρεπτική κυκλοφορία του πνεύμονα**).



Εικ. 6.4.9:

Οι βρόγχοι μετά την είσοδό τους στους πνεύμονες διακλαδίζονται σχηματίζοντας το βρογχιακό δέντρο.

Κάθε λοβός αποτελείται από τα **πνευμονικά λόβια**, που είναι οι ανατομικές μονάδες του πνευμονικού ιστού. Έχουν σχήμα ανώμαλο πρισματικό και οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 1-3 cm. Τα λόβια χωρίζονται μεταξύ τους με λεπτά διαφράγματα συνδετικού ιστού.

Ο αριστερός βρόγχος, λίγο μετά την είσοδό του στον αριστερό πνεύμονα διακλαδίζεται σε δύο **λοβιακούς βρόγχους**. Στο δεξιό πνεύμονα ο δεξιός βρόγχος αντίστοιχα διακλαδίζεται σε τρεις λοβιακούς βρόγχους. Ο καθένας απ' αυτούς εισέρχεται σε έναν πνευμονικό λοβό.

Οι λοβιακοί βρόγχοι, στη συνέχεια, διακλαδίζονται σε ολοένα και μικρότερους κλάδους, για να καταλήξουν σε κλάδους διαμέτρου ~1mm, τα **βρόγχια**. Κάθε βρόγχιο εισδύει σε ένα πνευμονικό λόβιο, όπου διακλαδίζεται σε ένα μεγάλο αριθμό λεπτότερων κλάδων, τα **αναπνευστικά βρογχιόλια**, τα οποία έχουν διάμετρο από 0,1 έως 0,5 mm. Τα αναπνευστικά βρογχιόλια συνεχίζουν να

διακλαδίζονται σε ακόμα λεπτότερους κλάδους, οι οποίοι απολήγουν σε σάκους, τα **αεροθυλάκια**. Τα αεροθυλάκια αποτελούνται από μικρές αεροφόρες κοιλότητες, τις **κυψελίδες**, όπου και καταλήγει ο εισπνεόμενος αέρας (Εικ.6.4.9).

Οι διακλαδώσεις της πνευμονικής αρτηρίας ακολουθούν τις διακλαδώσεις του βρόγχου και τελικά καταλήγουν σε τριχοειδή τα οποία περιβάλλουν το τοίχωμα των πνευμονικών κυψελίδων. Μ' αυτόν τον τρόπο φτάνει στις κυψελίδες αίμα πλούσιο σε CO_2 και φτωχό σε O_2 (Εικ.6.4.10).

Δια μέσου του τοιχώματος των κυψελίδων και των τριχοειδών αγγείων, γίνεται η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ του αέρα των κυψελίδων και του αίματος των τριχοειδών. Το αίμα δηλαδή εμπλουτίζεται σε O_2 και αποβάλλει στις κυψελίδες CO_2 , το οποίο θα βγει με την εκπνοή.

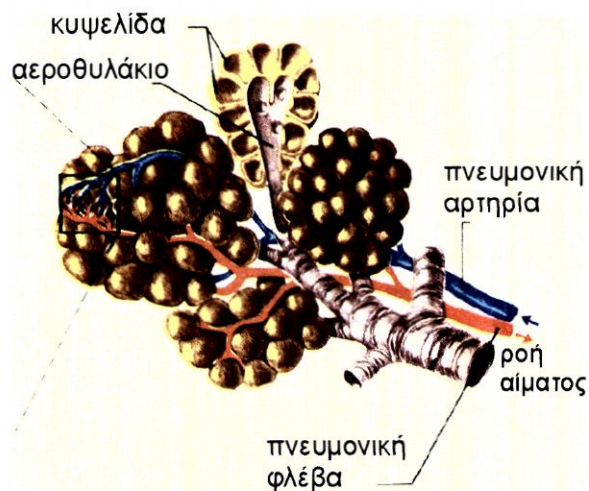
Στη συνέχεια, το οξυγονωμένο αίμα από τα τριχοειδή αγγεία περνάει στα φλεβίδια, τα οποία σχηματίζουν τις πνευμονικές φλέβες. Οι πνευμονικές φλέβες φέρουν το οξυγονωμένο αίμα στον αριστερό κόλπο της καρδιάς.

6.4.3 Αναπνευστικές κινήσεις.

Η θωρακική κοιλότητα, μέσα στην οποία βρίσκονται οι πνεύμονες, σχηματίζεται από το σκελετό του θώρακα. Τα διαστήματα μεταξύ των πλευρών καλύπτονται από τους **μεσοπλεύριους μύες** (έξω και έσω). Η θωρακική κοιλότητα χωρίζεται από την κοιλιακή με έναν μεγάλο θολωτό μυ, το **διάφραγμα**. Οι μεσοπλεύριοι μύες και το διάφραγμα αποτελούν τους **αναπνευστικούς μύες**.

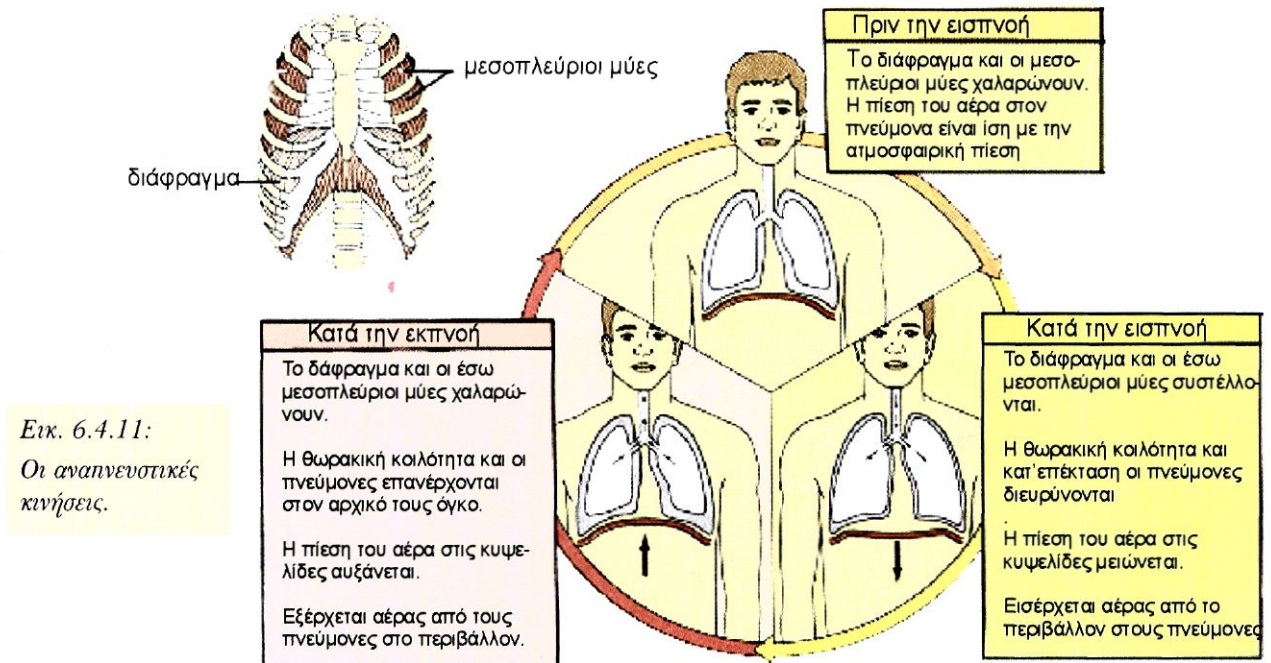
Η αναπνοή πραγματοποιείται με τις αναπνευστικές κινήσεις, την εισπνοή και την εκπνοή, οι οποίες διευρύνουν και στενεύουν διαδοχικά τη θωρακική κοιλότητα. Η **εισπνοή** είναι ενεργητική διαδικασία και για να πραγματοποιηθεί απαιτείται η συμμετοχή του διαφράγματος και των έξω μεσοπλεύριων μυών (**εισπνευστικοί μύες**). Κατά την εισπνοή, το διάφραγμα συστέλλεται και επιπεδώνεται (κατέρχεται προς την κοιλιά) με αποτέλεσμα ν' αυξάνεται η κατακόρυφη διάμετρος της θωρακικής κοιλότητας. Ταυτόχρονα, οι έξω μεσοπλεύριοι μύες ανυψώνουν τις πλευρές προς τα πάνω, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την προσθοπίσθια και την εγκάρσια διάμετρο του θώρακα. Αποτέλεσμα των κινήσεων αυτών είναι η διεύρυνση της θωρακικής κοιλότητας, την οποία ακολουθούν παθητικά και οι δύο πνεύμονες. Με την αύξηση του πνευμονικού όγκου, η πίεση του αέρα στις κυψελίδες μειώνεται κατά $\sim 2\text{mm Hg}$ σε

Ενας ανθρώπινος πνεύμονας περιέχει περίπου 500.000.000 κυψελίδες, οι οποίες προσφέρουν περίπου 80m^2 επιφάνεια για την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.



Εικ. 6.4.10:

Οι κυψελίδες και το τριχοειδικό δίκτυο που τις περιβάλλει.



Εικ. 6.4.11:
Οι αναπνευστικές
κινήσεις.

σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση, δηλαδή από 760 mm Hg γίνεται 758 mm Hg. Η διαφορά αυτής της πίεσης μεταξύ του κυψελιδικού και του ατμοσφαιρικού αέρα, έχει ως αποτέλεσμα την εισροή αέρα από το περιβάλλον προς τους πνεύμονες, μέχρι η ενδοπνευμονική πίεση να εξισωθεί με την ατμοσφαιρική.

Η **ΕΚΠΝΟΗ**, φυσιολογικά, είναι μια παθητική διεργασία. Με τη χαλάρωση των αναπνευστικών μυών, οι θωρακικές πλευρές κατεβαίνουν στην αρχική τους θέση και το διάφραγμα επανακτά τη θολωτή μορφή του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θωρακική κοιλότητα και κατ' επέκταση οι πνεύμονες, να επανέρχονται στον αρχικό τους όγκο. Η μείωση του όγκου των κυψελίδων οδηγεί σε αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έξοδο αέρα από τους πνεύμονες προς το περιβάλλον, όπου η πίεση είναι μικρότερη, μέχρι να εξισωθούν οι δύο πιέσεις (Εικ.6.4.11).

Σε μερικές περιπτώσεις όπου οι αναπνευστικές κινήσεις είναι έντονες, π.χ. κατά την έντονη μυϊκή εργασία, η εκπνοή μπορεί να γίνει ενεργητική. Η ενεργητική εκπνοή υποβοηθείται από τους έσω μεσοπλευρικούς μύες (**ΕΚΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ**), οι οποίοι κατά τη συστολή τους αναγκάζουν τις θωρακικές πλευρές να κινηθούν προς τα κάτω, καθώς και από μυς της κοιλιάς.

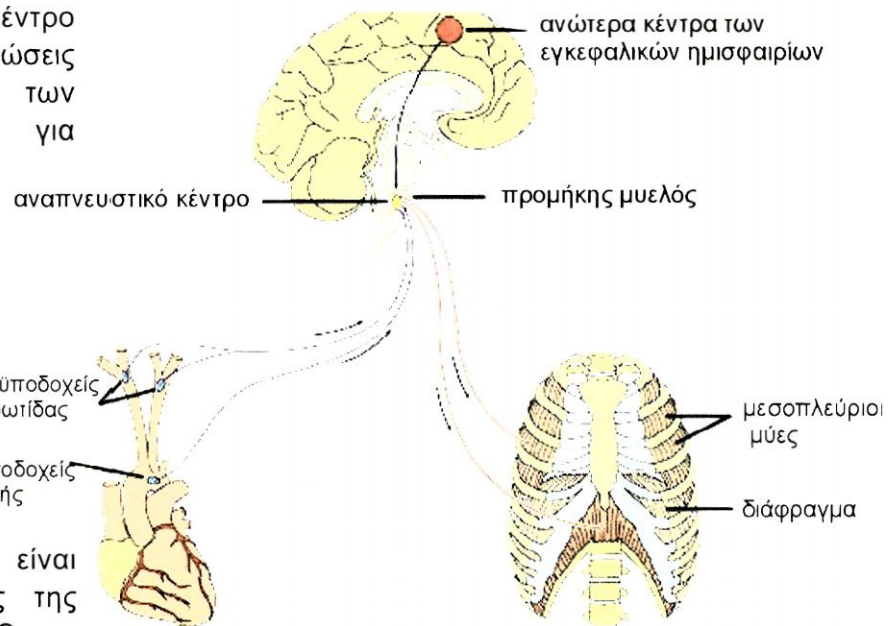
6.4.4 Ρύθμιση της αναπνοής

Η λειτουργία της αναπνοής γίνεται με τη δράση του διαφράγματος και των μεσοπλευριών μυών. Οι μύες ενεργοποιούνται μέσω κινητικών νευρώνων, τα οποία δέχονται νευρικές ώσεις από κινητικούς νευρώνες του νωτιαίου μυελού. Ο συντονισμός όμως των αναπνευστικών κινήσεων, δηλαδή των κινήσεων συστολής και χαλάρωσης των αναπνευστικών μυών, γίνεται από το **αναπνευστικό κέντρο** το οποίο εδράζεται στον προμήκη μυελό του εγκεφαλικού στελέχους.

Οι νευρώνες του αναπνευστικού κέντρου στέλνουν νευρικές ώσεις οι οποίες προκαλούν τη συστολή του διαφράγματος και των εισπνευστικών μυών. Καθώς οι πνεύμονες εκτείνονται κατά την εισπνοή, ενεργοποιούνται **υποδοχείς πίεσης** που βρίσκονται στις κυψελίδες. Οι υποδοχείς αυτοί στέλνουν νευρικές ώσεις στο αναπνευστικό κέντρο για αναστολή της διέγερσης των αναπνευστικών μυών. Η εισπνοή με αυτόν τον τρόπο διακόπτεται, επιτρέποντας στους πνεύμονες να αρχίσουν την ελαστική επαναφορά τους στον αρχικό τους όγκο. Στο τέλος της εκπνοής, όταν οι πνεύμονες δεν είναι πλέον διεσταλμένοι, σταματούν τα κατασταλτικά νευρικά ερεθίσματα από τους υποδοχείς πίεσης. Οι νευρώνες του αναπνευστικού κέντρου ενεργοποιούνται για να αρχίσει έτσι ένας νέος κύκλος εισπνοής - εκπνοής.

Επίσης το αναπνευστικό κέντρο μπορεί να δεχτεί νευρικές ώσεις από ανώτερα κέντρα των εγκεφαλικών ημισφαιρίων για εκούσιο έλεγχο του αναπνευστικού ρυθμού (π.χ. όταν σφυρίζουμε και όταν τραγουδάμε).

Τέλος, το αναπνευστικό κέντρο δέχεται μηνύματα από **χημειούποδοχείς** που υπάρχουν στην αορτή και στις καρωτίδες. Οι χημειούποδοχείς αυτοί είναι ευαίσθητοι στις μεταβολές της συγκέντρωσης του O_2 , του CO_2 και των H^+ . Κατά την ελάττωση της συγκέντρωσης του O_2 ή την αύξηση της συγκέντρωσης CO_2 και H^+ οι χημειούποδοχείς στέλνουν νευρικές ώσεις στο αναπνευστικό κέντρο με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού της αναπνοής (Εικ.6.4.12).



Εικ. 6.4.12:

Το αναπνευστικό κέντρο στέλνει νευρικές ώσεις στους αναπνευστικούς μύς και δέχεται νευρικές ώσεις από ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου και από χημειούποδοχείς που βρίσκονται στην αορτή και στις καρωτίδες.

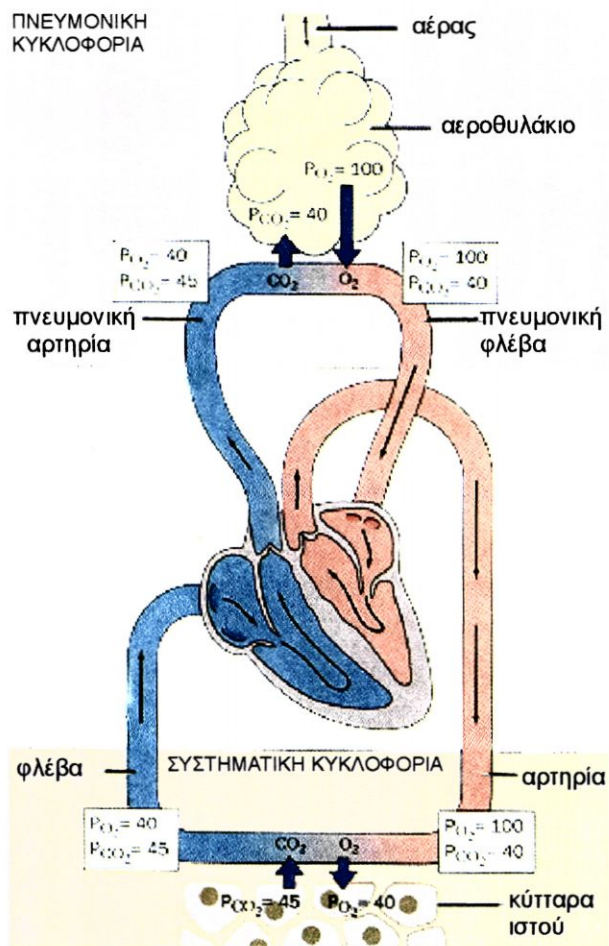
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τον αναπνευστικό ρυθμό είναι ο ύπνος, η συναισθηματική κατάσταση, οι μεταβολές στο φως και τη θερμοκρασία, η ομιλία. Επίσης διάφορα αντανακλαστικά μπορούν να συμμετέχουν στη ρύθμιση των αναπνευστικών κινήσεων. Όταν π.χ. κρατάμε την αναπνοή μας, η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα διεγείρει τους χημειούποδοχείς με αποτέλεσμα να προκαλείται αντανακλαστικά η αναπνοή. Άλλα αντανακλαστικά, όπως ο βήχας και το φτάρνισμα, συμμετέχουν στην παρεμπόδιση μηχανικού ή χημικού ερεθισμού της αναπνευστικής επιφάνειας. Επίσης, υπάρχουν στους πνεύμονες διεγερτικοί υποδοχείς, οι οποίοι διεγείρονται από βλέννα, σκόνη και άλλα σωματίδια και προκαλούν αντανακλαστική βρογχοσυστολή και βήχα.

6.4.5 Ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.

Η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων λαμβάνει χώρα:

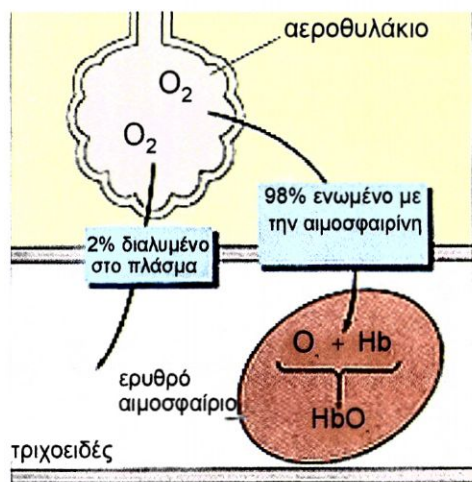
- στους πνεύμονες, μεταξύ των πνευμονικών κυψελίδων και των τριχοειδών αγγείων όπου το αίμα εμπλουτίζεται σε O_2 και αποβάλλει το CO_2 , και
- στους ιστούς, μεταξύ των τριχοειδών αγγείων και του μεσοκυττάριου υγρού, όπου το αίμα τροφοδοτεί τα κύτταρα των ιστών με O_2 και παραλαμβάνει το παραγόμενο από την κυτταρική αναπνοή CO_2 .

Η διακίνηση του O_2 και του CO_2 , κατά την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων, γίνεται με **παθητική διάχυση** και οφείλεται στη διαφορά των μερικών πιέσεων των αερίων, η οποία είναι



Εικ. 6.4.13:

Η διακίνηση του O_2 και του CO_2 κατά την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων, γίνεται με παθητική διάχυση και οφείλεται στη διαφορά των μερικών πιέσεων των αερίων.



Εικ. 6.4.14:

Η μεταφορά του O_2 στο αίμα.

επακόλουθο της διαφοράς των συγκεντρώσεών τους (Εικ.6.4.13).

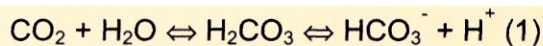
Το O_2 στο αίμα μεταφέρεται ως επί το πλείστον προσδεδεμένο στην αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων (**οξυαιμοσφαιρίνη**) (Εικ.6.4.14). Κάθε μόριο αιμοσφαιρίνης μπορεί να προσλάβει μέχρι τέσσερα μόρια O_2 . Η ποσότητα του O_2 που είναι συνδεδεμένο στην αιμοσφαιρίνη εξαρτάται από τη μερική πίεσή του. Όσο μεγαλύτερη είναι η μερική πίεση του O_2 , τόσο περισσότερο προσδένεται στην αιμοσφαιρίνη, μέχρι τα μόριά της να κορεστούν.

Σε περιπτώσεις χαμηλής μερικής πίεσης του O_2 ή αυξημένης συγκέντρωσης CO_2 και H^+ το σύμπλοκο της οξυαιμοσφαιρίνης διασπάται και ελευθερώνεται το O_2 .

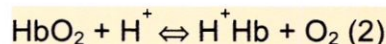
Η μεταφορά του CO_2 στο αίμα γίνεται με τρεις τρόπους: το μεγαλύτερο ποσοστό (65%) μεταφέρεται ως **μονόξινα μονανθρακικά ιόντα** (HCO_3^-) μέσα στο πλάσμα, ένα μικρότερο ποσοστό (25%) ως σύμπλοκο με την αιμοσφαιρίνη (**καρβαμινο-αιμοσφαιρίνη**) μέσα στο ερυθροκύτταρο, και το υπόλοιπο (10%) είναι διαλυμένο μέσα στο πλάσμα του αίματος (Εικ.6.4.15). Το σύμπλοκο της καρβαμινο-αιμοσφαιρίνης είναι ασταθές και διασπάται όταν η μερική πίεση του CO_2 είναι χαμηλή.

Η μετατροπή του CO_2 σε HCO_3^- γίνεται κατά βάση μέσα στα ερυθροκύτταρα. Αρχικά το CO_2 αντιδρά με νερό προς σχηματισμό του ασθενούς οξέος H_2CO_3 .

Το H_2CO_3 στη συνέχεια διίσταται σε μονόξινο ανθρακικό ιόν και H^+



Τα μονόξινα ανθρακικά ιόντα περνούν έξω από το ερυθροκύτταρο, στο πλάσμα του αίματος. Ταυτόχρονα τα H^+ προσλαμβάνονται από την οξυαιμοσφαιρίνη σύμφωνα με την αντίδραση:



Με τον τρόπο αυτό διατηρείται σταθερό το pH μέσα στο ερυθροκύτταρο.

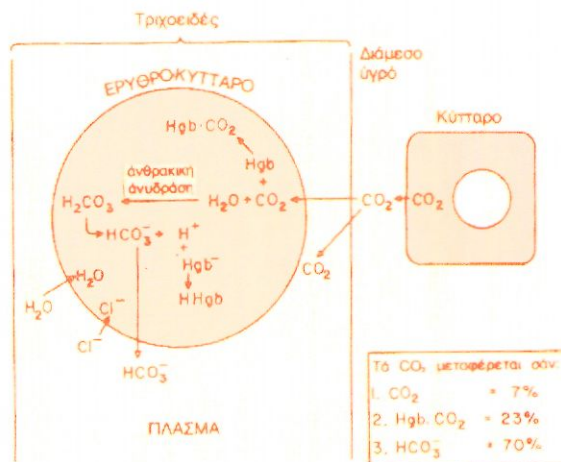
Οι πνευμονικές κυψελίδες περιβάλλονται από το δίκτυο των τριχοειδών αγγείων της πνευμονικής αρτηρίας, τα οποία περιέχουν αίμα πλούσιο σε CO_2 και φτωχό σε O_2 . Λόγω της διαφοράς στη

μερική πίεση του O_2 ανάμεσα στον κυψελιδικό αέρα και στα τριχοειδή αγγεία, διαχέεται O_2 από τις κυψελίδες προς τα αγγεία. Η αύξηση της συγκέντρωσης του O_2 στο αίμα μεταθέτει την ισορροπία (2) προς τα αριστερά. Το O_2 προσδένεται στην αιμοσφαιρίνη, ενώ τα H^+ που παράγονται μεταθέτουν την ισορροπία (1) προς τα αριστερά. Το παραγόμενο αέριο CO_2 , λόγω της αύξησης της μερικής του πίεσης μέσα στα τριχοειδή, διαχέεται προς τις κυψελίδες, από όπου αποβάλλεται κατά την εκπνοή. Παράλληλα, απελευθερώνεται και το CO_2 της καρβαμινο-αιμοσφαιρίνης, για να διαχυθεί και αυτό προς τις κυψελίδες.

Η διάχυση του O_2 και του CO_2 γίνεται δια μέσου των τοιχωμάτων των κυψελίδων και των τριχοειδών αγγείων. Οι πνευμονικές κυψελίδες έχουν πολύ λεπτό τοίχωμα το οποίο αποτελείται από μία στοιβάδα επιθηλιακών κυττάρων και ονομάζεται **αναπνευστικό επιθήλιο**. Το τοίχωμα των τριχοειδών αγγείων είναι επίσης πολύ λεπτό μιας και αποτελείται από μονόστοιβο ενδοθήλιο. Δια μέσου λοιπόν αυτών των δύο στοιβάδων γίνεται με διάχυση η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ του αέρα των κυψελίδων και του αίματος των τριχοειδών (Εικ. 6.4.16).

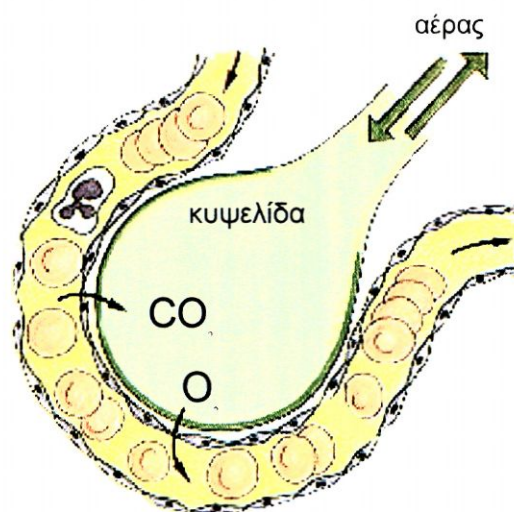
Η οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη, στη συνέχεια, με την κυκλοφορία του αίματος μεταφέρεται στους ιστούς όπου αποδίδει το O_2 στα κύτταρα των ιστών με την ακόλουθη διαδικασία.

Τα κύτταρα των ιστών, με τη λειτουργία της κυτταρικής αναπνοής καταναλώνουν O_2 και παράγουν CO_2 . Το CO_2 λόγω της μεγαλύτερης συγκέντρωσής του (και άρα της μερικής πίεσης) στα κύτταρα των ιστών, διαχέεται στο μεσοκυττάριο χώρο και στη συνέχεια στα τριχοειδή. Η αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 στα τριχοειδή έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση της ισορροπίας (1) προς τα δεξιά, η οποία με τη σειρά της, λόγω των παραγόμενων H^+ , μετατοπίζει προς τα δεξιά την ισορροπία (2). Με αυτόν τον τρόπο, αποδεσμεύεται το O_2 από την οξυαιμοσφαιρίνη το οποίο και διαχέεται στο μεσοκυττάριο χώρο, όπου η μερική πίεσή του είναι μικρότερη, και στη συνέχεια στα κύτταρα του ιστού (Εικ. 6.4.17).



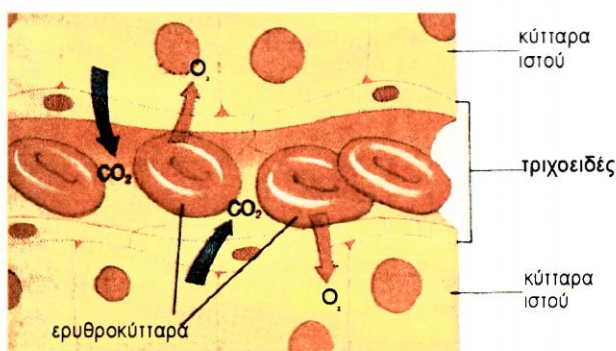
Εικ. 6.4.15:

Η μεταφορά του CO_2 στο αίμα.



Εικ. 6.4.16:

Η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων διαμέσου των τοιχωμάτων της κυψελίδας και του τριχοειδούς αγγείου.



Εικ. 6.4.17:

Ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ τριχοειδών αγγείων και κυττάρων των ιστών.

Όταν στον εισπνεόμενο αέρα υπάρχει μονοξείδιο του άνθρακα, η αιμοσφαιρίνη προτιμά να συνδεθεί μαζί του, παρά με το οξυγόνο (**ανθρακυλαιμοσφαιρίνη**). Αυτό συμβαίνει γιατί η χημική συγγένεια της αιμοσφαιρίνης για το μονοξείδιο του άνθρακα είναι 200 περίπου φορές μεγαλύτερη από τη συγγένειά του για το οξυγόνο. Ο σχηματισμός ανθρακυλαιμοσφαιρίνης έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της διαθέσιμης για τη μεταφορά του οξυγόνου αιμοσφαιρίνης με αποτέλεσμα την ανεπαρκή αναπνευστική λειτουργία. Η παραμονή σε ατμόσφαιρα με αυξημένη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα προκαλεί δηλητηρίαση. Το άτομο χάνει τις αισθήσεις του, πέφτει σε κώμα και μπορεί να επέλθει ακόμη και θάνατος εάν δε του χορηγηθεί αμέσως οξυγόνο. Το μονοξείδιο του άνθρακα προέρχεται από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων. Παράγεται στα καυσαέρια των αυτοκινήτων, καθώς και κατά την καύση του καπνού των τσιγάρων. Μετά το κάπνισμα, μία ποσότητα της αιμοσφαιρίνης αποσύρεται από την κυκλοφορία για μερικές ώρες, με τη μορφή της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης.

Στα μεγάλα υψόμετρα, αν και η συγκέντρωση του O_2 παραμένει η ίδια (21%), η μερική πίεσή του είναι ελαττωμένη. Αυτό έχει σαν συνέπεια να διαχέεται με μικρότερη ταχύτητα από τις κυψελίδες προς το αίμα των τριχοειδών αγγείων και ο βαθμός κορεσμού της αιμοσφαιρίνης να είναι μικρότερος. Όταν συμβαίνει αυτό, το άτομο μπορεί να παρουσιάσει συμπτώματα ανοξίας (έλλειψης οξυγόνου). Σε υψόμετρο 2500 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, το άτομο αρχίζει να εμφανίζει τα πρώτα συμπτώματα της ανοξίας, που είναι νευρική κατάσταση, αυξημένος ρυθμός αναπνοής και ταχυπαλμία. Ο οργανισμός μετά από κάποιο χρονικό διάστημα ξεπερνά το φαινόμενο της **ανοξίας** με την εξής διαδικασία: Η έλλειψη οξυγόνου επάγει τη σύνθεση της ορμόνης ερυθροποιητίνης από τα νεφρά, η οποία αυξάνει την παραγωγή ερυθροκυττάρων στον ερυθρό μυελό των οστών. Έτσι, υπάρχουν περισσότερα ερυθροκύτταρα τα οποία μεταφέρουν περισσότερο οξυγόνο στους ιστούς. Οι άνθρωποι που διαμένουν μόνιμα σε μεγάλα υψόμετρα έχουν μεγαλύτερο αριθμό ερυθροκυττάρων σε σχέση με αυτούς που ζούν σε χαμηλά υψόμετρα, με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζουν προβλήματα ανοξίας.

ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

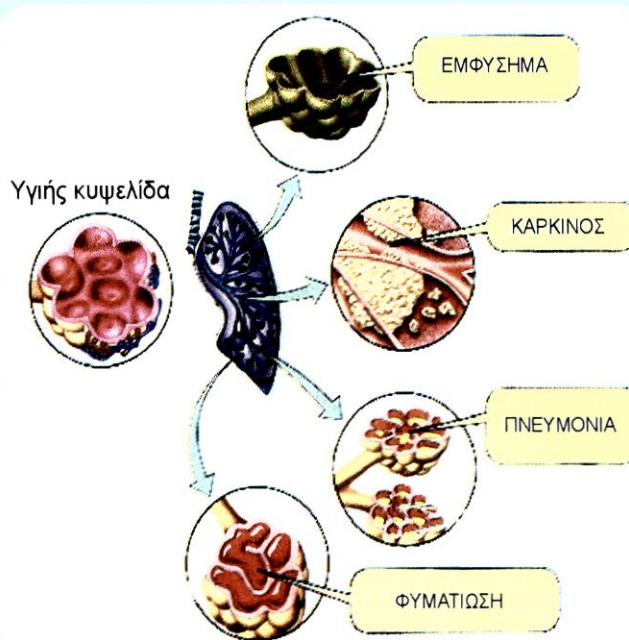
Δυσλειτουργία του αναπνευστικού συστήματος μπορεί να δημιουργηθεί είτε από διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς, είτε από την εισπνοή ερεθιστικών για την αναπνευστική οδό χημικών ουσιών.

Οι συνήθεις ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος που προκαλούνται από μικροοργανισμούς είναι το κοινό κρυολόγημα, η πνευμονία, η φυματίωση και η βρογχίτιδα.

- **Κοινό κρυολόγημα:** Οφείλεται κυρίως σε αδενοϊούς και έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη φλεγμονής και οίδηματος στο επιθήλιο που επενδύει τη ρινική κοιλότητα και το φάρυγγα και, σπανιότερα, στο λάρυγγα και την τραχεία. Αυτό οδηγεί στα γνωστά συμπτώματα της καταρροής, του βήχα κ.λ.π.

- **Πνευμονία:** Πρόκειται για μόλυνση των μικρών κλάδων του βρογχιακού δέντρου και των αναπνευστικών κυψελίδων που τροφοδοτούνται από αυτούς. Λόγω της φλεγμονής, οι κυψελίδες γεμίζουν με υγρό, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η ανταλλαγή των αερίων. Μπορεί να οφείλεται σε βακτήρια, ιούς ή μύκητες (βακτηριακή, ιογενής και μυκητική πνευμονία αντίστοιχα).

- **Φυματίωση:** Προκαλείται από το βάκιλλο της φυματίωσης *Mycobacterium tuberculosis*. Στα σημεία της μόλυνσης δημιουργούνται φυμάτια, τα οποία είναι κατασκευές από ινώδη συνδετικό ιστό με τις οποίες ο οργανισμός περικλείει τα βακτήρια ώστε να εμποδίσει την εξαπλώσή τους. Όταν αποτύχει αυτός ο προστατευτικός μηχανισμός, τα βακτήρια εξαπλώνονται με μεγάλη ταχύτητα σε όλο τον πνευμονικό ιστό. Αυτό οδηγεί στην καταστροφή των πνευμονικών κυψελίδων και κατά συνέπεια στη μείωση της



Εικ.6.4.18:

Οι επιπτώσεις ορισμένων αναπνευστικών ασθενειών στους πνεύμονες.

ταχύτητα σε όλο τον πνευμονικό ιστό. Αυτό οδηγεί στην καταστροφή των πνευμονικών κυψελίδων και κατά συνέπεια στη μείωση της

επιφάνειας ανταλλαγής των αερίων.

- **Οξεία βρογχίτιδα:** Πρόκειται για φλεγμονή των βλεννογόνων που επενδύουν το βρογχιακό δέντρο και προκαλεί την παραγωγή μεγάλης ποσότητας βλέννας. Οφείλεται σε βακτήρια ή ιούς.

Άλλες παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος οφείλονται σε χημικές ουσίες που περιέχονται στον εισπνεόμενο αέρα. Οι κυριότερες απ' αυτές τις ασθένειες είναι οι παρακάτω :

- **Χρόνια βρογχίτιδα:** Η κυριότερη αιτία της χρόνιας βρογχίτιδας είναι το κάπνισμα. Ο καπνός του τσιγάρου προκαλεί ερεθισμό του επιθηλίου του βρογχιακού βλεννογόνου και επιπλέον μειώνει τη δραστηριότητα των κροσσών. Αυτός ο συνδυασμός της αυξημένης παραγωγής βλέννας και της μειωμένης κινητικότητας των κροσσών, οδηγεί σε συσσώρευση βλέννας και απόφραξη των μικρότερων βρόγχων. Ο χρόνιος 'βήχας του καπνιστή' είναι σχεδόν πάντα ένδειξη χρόνιας βρογχίτιδας. Πολλές φορές η χρόνια βρογχίτιδα οδηγεί σε μία πολύ σοβαρότερη αναπνευστική νόσο, το εμφύσημα
- **Εμφύσημα:** Πρόκειται για μία εκφυλιστική νόσο που χαρακτηρίζεται από την καταστροφή των τοιχωμάτων των πνευμονικών κυψελίδων. Συνέπεια αυτού είναι οι κυψελίδες να συγχωνεύονται και να δημιουργούν μεγαλύτερους θαλάμους, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τη συνολική επιφάνεια του αναπνευστικού επιθηλίου. Συγχρόνως, καταστρέφονται οι ελαστικές ίνες των κυψελιδικών τοιχωμάτων. Λόγω της μείωσης της ελαστικότητας των κυψελίδων, το άτομο δυσκολεύεται κατά την εκπνοή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός χρονίως γεμάτου πνεύμονα που δεν έχει την ικανότητα να αποβάλλει σωστά τον αέρα.

Τα άτομα με εμφύσημα έχουν πολύ μειωμένη αντοχή διότι ο πνεύμονας δεν μπορεί να προσφέρει την αναγκαία ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για τις σωματικές δραστηριότητες.

Το εμφύσημα οφείλεται στη συνεχή έκθεση της αναπνευστικής οδού σε χημικές ουσίες που

περιέχονται στον καπνό του τσιγάρου καθώς και στη μολυσμένη ατμόσφαιρα.

- **Καρκίνος του πνεύμονα:** Είναι η πιο συνήθης μορφή καρκίνου στην εποχή μας και υπολογίζεται ότι το 90% των περιπτώσεων οφείλεται στην πίσσα που περιέχεται στον καπνό του τσιγάρου. Αρχικά εμφανίζεται στο επιθήλιο του βρογχιακού δέντρου (βρογχογενές καρκίνωμα), λόγω συνεχούς ερεθισμού των επιθηλιακών κυττάρων από τον καπνό. Τα πολλαπλασιαζόμενα κύτταρα σύντομα δημιουργούν όγκους, οι οποίοι εμποδίζουν τη διόδο του αέρα. Οι όγκοι των καρκινικών κυττάρων, στη συνέχεια, διεισδύουν στους γειτονικούς ιστούς και φτάνουν στις κυψελίδες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαθέσιμη για ανταλλαγή αερίων αναπνευστική επιφάνεια. Σε πολλές περιπτώσεις, τα νεοπλασματικά κύτταρα εισέρχονται στα πνευμονικά τριχοειδή, όπου μπαίνουν στην κυκλοφορία του αίματος και δημιουργούν μεταστάσεις σε άλλους ιστούς, όπως είναι οι λεμφαδένες, το συκώτι, ο εγκέφαλος, τα οστά.

Ο κίνδυνος ανάπτυξης καρκίνου εξαρτάται από τη χρονική διάρκεια που το άτομο είναι καπνιστής, καθώς και από τον αριθμό των τσιγάρων που καπνίζει καθημερινά. Ο κίνδυνος μειώνεται κατά πολύ με τη διακοπή του καπνίσματος. Οι μέτριοι καπνιστές έχουν περίπου 10 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο ανάπτυξης της νόσου σε σχέση με τους μη καπνιστές, ενώ οι βαριοί καπνιστές 20 φορές.

Η ασθένεια του καρκίνου του πνεύμονα είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί εάν δε διαγνωστεί σε πολύ πρώιμο στάδιο, και γι' αυτό το λόγο έχει πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κυτταρική αναπνοή που επιτελείται στα κύτταρα, με σκοπό την παραγωγή ενέργειας, απαιτεί συνεχή τροφοδότηση των ιστών με οξυγόνο και ταυτόχρονη απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα. Με τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος πραγματοποιείται η πρόσληψη οξυγόνου από το περιβάλλον και η αποβολή διοξειδίου του άνθρακα. Η διακίνηση του αέρα γίνεται μέσω της αναπνευστικής οδού, η οποία περιλαμβάνει τη μύτη, το φάρυγγα, το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους με τις διακλαδώσεις τους (βρογχικό δέντρο) και τους πνεύμονες.

Στα πνευμονικά λόβια λαμβάνει χώρα η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ των πνευμονικών κυψελίδων και των τριχοειδών αγγείων, κατά την οποία το αίμα εμπλουτίζεται σε οξυγόνο και αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα. Η μεταφορά του οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς, καθώς και του διοξειδίου του άνθρακα από τους ιστούς προς τους πνεύμονες, γίνεται με την κυκλοφορία του αίματος. Στο αίμα το οξυγόνο μεταφέρεται ενωμένο με την αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα κυρίως με τη μορφή μονόξινων ανθρακικών ανιόντων μέσα στο πλάσμα.

Οι αναπνευστικές κινήσεις συντονίζονται από το αναπνευστικό κέντρο που εδράζεται στον προμήκη μυελό.

Κατά την εισπνοή, η συστολή των εισπνευστικών μυών και του διαφράγματος οδηγεί στην αύξηση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας και κατά συνέπεια των πνευμόνων, με αποτέλεσμα την εισροή αέρα από το περιβάλλον προς τους πνεύμονες. Η φυσιολογική εκπνοή είναι παθητική διαδικασία και οφείλεται στη χαλάρωση των αναπνευστικών μυών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να τοποθετηθούν στη σειρά σύμφωνα με τη διαδρομή που ακολουθεί ο εισπνεόμενος αέρας: βρόγχια, βρόγχοι, αεροθυλάκια, τραχεία, κυψελίδες, λοβιακοί βρόγχοι, αναπνευστικά βρογχιόλια.
2. Ποιά η σχέση κυκλοφορικού και αναπνευστικού συστήματος;
3. Να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις παρακάτω φράσεις.
 - α) Η μεταφορά του O_2 στο αίμα γίνεται με την οξυαιμοσφαιρίνη, ενώ η μεταφορά του CO_2 κυρίως με την καρβαμινοαιμοσφαιρίνη
 - β) Η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ του αίματος των τριχοειδών και του αέρα των πνευμονικών κυψελίδων γίνεται με παθητική διάχυση
 - γ) Τα τοιχώματα των κυψελίδων περιβάλλονται από τριχοειδή αγγεία της βρογχιακής αρτηρίας
 - δ) Κατά την εισπνοή συστέλλονται οι εισπνευστικοί μύες και κατά την εκπνοή συστέλλονται οι εκπνευστικοί
 - ε) Η πνευμονική φλέβα μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες στην καρδιά.
 - στ) Κάθε πνεύμονας αποτελείται από δύο λοβούς.
 - ζ) Τα τοιχώματα των κυψελίδων αποτελούνται από κροσσωτό επιθήλιο
4. Περιγράψτε πώς γίνεται η ήρεμη και πώς η έντονη εκπνοή.
5. Από που δέχεται νευρικές ώσεις το αναπνευστικό κέντρο και που στέλνει νευρικές ώσεις
6. Που συναντάται βλεννογόνος με κροσσωτό επιθήλιο και ποιός ο ρόλος του;

7. Πως το αίμα των τριχοειδών της πνευμονικής αρτηρίας εμπλουτίζεται σε οξυγόνο και πως αυτό μεταφέρεται στους ιστούς;
8. Πως γίνεται η αποβολή του CO_2 από τα κύτταρα των ιστών και πως αυτό εξέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα;
9. Συμπληρώστε τα κενά:
- Η πνευμονική _____ μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες στην καρδιά, ενώ οι πνευμονικές _____ μεταφέρουν αίμα πλούσιο σε CO_2 , από την καρδιά στους πνεύμονες. Οι _____ φλέβες απομακρύνουν άχρηστες ουσίες από τους πνεύμονες, ενώ οι _____ προμηθεύουν τον πνεύμονα με θρεπτικά συστατικά
 - Το μεγαλύτερο ποσοστό του CO_2 μεταφέρεται με τη μορφή _____ μέσα στο _____ του αίματος. Ένα μικρό ποσοστό μεταφέρεται με τη μορφή της καρβοξυαιμοσφαιρίνης μέσα στα _____.
 - Χημειοϋποδοχείς ευαίσθητοι στις μεταβολές O_2 , CO_2 και H^+ εντοπίζονται στην _____ και στις _____, ενώ στις πνευμονικές κυψελίδες υπάρχουν υποδοχείς _____.
 - Κατά την εισπνοή συστέλλονται οι _____ μύες και το _____, ενώ κατά την εκπνοή συστέλλονται οι _____ μύες καθώς και μύες της _____
10. Να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση
- Το οξυγόνο από τις κυψελίδες περνάει με παθητική διάχυση
 - α) στα τριχοειδή αγγεία
 - β) στην πνευμονική αρτηρία
 - γ) στην πνευμονική φλέβα
 - Ένα ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα μεταφέρεται μέσα στο αίμα ως
 - α) οξυαιμοσφαιρίνη μέσα στα ερυθροκύτταρα
 - β) καρβαμινοαιμοσφαιρίνη μέσα στο πλάσμα
 - γ) μονόξινα ανθρακικά ιόντα μέσα στο πλάσμα
11. Να αντιστοιχίσετε τους όρους που αναγράφονται στην αριστερή στήλη με τις φράσεις της δεξιάς στήλης
- | | |
|---------------|--|
| • Επιγλωττίδα | • Το στενότερο τμήμα του λάρυγγα |
| • Γλωττίδα | • Αεροφόρα κοιλότητα στους πνεύμονες |
| • Κυψελίδα | • Κλείνει το άνοιγμα του λάρυγγα κατά την κατάποση |
| • Πύλη | • Άνοιγμα του πνεύμονα από όπου εισέρχεται ο βρόγχος |

6.5 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΧΡΗΣΤΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

6.5.1. Γενικά

Για κάθε ανθρώπινο οργανισμό είναι απαραίτητη η πρόσληψη νερού, θρεπτικών συστατικών καθώς και οξυγόνου. Το ίδιο σημαντική είναι η αποβολή των άχρηστων και των τοξικών προϊόντων που παράγονται κατά τις χημικές αντιδράσεις του μεταβολισμού. Μερικά από αυτά τα προϊόντα είναι: η περίσσεια νερού και ιόντων, το CO_2 , τα άπεπτα συστατικά της τροφής, η ουρία, η χολερυθρίνη. Η λειτουργία της αποβολής αυτών των ουσιών λέγεται **απέκκριση**. Στην απέκκριση συμμετέχουν το ουροποιητικό σύστημα, οι πνεύμονες, το δέρμα και τμήμα του πεπτικού συστήματος (Εικ. 6.5.1).

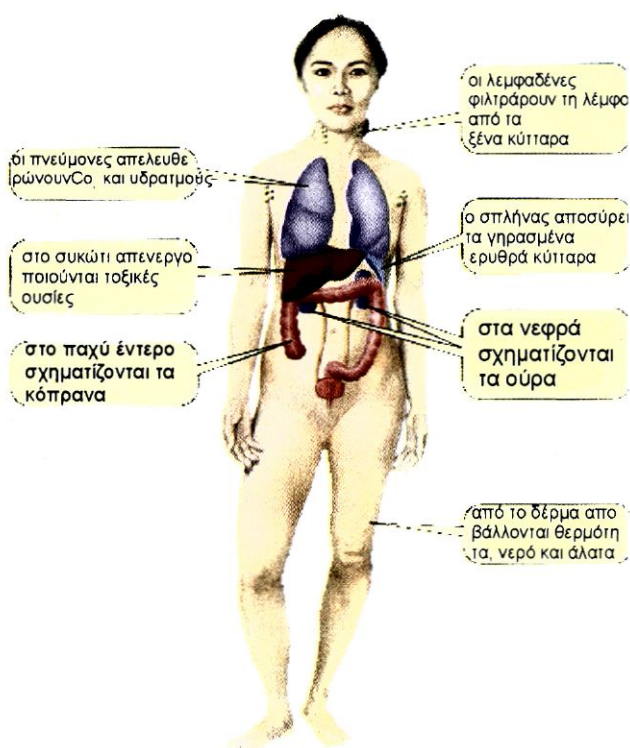
• Απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα με την εκπνοή

Στα κύτταρα των ιστών σχηματίζονται συνεχώς μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διαδικασία της κυτταρικής αερόβιας αναπνοής. Το CO_2 , με το φαινόμενο της παθητικής διάχυσης εισέρχεται στο μεσοκυττάριο υγρό και στη συνέχεια στο αίμα των τριχοειδών αγγείων. Με την κυκλοφορία του αίματος φτάνει στους πνεύμονες, όπου εισέρχεται στις πνευμονικές κυψελίδες. Από εκεί αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα κατά την εκπνοή (βλ. Αναπνευστικό σύστημα).

• Απομάκρυνση κοπράνων

Περίπου 500-1000 ml πεπτικού χυμού περνούν καθημερινά από το λεπτό στο παχύ έντερο. Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού και των ηλεκτρολυτών αυτού του χυμού απορροφάται στο παχύ έντερο, αφήνοντας μόνο 150 ml περίπου υγρού για να απεκκριθούν στα κόπρανα.

Τα κόπρανα αποτελούνται από τα άπεπτα συστατικά των τροφών, λίπος, μικρόβια και ανόργανη ύλη. Τα κόπρανα, με μαζικές κινήσεις του παχέος εντέρου, προωθούνται στο τελικό τμήμα του, το ορθό από όπου θα απεκκριθούν (βλ. Πεπτικό σύστημα).



Εικ. 6.5.1:

Τα εκκριτικά όργανα του σώματος.

6.5.2 Ιδρώτας

Η συνολική ποσότητα του νερού που περιέχεται στο σώμα ενός ενήλικου μέσου βάρους (70 kg) είναι περίπου 40 λίτρα ή περίπου το 60% του βάρους του σώματος. Το μεγαλύτερο μέρος της

ημερήσιας πρόσληψης του νερού μπαίνει στον οργανισμό από την πεπτική οδό, αλλά και το ίδιο το σώμα συνθέτει μια μικρή ποσότητα νερού, ανάλογα με το ρυθμό του μεταβολισμού.

Συνολικά, η μέση ημερήσια πρόσληψη υγρών είναι περίπου 2-3 λίτ.

Συγχρόνως, το σώμα χάνει νερό κάτω από διάφορες συνθήκες, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ημερήσιες απώλειες νερού (σε ml)

	Φυσιολογική Θερμοκρασία	Θερμός καιρός	Έντονη άσκηση
Άδηλες απώλειες			
α) Από το δέρμα	350	350	350
β) Από τους πνεύμονες	350	250	650
Ούρα	1400	1200	500
Ιδρώτας	100	1400	5000
Κόπρανα	100	100	100
Σύνολο	2300	3300	6600

Η απώλεια νερού με διάχυση από το δέρμα ή με εξάτμιση από το αναπνευστικό ονομάζεται **άδηλη απώλεια νερού**, επειδή δεν γίνεται αντιληπτή.

Η **εφίδρωση** αποτελεί ένα μηχανισμό απώλειας νερού από το σώμα. Όταν το σώμα υπερθερμαίνεται, εκκρίνονται από τους ιδρωτοποιούς αδένες στην επιφάνεια του δέρματος μεγάλες ποσότητες **ιδρώτα**, ώστε να εξασφαλισθεί η γρήγορη ψύξη του σώματος με εξάτμιση. Σε πολύ θερμό εξωτερικό περιβάλλον, η απώλεια νερού με τον ιδρώτα αυξάνεται μερικές φορές ως το 1,5 λίτρο την ώρα και είναι φανερό ότι μπορεί να προκαλέσει γρήγορη εξάντληση των υγρών του σώματος. Επίσης η σωματική άσκηση αυξάνει τη θερμοκρασία του σώματος και κατά συνέπεια τείνει να προκαλεί έντονη εφίδρωση. Η εφίδρωση προκαλείται από διέγερση του υποθαλάμου και μέσω αυτόνομων οδών του νευρικού συστήματος.

Με τον ιδρώτα εκκρίνονται ιόντα Na^+ και Cl^- . Όταν η συγκέντρωση ιόντων Na^+ στο αίμα, γίνει μικρότερη από όσο πρέπει, εκκρίνεται από τα επινεφρίδια η ορμόνη αλδοστερόνη. Μέσω της κυκλοφορίας του αίματος φτάνει στους ιδρωτοποιούς αδένες και διευκολύνει την αυξημένη κατακράτηση των ιόντων Na^+ , βοηθώντας έτσι την επαναφορά της συγκέντρωσής τους στο αίμα στα φυσιολογικά επίπεδα.

6.6 ΤΟ ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

6.6.1. Γενικά

Το ουροποιητικό σύστημα αποτελείται από τα **ουροποιητικά** και από τα **ουροφόρα** όργανα. Τα ουροποιητικά όργανα είναι οι δυο **νεφροί** και τα ουροφόρα είναι οι **ουρητήρες**, η **ουροδόχος κύστη** και η **ουρήθρα** (Εικ. 6.6.1).

Με το ουροποιητικό σύστημα ο οργανισμός αποβάλλει άχρηστα και τοξικά προϊόντα του μεταβολισμού.

Οι λειτουργίες των νεφρών είναι:

- α) η απέκκριση άχρηστων και τοξικών υδατοδιαλυτών προϊόντων του μεταβολισμού
- β) η ρύθμιση του όγκου, της σύστασης, της οσμωτικής πίεσης και του pH (οξεοβασική ισορροπία) του αίματος και έμμεσα και του εξωκυττάριου υγρού
- γ) η παραγωγή ορμονών (ενδοκρινής δράση) που δρουν είτε τοπικά είτε σε άλλα σημεία του σώματος

Καθώς το αίμα περνά από τους νεφρούς, τα χρήσιμα συστατικά επαναπροωθούνται σ' αυτό, ενώ τα άχρηστα και τοξικά κατακρατώνται στους νεφρούς και στη συνέχεια αποβάλλονται με τη μορφή των ούρων έξω από το σώμα. Η εκκριντική λειτουργία των νεφρών συνίσταται ακριβώς στο σχηματισμό των ούρων. Ο μηχανισμός σχηματισμού των ούρων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη συνολική ομοιόσταση του οργανισμού.

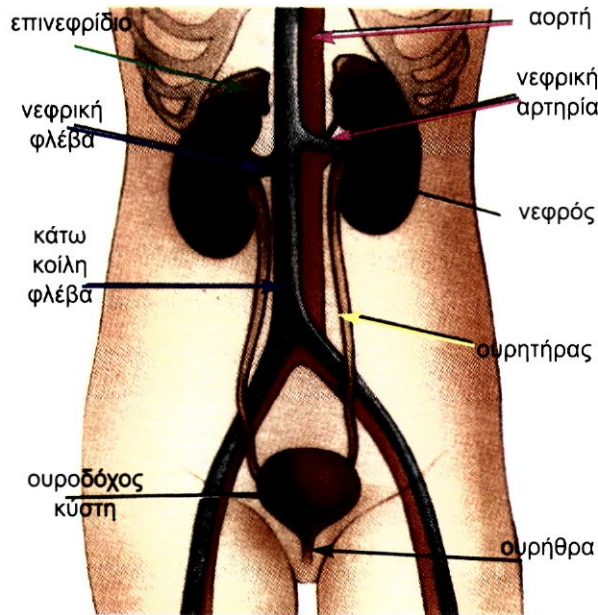
6.6.2 Τα ουροποιητικά όργανα: Νεφροί

• Φυσιολογική ανατομία του νεφρού

Οι νεφροί είναι όργανα βάρους 150 γραμμαρίων και βρίσκονται μέσα στην κοιλιακή κοιλότητα, δεξιά και αριστερά της σπονδυλικής στήλης, στο ύψος των ανώτερων οσφυϊκών σπονδύλων. (Εικ. 6.6.1).

Στη μέση του χείλους του νεφρού, που βρίσκεται πλάι στη σπονδυλική στήλη, υπάρχει μια εγκόλπωση που ονομάζεται **πύλη** και δίπλα στην πύλη σχηματίζεται η **νεφρική πύελος**.

Από την πύλη εισέρχεται η **νεφρική αρτηρία**, που είναι κλάδος της αορτής και διαιρείται σε 1.000.000 **προσαγωγά αρτηρίδια**. Η κυκλοφορία



Εικ. 6.6.1:

Το ουροποιητικό σύστημα του ανθρώπου.

του αίματος συμπληρώνεται στους νεφρούς από ένα αντίστοιχα πυκνό δίκτυο τριχοειδών και φλεβιδίων, που περιβάλλουν τους μικροσκοπικούς σωληνίσκους των νεφρών, τους **νεφρώνες** (Εικ. 6.6.2Γ, Εικ. 6.6.3). Από την πύλη του νεφρού βγαίνει η **νεφρική φλέβα** η οποία εκβάλλει στην κάτω κοίλη φλέβα και ο **ουρητήρας**.

Στην Εικ. 6.6.2 φαίνονται τη διάκριση δυο περιοχών στο εσωτερικό των νεφρών: το **φλοιό** (φλοιώδης μοίρα) και το **μυελό** (μυελώδης μοίρα). Ο φλοιός αποτελεί τον εξωτερικό σκούρο κόκκινο ιστό του νεφρού και ο μυελός την εσωτερική πιο ανοιχτόχρωμη περιοχή. Στη μυελώδη μοίρα του νεφρού υπάρχουν οι σχηματισμοί των νεφρικών πυραμίδων. Στο κέντρο των νεφρών διακρίνουμε τη **νεφρική πύελο**.

• Η λειτουργική μονάδα του νεφρού

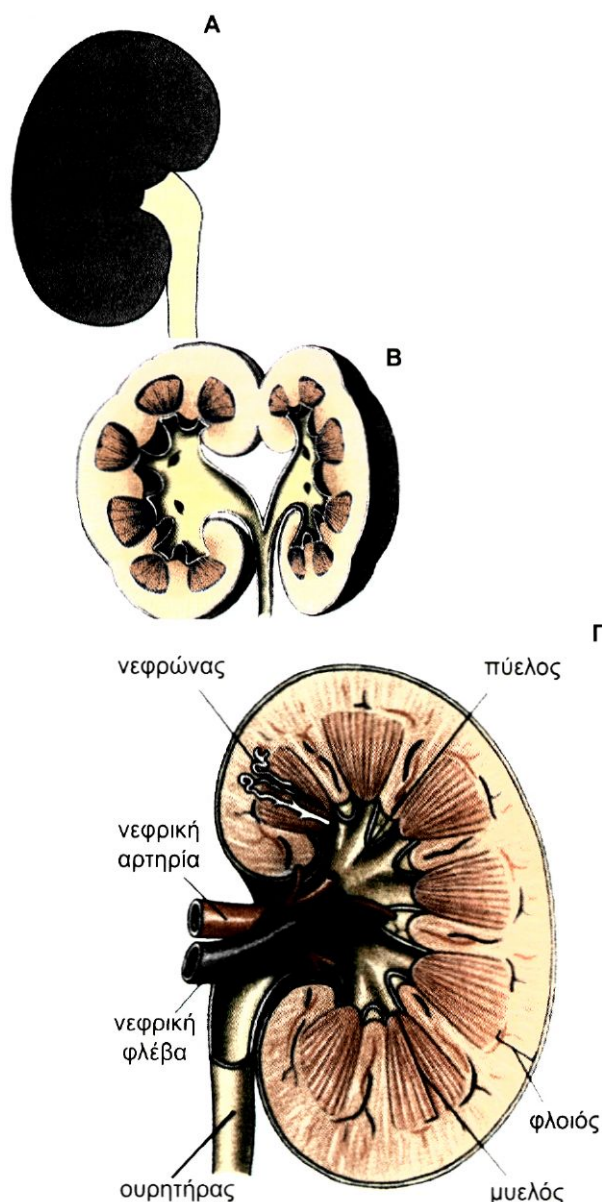
Η λειτουργική μονάδα του νεφρού είναι ο **νεφρώνας**. Σε κάθε νεφρό υπάρχουν περίπου 1.000.000 νεφρώνες και από τον καθένα σχηματίζονται ούρα.

α. Δομή των νεφρώνων

Οι νεφρώνες είναι σωληνάρια με πολύ λεπτό τοίχωμα, μήκους 2-4cm (Εικ. 6.6.2Γ, Εικ. 6.6.3). Στα σωληνάρια αυτά διηθείται το αίμα και σχηματίζονται τα ούρα, τα οποία οδηγούνται στη νεφρική πύελο. Στην Εικ. 6.6.3 φαίνεται η γενική δομή ενός νεφρώνα. Στο ένα άκρο του νεφρώνα που είναι κλειστό σχηματίζεται η **κάψα του Bowman**. Αυτό το έλυτρο περιέχει ένα σύστημα διακλαδιζόμενων τριχοειδών που ονομάζεται **αγγειώδες σπείραμα**. Η κάψα του Bowman μαζί με το αγγειώδες σπείραμα αποτελούν το **Μαλπιγγιανό σωμάτιο** (Εικ. 6.6.4). Ο σχηματισμός της κάψας στη συνέχεια οδηγεί σε μια δομή που ονομάζεται **εγγύς σπειροειδές τμήμα** και καταλήγει σε ένα τμήμα του νεφρώνα που έχει σχήμα θηλιάς (ή αγκύλης) και αποτελεί την **αγκύλη του Henle**. Η αγκύλη του Henle τελειώνει στο **απομακρυσμένο σπειροειδές τμήμα** του νεφρώνα, το οποίο τελικά οδηγεί σ' ένα μεγαλύτερο σωλήνα, που ονομάζεται **αθροιστικό σωληνάριο**. Πολλά αθροιστικά σωληνάρια από αρκετούς νεφρώνες, καταλήγουν στη **νεφρική πύελο**.

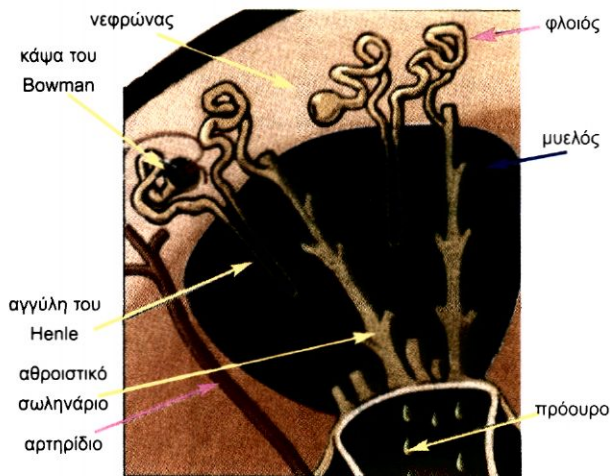
β. Λειτουργία των νεφρώνων

Η βασική λειτουργία των νεφρώνων είναι η κάθαρση, η "απαλλαγή" δηλαδή του πλάσματος από ανεπιθύμητες ουσίες, καθώς το αίμα περνά από το νεφρό. Τέτοιες ουσίες είναι τα τελικά



Εικ. 6.6.2:

Η ανατομία του νεφρού.



Εικ. 6.6.3:

Η θέση και η γενική δομή των νεφρών με τα διάφορα τμήματά τους.

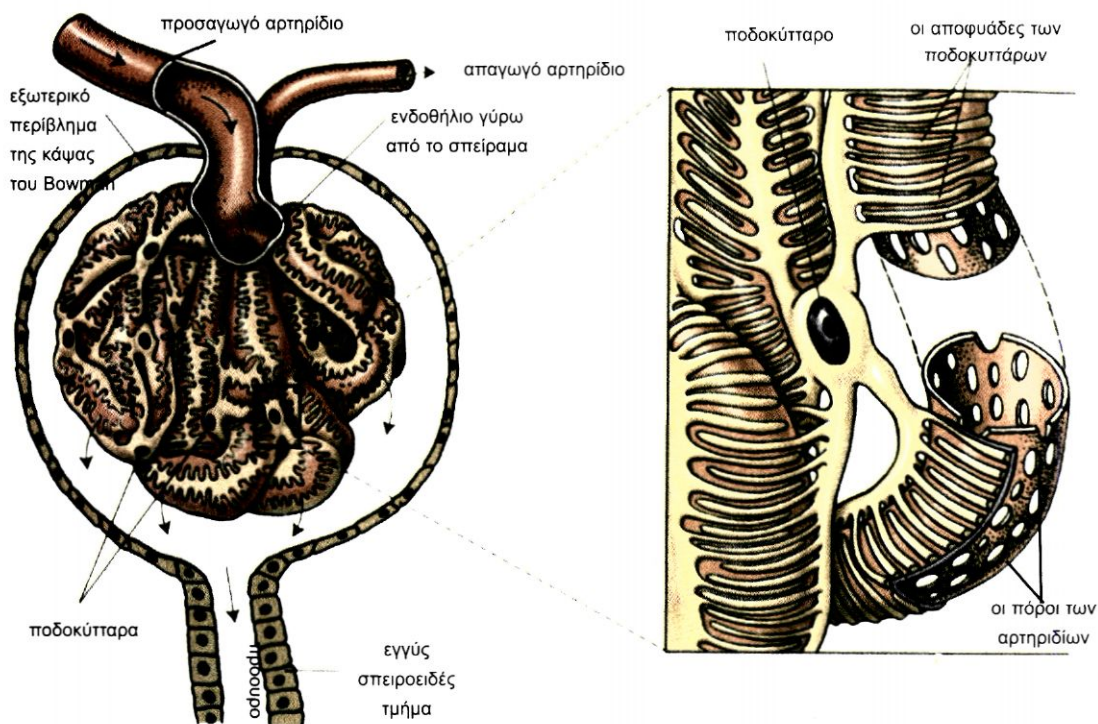
προϊόντα του μεταβολισμού, όπως η ουρία, η κρεατινίνη, το ουρικό οξύ και τα ουρικά άλατα. Επιπλέον στο σώμα τείνουν να αθροίζονται ιόντα νατρίου, καλίου, χλωρίου και υδρογόνου σε μεγάλες ποσότητες. Αποστολή των νεφρώνων είναι η απομάκρυνση της περίσσειας αυτών των ιόντων από το πλάσμα του αίματος.

Το αίμα μπαίνει στα **τριχοειδή του αγγειώδους σπειράματος** από το **προσαγωγό** αρτηρίδιο και φεύγει από το **απαγωγό** αρτηρίδιο. Το αγγειώδες σπείραμα είναι ένα δίκτυο από 50 περίπου παράλληλα τριχοειδή, που καλύπτονται από επιθηλιακά κύτταρα και σχηματίζουν μια μεμβράνη με μεγάλη διαπερατότητα και πολλούς μικρούς πόρους (Εικ. 6.6.3, Εικ. 6.6.4).

Η πίεση του αίματος στο αγγειώδες σπείραμα είναι υψηλή και αυτό προκαλεί τη **διήθηση** του υγρού μέσα στο έλυτρο του Bowman.

Η **διήθηση** του πλάσματος από το αγγειώδες σπείραμα προς το έλυτρο του Bowman είναι η πρώτη σημαντική λειτουργία του νεφρώνα και ο κύριος μηχανισμός με τον οποίο αυτός καθαρίζει το πλάσμα από τις ανεπιθύμητες ουσίες.

Το προϊόν της διήθησης ονομάζεται **πρόουρο** και



Εικ. 6.6.4:

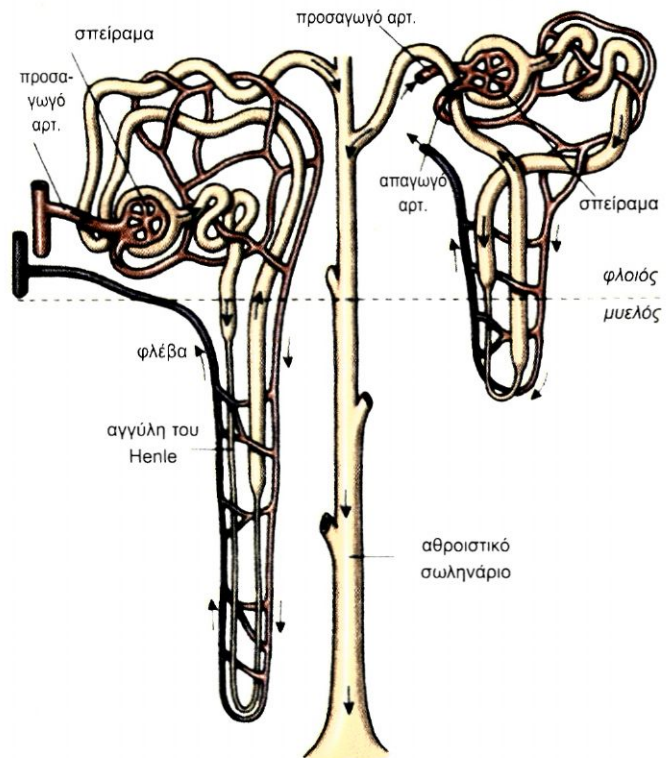
Το μαλπιγιανό σωμάτιο. Η διήθηση του πλάσματος μέσα από τα ειδικά κύτταρα ("ποδοκύτταρα") που περιβάλλουν το αγγειώδες σπείραμα στο έλυτρο του Bowman και ο σχηματισμός του πρόουρου.

συγκεντρώνεται στις **ουροφόρες κοιλότητες**. Πρακτικά, το διήθημα αυτό του πρόουρου είναι το πλάσμα του αίματος χωρίς τα λευκώματά του. (Οι πρωτεΐνες και τα ερυθροκύτταρα παραμένουν στο αίμα λόγω του μεγέθους τους).

Η άλλη σημαντική λειτουργία των νεφρών είναι η **εκλεκτική επαναρρόφηση** συστατικών του πρώτου διηθήματος (πρόουρο), από τα τριχοειδή των νεφρών. Τα απαγωγά αρτηρίδια των νεφρών οδηγούν το διήθημα στο πλησιέστερο σπειροειδές τμήμα του νεφρώνα όπου επαναρροφούνται χρήσιμα συστατικά του, όπως η **γλυκόζη** και **αμινοξέα**, τα οποία επανέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος.

Από το πλησιέστερο σπειροειδές τμήμα του νεφρώνα το πρόουρο περνά στην **αγκύλη του Henle**, η οποία κατεβαίνει προς τη μυελώδη μοίρα του νεφρού. Εκεί αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων, με την ενεργητική απορρόφηση των ιόντων τους από το διήθημα. Τέλος, στο **απομακρυσμένο σπειροειδές** τμήμα του νεφρώνα, το οποίο περιβάλλεται από δίκτυο τριχοειδών, και στο αθροιστικό σωληνάριο, επαναρροφάται από το διήθημα το περισσότερο μέρος του νερού. Έτσι, ιόντα και νερό επανέρχονται στην κυκλοφορία (Εικ. 6.6.5).

Καθώς το διήθημα περνά από τα σωληνάκια των νεφρών, οι χρήσιμες ουσίες και ειδικά το νερό και πολλοί ηλεκτρολύτες επαναρροφούνται στο πλάσμα των περισωληναριακών τριχοειδών και επανέρχονται στην κυκλοφορία. Αντίθετα, οι ανεπιθύμητες και τοξικές ουσίες, καθώς και το υπόλοιπο νερό του αρχικού διηθήματος, σχηματίζουν τα ούρα, τα οποία εκβάλλουν με το αθροιστικό σωληνάριο (μέσω της μυελώδους μοίρας των νεφρών) στη νεφρική πύελο.



Εικ. 6.6.5:

Η αγκύλη του Henle.

6.6.3 Τα ουροφόρα όργανα

Σχηματισμός των ούρων - Ούρηση

Είδαμε ότι οι μηχανισμοί με τους οποίους οι νεφροί απεκκρίνουν τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού οδηγούν στο σχηματισμό των ούρων.

Τα ούρα είναι τα συστατικά που έμειναν στο νεφρικό διήθημα, μετά την επαναρρόφηση χρησίμων ουσιών από τα κύτταρα των νεφρών. Τα συστατικά αυτά είναι το νερό και οι άχρηστες ή επιβλαβείς ουσίες.

Το υγρό των ούρων, μέσω του **αθροιστικού σωληναρίου**, οδηγείται στη **νεφρική πύελο** και από εκεί στους **ουρητήρες** και στην **ουροδόχο κύστη** (Εικ.6.6.1, Εικ. 6.6.6). Οι δυο **ουρητήρες**

Η ουροδόχος κύστη έχει χωρητικότητα 2-3 λίτρα. Όμως πολύ μικρότερες ποσότητες ούρων (μέχρι 300 cm³) προκαλούν την επιθυμία για ούρηση.



Εικ. 6.6.6:

Ακτινογραφία των ουροφόρων τμημάτων. Στο αίμα έχει ενεθεί μια ακτινοσκοπική ουσία. Καθώς το αίμα περνά από τους νεφρούς, η ουσία κατακρατείται και συγκεντρώνεται προς αποβολή στην ουροδόχο κύστη. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί οι νεφροί δεν είναι τόσο σκιασμένοι, όσο η κύστη;

εκβάλλουν στο κοίλο όργανο της **ουροδόχου κύστης**. Η **ουροδόχος κύστη** βρίσκεται 30 cm χαμηλότερα από την ηβική σύμφυση και μπροστά από τη μήτρα στις γυναίκες ή το ορθό στους άντρες. Η ούρηση ελέγχεται από ένα αυτόματο, νωτιαίο νευρικό αντανακλαστικό που ονομάζεται **“αντανακλαστικό ούρησης”**, το οποίο προκαλεί συνειδητή επιθυμία για ούρηση. Το αντανακλαστικό της ούρησης ελέγχεται από εγκεφαλικά κέντρα.

Το τελευταίο ουροφόρο όργανο είναι η **ουρήθρα**, με την οποία και αποβάλλονται τα ούρα κατά την ούρηση. Η ουρήθρα για τις γυναίκες είναι αποκλειστικά ουροφόρο όργανο, ενώ για τους άνδρες είναι όχι μόνο ουροφόρο, αλλά και σπερματοφόρο όργανο (βλέπε Κεφάλαιο 7, Αναπαραγωγή).

Η ποσότητα και η σύσταση των ούρων επηρεάζονται από παράγοντες όπως η διαίτα, οι καιρικές συνθήκες, η σωματική άσκηση κ.ά. Το είδος της διατροφής μας επηρεάζει τη συγκέντρωση των μεταβολιτών στα ούρα. Η προσλαμβανόμενη ποσότητα υγρών και η εφίδρωση ρυθμίζουν την ποσότητα των ούρων που αποβάλλονται.

Στον πίνακα φαίνονται οι σχετικές συγκεντρώσεις των ουσιών στο πλάσμα του αίματος, στο πρόουρο και στα ούρα.

Συγκέντρωση σε gr/l

Συστατικά	Πλάσμα	Πρόουρο	Ούρα
Νερό	91.00	99.00	96.00 (μεταβάλλεται)
Ουρία	0.03	0.03	3.00
Γλυκόζη	0.10	0.10	0.00
Άλατα	0.40	0.70	1.20 (μεταβάλλεται)
Πρωτεΐνες	8.00	0.00	0.00

6.6.4 Οσμωρύθμιση

Η κυτταρική μεμβράνη είναι μια ημιδιαπερατή μεμβράνη ανάμεσα στο εξωκυττάριο και το ενδοκυττάριο υγρό. Εάν αυτά τα δυο υγρά διαμερίσματα δε βρίσκονται σε οσμωτική ισορροπία, θα μπορούσε ν' αναπτυχθεί στη μια πλευρά της κυτταρικής μεμβράνης τεράστια οσμωτική πίεση. Στην περίπτωση, π.χ., που η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στον εξωκυττάριο χώρο είναι πολύ μικρότερη από αυτή στον ενδοκυττάριο χώρο, θα είχαμε άμεση **ώσμωση** του νερού από το εξωκυττάριο προς το εσωκυττάριο υγρό και διόγκωση του κυττάρου.

Η ώσμωση αυτή σταματά, όταν το υγρό στο εσωτερικό του κυττάρου αραιωθεί αρκετά ώστε η οσμωτική του συγκέντρωση να εξισωθεί με αυτή του εξωκυττάρου υγρού.

*Η λειτουργία με την οποία ελέγχονται οι συγκεντρώσεις των συστατικών των υγρών του σώματος, καθώς και το ισοζύγιο ανάμεσα στο εξωκυττάριο και το ενδοκυττάριο υγρό, λέγεται **οσμωρύθμιση**.*

Ο όγκος του εξωκυττάρου υγρού, ο όγκος και η πυκνότητα του αίματος καθώς και των ούρων, ελέγχονται με έναν κοινό μηχανισμό **αρνητικής ανάδρασης**.

Όταν ο όγκος του αίματος αυξηθεί πολύ, προκαλείται αυξημένη αποβολή ούρων από τους νεφρούς. Το αντίστροφο συμβαίνει, όταν ο όγκος του αίματος ελαττώνεται. Ταυτόχρονα, με το μηχανισμό ελέγχου του όγκου του αίματος ρυθμίζεται και ο όγκος του εξωκυττάρου υγρού.

Η ποσότητα παραγωγής των ούρων και η επαναρρόφηση νερού από το διήθημα των νεφρών ελέγχεται, μέσω της υπόφυσης, με την έκκριση (ή μη), της **αντιδιουρητικής ορμόνης**. Εφόσον εκκριθεί και κυκλοφορήσει στον οργανισμό, αυξάνει τη διαπερατότητα των αθροιστικών σωληναρίων των νεφρών, προκαλώντας έτσι την κατακράτηση νερού από τους νεφρούς. Επίσης, η συγκέντρωση των ιόντων νατρίου ρυθμίζει σε μεγάλο βαθμό την οσμωτική πίεση του εξωκυττάρου υγρού. Έτσι, ο έλεγχος της συγκέντρωσης Na^+ (δια μέσου της αντιδιουρητικής ορμόνης και του μηχανισμού της δίψας) παίζει μεγάλο οσμωρυθμιστικό ρόλο.

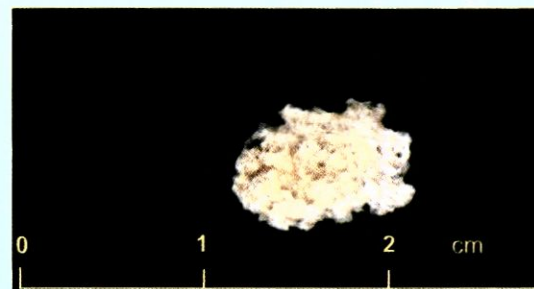
Η ποσότητα του νερού που περιέχεται στο σώμα καθορίζεται πάντα από το **ισοζύγιο** ανάμεσα στην καθημερινή πρόσληψη και στην αποβολή του. Η **δίψα** είναι ο κύριος ρυθμιστής της πρόσληψης νερού, ενώ ο οργανισμός χάνει νερό με την **άδηλη αναπνοή** και τον **ιδρώτα**.

Οι νεφροί απεκκρίνουν συνεχώς υγρά. Εάν ένα άτομο, το οποίο ασκείται και ιδρώνει, έχει επιπλέον απώλεια νερού, αφυδατώνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα την ελάττωση του όγκου και την αύξηση της συγκέντρωσης του νατρίου και των άλλων οσμωτικά δραστικών ουσιών, του εξωκυττάρου υγρού του. Τότε οι μηχανισμοί της οσμωρύθμισης ενεργοποιούνται (απελευθέρωση αντιδιουρητικής ορμόνης - επαναρρόφηση νερού στους νεφρούς), οπότε η

Νεφρολιθίαση και κολικός νεφρού

Η **νεφρολιθίαση** είναι ο σχηματισμός λίθων μέσα στο νεφρό ή στ' ανώτερα ουροφόρα όργανα, δηλαδή τους νεφρώνες και τη νεφρική πύελο. Είναι μια απλή νεφροπάθεια, αλλά αρκετά κοινή. Ξεκινάει από τη δημιουργία υπερπαραγωγής κατά το μεταβολισμό, μιας λιθογόνου ουσίας (πέτρας), π.χ. οξαλοξικού ασβεστίου ή φωσφορικού ασβεστίου και ουρικού οξέος.

Η νεφρολιθίαση μπορεί να προκαλέσει απόφραξη π.χ. στον ουρητήρα. Τότε η μόνη δυνατή θεραπεία είναι η χειρουργική αφαίρεση του λίθου.



Η καλύτερη πρόληψη είναι η τακτική λήψη άφθονων υγρών.

Η συχνότερη συνέπεια της νεφρολιθίασης είναι ο **κολικός του νεφρού**. Πρόκειται για ισχυρό πόνο στην οσφυϊκή χώρα, που αντανακλά στα γεννητικά όργανα. Ο πόνος οφείλεται στη διέλευση του λίθου μέσα από τον αυλό του ουρητήρα και διαρκεί όσο και η διέλευση αυτή, δηλαδή από δευτερόλεπτα μέχρι ώρες ή και μέρες. Η καλύτερη βοήθεια στο άτομο που υποφέρει από κολικό του νεφρού είναι τα **σπασμολυτικά** φάρμακα, θερμά επιθέματα στην οσφυϊκή περιοχή και άφθονα υγρά.

Ουραιμία και αιμοκάθαρση

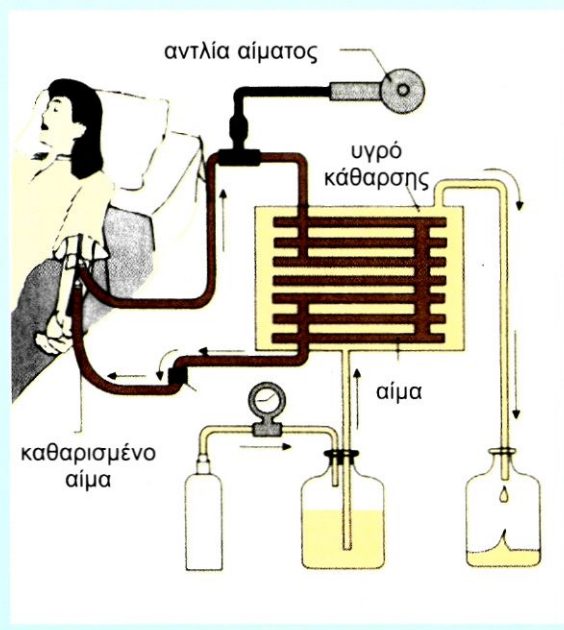
Η ουρία, το ουρικό οξύ, η κρεατινίνη και μερικές άλλες ουσίες, είναι παράγωγα του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, τα οποία πρέπει να απομακρύνονται συνεχώς από το σώμα.

Οι συγκεντρώσεις τους, ιδιαίτερα της ουρίας, μπορούν ν' αυξηθούν ως και δέκα φορές πάνω από το φυσιολογικό στη διάρκεια μιας ως δυο εβδομάδων νεφρικής ανεπάρκειας. Αυτή η άνοδος της συγκέντρωσης της ουρίας σε επίπεδα ανώτερα των φυσιολογικών λέγεται **ουραιμία** και προκαλεί σειρά δευτερογενών διαταραχών που κορυφώνονται με το ουραιμικό κώμα, μια βαρύτατη διαταραχή της γενικής κατάστασης του οργανισμού, που οδηγεί στο θάνατο.

Η ουραιμία αντιμετωπίζεται πρόσκαιρα με **αιμοκάθαρση** σε συσκευή τεχνητού νεφρού. Τα άτομα που έχουν σημαντική ανεπάρκεια υποβάλλονται συνήθως δυο φορές την εβδομάδα σε αιμοκάθαρση.

Οι τεχνητοί νεφροί χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια για την υποστήριξη αυτών των ασθενών. Χάρis στο τεχνητό νεφρό, πολλές χιλιάδες άτομα με μόνιμη νεφρική ανεπάρκεια ή ακόμα και με πλήρη έλλειψη νεφρών συντηρούνται στη ζωή για χρόνια.

Βασική αρχή του τεχνητού νεφρού είναι η διέλευση του αίματος μέσα από πολύ μικρές διόδους, που περιβάλλονται από λεπτές μεμβράνες. Στις άλλες πλευρές των μεμβρανών υπάρχει ένα **υγρό κάθαρσης** (ρυθμιστικό διάλυμα), μέσα στο οποίο διαχέονται οι ουσίες του αίματος που θέλουμε να απομακρυνθούν. Παράλληλα, ουσίες οι οποίες βρίσκονται σε μεγάλη συγκέντρωση στο ρυθμιστικό διάλυμα (εάν χρειάζεται) διαχέονται προς το αίμα.



πυκνότητα του αίματος γίνεται κανονική (βλέπε και Κεφάλαιο 2.6).

Όταν το άτομο καταναλώνει πολλά υγρά χωρίς να έχει επιπλέον απώλειες, η πορεία της οσμωρύθμισης είναι αντίθετη. Μειώνεται η πυκνότητα του αίματος, απελευθερώνεται λιγότερη αντιδιουρητική ορμόνη από την υπόφυση και επανααρροφάται λιγότερο νερό από τους νεφρούς. Αποτέλεσμα είναι να απεκκρίνεται μεγαλύτερος όγκος αραιών ούρων έως ότου αποκατασταθεί η ισορροπία του εξωκυττάριου και ενδοκυττάριου περιβάλλοντος.

Άλλα ιόντα των οποίων οι εξωκυττάρειες συγκεντρώσεις ρυθμίζονται με την οσμωρύθμιση είναι τα ιόντα του καλίου, του ασβεστίου, του χλωρίου, των μονόξινων ανθρακικών ιόντων, των φωσφορικών κ.ά.

Η ανεπαρκής και κακή λειτουργία των νεφρών προκαλεί σημαντική δυσλειτουργία του οργανισμού, αφού δεν μπορεί να ρυθμιστεί η ποσότητα και η σύσταση του αίματος. Η καταστροφή μικρού αριθμού νεφρώνων δεν επηρεάζει την ικανότητα των νεφρών να απομακρύνουν τις άχρηστες και τοξικές ουσίες του αίματος. Η καταστροφή μεγάλου αριθμού νεφρώνων έχει ως αποτέλεσμα τη **νεφρική ανεπάρκεια**, δηλαδή την αύξηση της παρουσίας των ουσιών αυτών στο αίμα.

Η νεφρική ανεπάρκεια, αν δεν αντιμετωπιστεί σωστά, επιφέρει το θάνατο. Ο κλασσικός τρόπος αντιμετώπισης της νεφρικής ανεπάρκειας είναι ο καθαρισμός του αίματος σε μονάδα τεχνητού νεφρού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία της αποβολής των άχρηστων ή τοξικών προϊόντων του μεταβολισμού (μεταβολίτες) αποτελεί τη λειτουργία της **απέκκρισης**. Στην απεκκριτική λειτουργία του οργανισμού συμμετέχουν οι πνεύμονες, το δέρμα και τμήματα του πεπτικού συστήματος (τελικό τμήμα του παχέος εντέρου, το ορθό), ενώ τα κύρια όργανα απέκκρισης είναι τα **ουροποιητικά** και τα **ουροφόρα**. Από τους πνεύμονες απεκκρίνονται τα αέρια της αναπνοής (CO_2), από το δέρμα άλατα και νερό (εφίδρωση) και από το πεπτικό τα στερεά υπολείμματα της πέψης, ανάμικτα με νερό (κόπρανα).

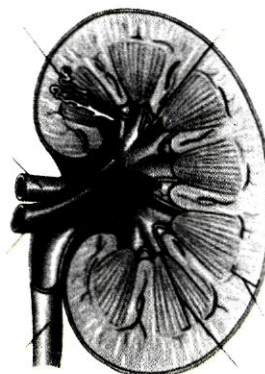
Τα ουροποιητικά όργανα αποτελούνται από τους δυο **νεφρούς**, ενώ τα ουροφόρα όργανα από τους **ουρητήρες**, την **ουροδόχο κύστη** και την **ουρήθρα**. Οι νεφροί είναι δυο συμπαγή όργανα, δεξιά και αριστερά στην κοιλιακή χώρα. Σ' αυτούς διακρίνουμε μορφολογικά την **πύλη** και τη **νεφρική πύελο**. Από την πύλη των νεφρών εισέρχεται η **νεφρική αρτηρία** και εξέρχεται ο **ουρητήρας** και η **νεφρική φλέβα**.

Την κύρια λειτουργική μονάδα του νεφρού αποτελεί ο **νεφρώνας**, όπου σχηματίζονται τα **ούρα**. Τα ούρα (το υπόλοιπο του νεφρικού διηθήματος με κύριο συστατικό το νερό), μέσω του αθροιστικού σωληναρίου, της νεφρικής πυέλου και των ουρητήρων, συγκεντρώνονται στην ουροδόχο κύστη και απεκκρίνονται από την ουρήθρα. Η ούρηση ελέγχεται αντανακλαστικά.

Οι νεφροί, εκτός από την **απέκκριση** των περισσότερων από τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού, ελέγχουν τις συγκεντρώσεις των υγρών του σώματος, μέσω της λειτουργίας της **οσμωρύθμισης**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται το ουροποιητικό σύστημα και μια κάθετη τομή ενός νεφρού. Να ονομάσετε τις περιοχές που δείχνουν οι ενδείξεις.



2. Στο διάγραμμα φαίνεται η δομή ενός νεφρώνα. Να προσδιορίσετε τη θέση των:

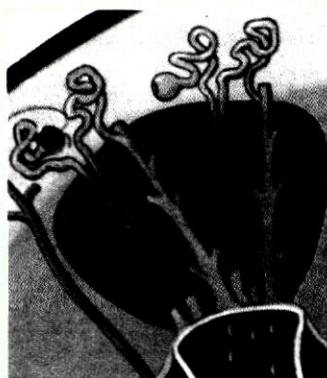
A: Κάψα του Bowman

B: Αγγειώδες σπείραμα

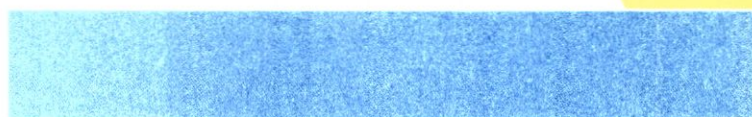
Γ: Μαλπιγγιανό σωμάτιο

Δ: Αγκύλη του Henle

E: Αθροιστικό σωληνάριο.



3. Ποιος είναι ο κύριος μηχανισμός με τον οποίο το πλάσμα καθαρίζεται στο νεφρώνα, από τις ανεπιθύμητες ουσίες;
4. Να δικαιολογήσετε γιατί το διήθημα του πρόουρου δεν περιέχει ερυθροκύτταρα και πρωτεΐνες.
5. Ποια είναι η λειτουργική σημασία της αγκύλης του Henle του νεφρώνα;
6. Να ερμηνεύσετε τους όρους απέκκριση και οσμωρύθμιση. Ποια είναι η σημασία της καθεμιάς για τον οργανισμό;
7. Ποιες επιμέρους λειτουργίες του απεκκριτικού συστήματος γνωρίζετε, οι οποίες γίνονται με τη βοήθεια ειδικών αντανακλαστικών;
8. Τι ονομάζουμε άδηλη απώλεια νερού; Γνωρίζετε από ποιους παράγοντες επηρεάζεται;
9. Να αναφέρετε παράγοντες που γνωρίζετε, οι οποίοι επηρεάζουν την ποσότητα και τη σύσταση των ούρων στον οργανισμό μας.
10. Πώς δημιουργείται η νεφρική ανεπάρκεια και πώς αντιμετωπίζεται;
11. Σχολιάστε το γεγονός ότι σε πολλούς ανθρώπους με αυξημένη αρτηριακή πίεση του αίματος (υπερτασικούς), συνταγογραφούνται και διουρητικά φάρμακα.
11. Θέμα για συζήτηση στην τάξη: Μεταμόσχευση οργάνων - Δωρητές οργάνων.



7. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ

7.1 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

7.1.1 Γενικά

Το γεννητικό σύστημα χρησιμεύει για την αναπαραγωγή και αποτελείται από διαφορετικά όργανα στον άνδρα και διαφορετικά στη γυναίκα. Τα γεννητικά όργανα του άνδρα και της γυναίκας αποτελούν τα πρωτεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου.

Τα έμβρυα διαθέτουν αδιαφοροποίητο σύστημα αρχέγονων γονάδων. Η διαφοροποίηση των γονάδων του εμβρύου σε **όρχεις** καθορίζεται από την παρουσία του χρωμοσώματος **Υ**. Η παρουσία αυτή έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των όρχεων κατά την 7^η εβδομάδα της κύησης, που σχεδόν αμέσως αρχίζουν να εκκρίνουν τεστοστερόνη (ανδρογόνο). Η τεστοστερόνη κυκλοφορεί στο έμβρυο και επάγει την αναπτυξιακή οδό του ανδρικού φαινότυπου.

Στα θηλυκά άτομα, που απουσιάζει το χρωμόσωμα **Υ**, οι γονάδες μετασχηματίζονται σε εμβρυϊκές **ωοθήκες**, γεγονός που αναστέλλει την έκκριση τεστοστερόνης, και στη θέση της παράγονται από τις ωοθήκες στεροειδείς ορμόνες (οιστρογόνα και προγεστερόνη). Ο βιολογικός ρόλος των στεροειδών ορμονών είναι πολύ σπουδαίος για τη ζωή του ατόμου. Ο σπουδαιότερος ρόλος είναι η ανάπτυξη του γεννητικού συστήματος αλλά και των *δευτερευόντων χαρακτήρων του φύλου* του θηλυκού ατόμου, όπως οι αναπτυγμένοι μαστοί η ιδιαίτερη διαμόρφωση του σώματος π.χ. μεγάλη λεκάνη κ.λ.π.

7.1.2 Γεννητικό σύστημα του άνδρα

Το γεννητικό σύστημα του άνδρα αποτελείται από τους **δύο όρχεις**, την **εκφορητική οδό του σπέρματος** και το **πέος** (Εικ. 7.1.1).

Οι όρχεις είναι οι γεννητικοί αδένες του άντρα. Επιτελούν δύο λειτουργίες την **αναπαραγωγική** (παράγουν τα σπερματοζωάρια και την **ορμονική** παράγουν ορμόνες τα ανδρογόνα)

Οι όρχεις είναι δύο **ωοειδείς σχηματισμοί** που βρίσκονται έγκλειστοι στο **όσχεο**. Κατά την εμβρυϊκή ζωή οι όρχεις βρίσκονται μέσα στην κοιλιά. Κατά τον 7^ο ή 8^ο μήνα της κύησης οι όρχεις κατεβαίνουν και τελικά εγκαθίστανται στο **όσχεο**. Το **όσχεο** είναι ένας δερμάτινος σάκος κάτω από το πέος. Αν ο ένας ή και οι δύο όρχεις παραμείνουν στην κοιλιά η πάθηση λέγεται **κρυπορχία** και η βλάβη πρέπει να αποκατασταθεί έγκαιρα.

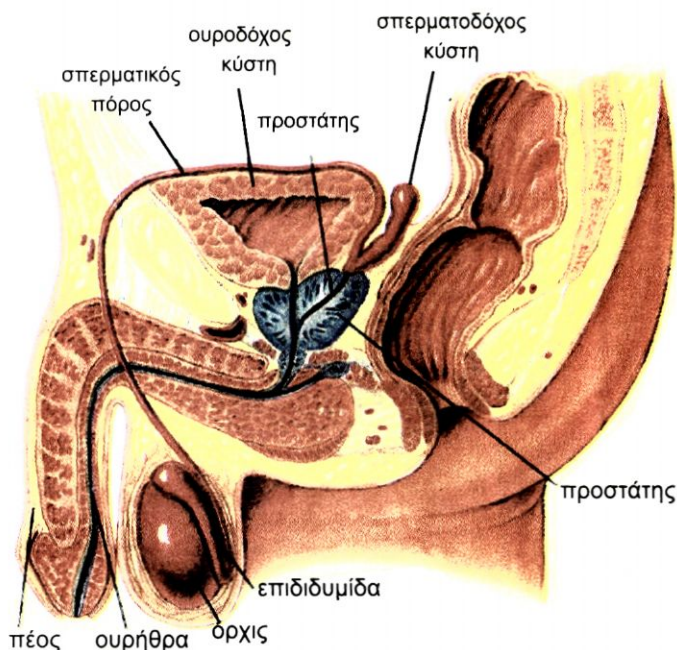
Τα κύτταρα Leydig του όρχεως ή διάμεσα κύτταρα αυξάνονται πολύ σε αριθμό κατά την εφηβεία και παράγουν ανδρογόνα (τεστοστερόνη) η οποία είναι υπεύθυνη για τα δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου. Είναι υπεύθυνα για τα **φαινόμενα ήβης** στα άρρενα άτομα. Εκτός από τους ορμονικούς μια σειρά από άλλους παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία των όρχεων π. χ. η κακή διατροφή, ο αλκοολισμός, η επίδραση ορισμένων φαρμάκων κ.ά.

Η εκφορητική οδός του σπέρματος είναι η **επιδιδυμίδα**, ο **σπερματικός πόρος**, η **σπερματική λήκυθος**, η **σπερματοδόχος κύστη**, ο **προστάτης** και η **ουρήθρα** (Εικ. 7.1.1, Εικ. 7.1.3).

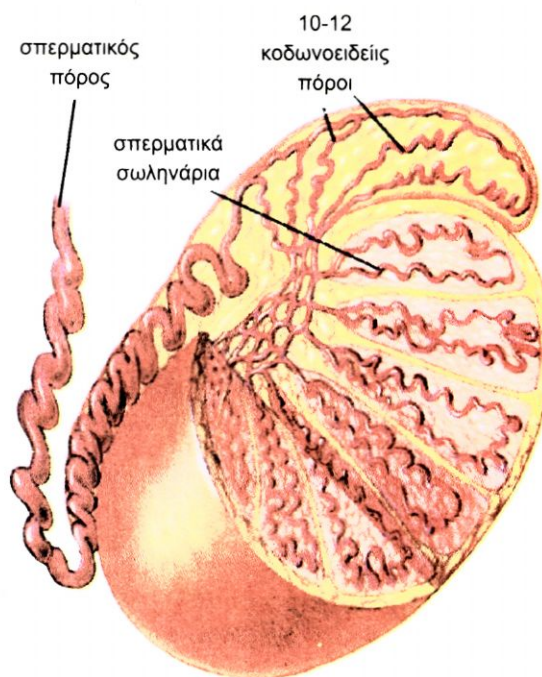
Τα σπερματικά σωληνάρια συνενώνονται σε 10-12 μεγαλύτερα τα οποία συνενώνονται σε ένα μόνο σωληνάριο που ονομάζεται **πόρος**. Τα 10-12 σωληνάρια καθώς και ο πόρος αποτελούν την **επιδιδυμίδα** (Εικ. 7.1.2).

Προέκταση της επιδιδυμίδας είναι ο **σπερματικός πόρος**, ένας σωλήνας μήκους 40 cm. Το άκρο του σπερματικού πόρου ονομάζεται **σπερματική λήκυθος** και σε αυτήν εκβάλουν οι σπερματοδόχες κύστεις.

Οι σπερματοδόχες κύστεις έχουν μορφή σωληνοειδή και έχουν χωρητικότητα 5ml περίπου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (70%) του υγρού του



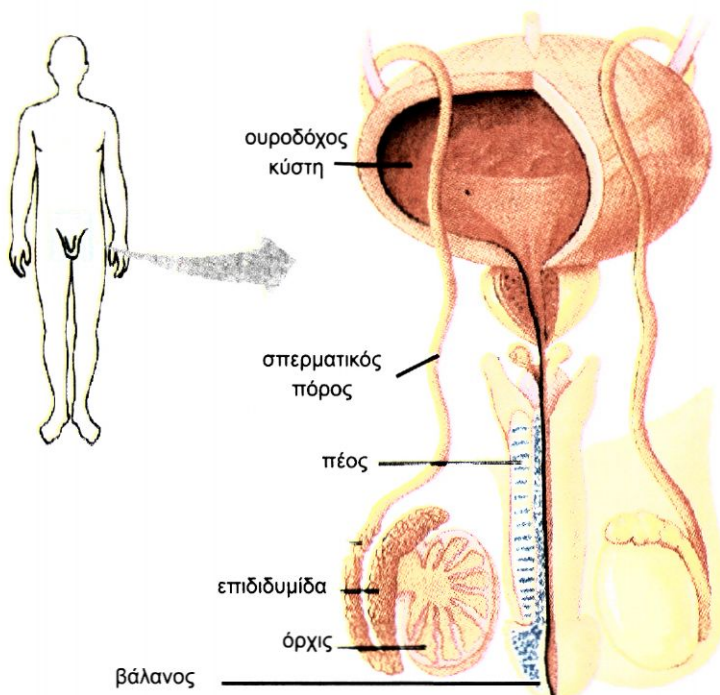
Εικ. 7.1.1:
Το γεννητικό σύστημα του άνδρα



Εικ. 7.1.2:
Τομή όρχεων

σπέρματος προέρχεται από τις εκκρίσεις των σπερματοδόχων κύστεων.

Ο προστάτης αποτελείται από πολλούς σωληνοκυψελοειδείς αδένες, οι οποίοι εκβάλλουν στην **ουρήθρα**. Το προστατικό υγρό αποτελεί το 30% του υγρού του σπέρματος περιέχει πρωτεολυτικά ένζυμα, και παράγεται από τον προστάτη. Ο ρόλος των πρωτεολυτικών ενζύμων είναι η ρευστοποίηση του σπέρματος κατά την εκσπερμάτωση. Οι εκσπερματικοί πόροι και η ουρήθρα χρησιμεύουν ως δίοδοι του σπέρματος (Εικ. 7.1.3, βλ. και ενότητα 7.3.1 Σπερματογένεση).



Εικ. 7.1.3:
Η οδός που ακολουθεί το σπέρμα

• ΤΟ ΠΕΟΣ

Το πέος αποτελείται από τα δύο **σηραγγώδη σώματα του πέους** και από το **σηραγγώδες σώμα της ουρήθρας**, που περιβάλλονται από κοινό δερματικό περίβλημα (πόσθη). Το σηραγγώδες σώμα της ουρήθρας καταλήγει σε ένα διογκωμένο άκρο που λέγεται **βάλανος** του πέους.

Το πέος εξυπηρετεί τη λειτουργία της συνουσίας που περιλαμβάνει τη στύση την είσοδο του πέους στον κόλπο και την εκσπερμάτωση που ακολουθεί.

Η διέγερση των υποδοχέων επαφής, που βρίσκονται στο πέος μεταφέρεται σε παρασυμπαθητικά κέντρα του νωτιαίου μυελού που προκαλούν την διαστολή των αιμοφόρων αγγείων συστέλλονται φλέβες, διαστέλλονται αρτηρίες ώστε να συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα αίματος στα σηραγγώδη σώματα του πέους, με αποτέλεσμα να γίνεται μεγαλύτερο (διόγκωση του πέους) θερμότερο, σκληρό και άκαμπτο άρα κατάλληλο για τη συνουσία. Η στύση μπορεί να προκληθεί και με άλλου τύπου ερεθίσματα, π. χ. οπτικά, γιατί τα νωτιαία κέντρα επηρεάζονται από ανώτερα κέντρα του φλοιού του εγκεφάλου. Η εκσπερμάτωση γίνεται αντανεκλαστικά μέσω του συμπαθητικού συστήματος όπου συστέλλονται οι λείες μυϊκές ίνες που περιβάλλουν την εκφορητική οδό του σπέρματος, σπρώχνοντας έτσι το σπέρμα προς τα έξω.

Με την ούρηση αλλά κυρίως κατά τη στύση, η ακροποσθία (τμήμα της πόσθης που καλύπτει τη βάλανο) σείρεται προς τα πίσω και αποκαλύπτει τη βάλανο. Σε ορισμένες περιπτώσεις η ακροποσθία δεν μπορεί να τραβηχτεί η κατάσταση αυτή ονομάζεται φίμωση και θεραπεύεται με χειρουργική επέμβαση (περιτομή). Περιτομή γίνεται επίσης και λόγω θρησκευτικών αιτιών.

7.1.3 Γεννητικό σύστημα της γυναίκας

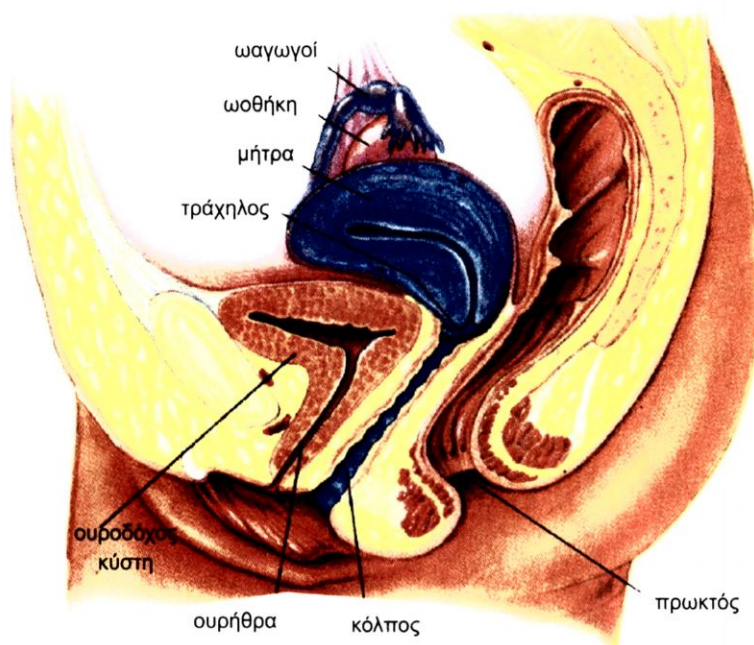
Οι δύο **ωοθήκες**, οι δύο **ωαγωγοί**, η **μήτρα** (ο **τράχηλος της μήτρας**, ο **κόλπος** και το **αιδοίο**) αποτελούν το γεννητικό σύστημα της γυναίκας. (Εικ. 7.1.4)

• ΟΙ ΩΟΘΗΚΕΣ

Σε κάθε εμβρυϊκή ωοθήκη αναπτύσσεται ένας φλοιώδης σχηματισμός ο οποίος περιέχει ανώριμα ωοθυλάκια, έχει σχήμα αμυγδαλού και βρίσκεται στο πλάγιο τοίχωμα της λεκάνης. Κάθε **ωοθυλάκιο** αποτελείται από ένα **γεννητικό κύτταρο** το **ωοκύτταρο** ή **ωάριο**, το οποίο περιβάλλεται από κοκκιώδη κύτταρα που προέρχονται από τον επιθηλιακό ιστό της γεννητικής περιοχής. Στην εμβρυϊκή ζωή υπολογίζεται ότι δημιουργούνται 4-5 εκατομμύρια γεννητικά κύτταρα. Ένας μεγάλος αριθμός από αυτά εκφυλίζεται, ώστε φτάνουμε να έχουμε κατά τη γέννηση του θηλυκού ατόμου λιγότερο από ένα εκατομμύριο ωοκύτταρα. Σταδιακά ο εκφυλισμός των περισσοτέρων, συντελείται από τη γέννηση έως την εφηβική ηλικία, οπότε παραμένουν 300.000-400.000 αδιαφοροποίητα ωάρια, αλλά από αυτά μόνο τα 400-500 μπορούν να ωριμάσουν κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου της γυναίκας. Για την δημιουργία των θηλυκών γαμετών (ωάρια) πρέπει να γίνει μείωση. Η **μείωση** που αρχίζει από την εμβρυϊκή ηλικία και διακόπτεται στην πρώτη μειωτική διαίρεση. Η δεύτερη κατά σειρά μειωτική διαίρεση πραγματοποιείται αποκλειστικά και μόνο σε εκείνα τα ώριμα ωάρια κατά τη διάρκεια της ωορρηξίας, τα οποία αμέσως μετά **γονιμοποιούνται** από τα σπερματοζωάρια.

Οι ωοθήκες εμφανίζουν δύο καθοριστικές και αλληλένδετες οργανικές λειτουργίες. Η πρώτη λειτουργία αναφέρεται στην **παραγωγή ώριμων γεννητικών κυττάρων** (ωαρίων) μέσω μιας διαδικασίας η οποία ονομάζεται **ωογένεση**. Η δεύτερη οργανική λειτουργία είναι η παραγωγή στεροειδών ορμονών.

Οι δύο αυτές λειτουργίες διαφέρουν από τις αντίστοιχες του αρσενικού σε ένα καθοριστικό σημείο. Ενώ οι όρχεις παράγουν **συνεχώς** σπερματοζωάρια και ανδρογόνα, οι ωοθήκες



Εικ. 7.1.4:
Γεννητικό σύστημα γυναίκας.

λειτουργούν με ρυθμό **κυκλικής** εναλλαγής. Αυτοί οι κύκλοι περιοδικής εναλλακτικότητας ονομάζονται **εμμηνορυσιακοί κύκλοι** διότι εμφανίζονται περίπου μια φορά τον μήνα (κάθε 28 ημέρες), κάνουν την εμφάνισή τους κατά την εφηβική περίοδο (11- 13 έτος) του ατόμου και τελειώνουν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο (45 - 50 χρόνων), την **εμμηνόπαυση**.

Γενικά η κάθε μία από τις δύο ωοθήκες προετοιμάζουν τον ίδιο αριθμό ώριμων ωαρίων και συνήθως εναλλάσσονται στην παραγωγή του ωαρίου. Συμβαίνει όμως μερικές φορές η ίδια ωοθήκη να έχει διαδοχικές **ωορρηξίες**. Σποραδικά συμβαίνει να ωριμάζουν την ίδια εποχή περισσότερα από ένα ωοθυλάκια, είτε στην ίδια, είτε και στις δύο ωοθήκες. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ότι μπορεί να βρεθούν συγχρόνως παραπάνω από ένα ωάριο για γονιμοποίηση, με συνέπεια να έχουμε γέννηση περισσότερων από ένα ατόμων.

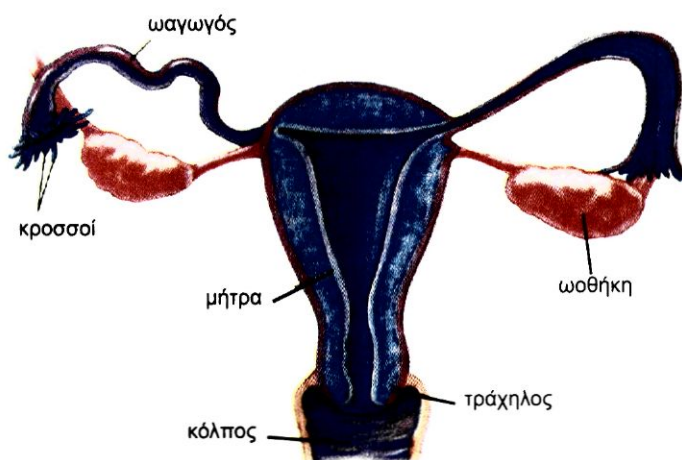
• ΟΙ ΩΑΓΩΓΟΙ

Οι δύο ωαγωγοί ένας για κάθε ωοθήκη είναι στενοί σωλήνες μήκους 11-14 cm. Αρχίζουν από τις ωοθήκες και καταλήγουν στη μήτρα. Μέσω των ωαγωγών γίνεται η μεταφορά του ωαρίου στη μήτρα αλλά είναι και ο συνήθης τόπος όπου γίνεται η **γονιμοποίηση του ωαρίου** (Εικ.7.1.5).

Οι ωαγωγοί ή αλλιώς (σάλπιγγες) έχουν ένα **κροσσωτό** άκρο, τον **κώδωνα** της σάλπιγγας, προς στην μεριά της ωοθήκης και με αυτό συλλαμβάνουν το ωάριο μετά την ωοθυλακιορρηξία και θα το μεταφέρουν με τις κινήσεις των βλεφαρίδων του βλεννογόνου τους στη μήτρα. Σπάνια το γονιμοποιημένο ωάριο παραμένει στον ωαγωγό και τότε μπορεί να έχουμε **εξωμήτρια κύηση** που με την ανάπτυξη του εμβρύου πολλές φορές σπάζει η σάλπιγγα με αποτέλεσμα σοβαρή εσωτερική αιμορραγία, πολύ επικίνδυνη για τη ζωή της εγκύου (**ρήξη σάλπιγγας σε εξωμήτρια κύηση**).

• Η ΜΗΤΡΑ

Οι δύο ωαγωγοί καταλήγουν στη **μήτρα** (Εικ.7.1.5) που είναι ένα κοίλο μυώδες όργανο όπου γίνεται η ανάπτυξη του εμβρύου. Βρίσκεται ανάμεσα στην ουροδόχο κύστη και το ορθό έντερο μέσα στη λεκάνη. Στηρίζεται με διάφορους συνδέσμους. Το τοίχωμα



Εικ. 7.1.5:
Εσωτερικά όργανα του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος.

της μήτρας αποτελείται εξωτερικά από **περιτόναιο**, ενδιάμεσα από **μυϊκό** χιτώνα πάχους 2cm, και εσωτερικά από **βλεννογόνο** που περιέχει επιθήλιο και αδένες.

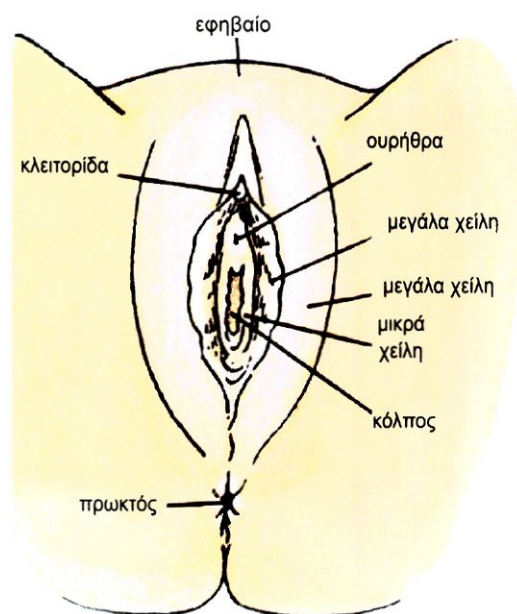
• Ο ΚΟΛΠΟΣ

Το μπροστινό μέρος της μήτρας ονομάζεται **τράχηλος** και καταλήγει στον **κόλπο** (Εικ. 7.1.5). Ο κόλπος είναι ένας **ινομυώδης** σωλήνας, μήκους 8 - 9cm περίπου, που εξυπηρετεί την υποδοχή του πέους για την εκσπερμάτωση κατά την συνουσία και την έξοδο του εμβρύου. Ενώ στον άνδρα η ουρήθρα είναι η κοινή έξοδος των ούρων και του σπέρματος στη γυναίκα η ουρήθρα είναι αποκλειστικά για την έξοδο των ούρων. Ο κόλπος είναι το τελικό τμήμα του γεννητικού συστήματος, πριν από την πρώτη συνουσία το στόμιο του κόλπου φράσσεται μερικώς από μια μεμβράνη τον **παρθενικό υμένα** και έχει μόνο ένα τρήμα (άνοιγμα). Ο παρθενικός υμένας σπάζει σχεδόν πάντοτε με την πρώτη σεξουαλική επαφή.

• ΤΟ ΑΙΔΟΙΟ

Εξωτερικά τα ανοίγματα του κόλπου και της ουρήθρας καλύπτονται από το αιδοίο (εξωτερικά γεννητικά όργανα της γυναίκας). Αποτελείται από δύο ζεύγη **πτυχών** τα **μικρά χείλη** (εσωτερικά) και τα **μεγάλα χείλη** (εξωτερικά) (Εικ. 7.1.6).

Στην πρόσθια ένωση των δύο μικρών χειλέων βρίσκεται η **κλειτορίδα** που είναι μικρό, μεγέθους μπιζελιού στυτικό όργανο, ευαίσθητο, με σπογγώδη ιστό που συγκεντρώνει αίμα κατά τη διάρκεια του σεξουαλικού ερεθισμού όπως το πέος (μικρογραφία πέους). Τόσο η κλειτορίδα όσο και το πέος έχουν κοινή εμβρυϊκή προέλευση, δηλαδή είναι ομόλογα όργανα. Γύρω από το στόμιο του κόλπου, υπάρχουν αδένες που κατά τη σεξουαλική διέγερση εκκρίνουν υγρό για τη διευκόλυνση της εισόδου του πέους.



Εικ. 7.1.6:
Γυναικεία εξωτερικά όργανα



Δημιουργείστε ερωτηματολόγια, ώστε να μάθετε από τους κατοίκους της περιοχής σας τι γνωρίζουν για το αναπαραγωγικό σύστημα του άντρα και της γυναίκας, για τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα και τις μεθόδους αντισύλληψης. Κατατάξτε τα αποτελέσματά σας ηλικιακά και αναζητήστε τις αιτίες διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων με βάση το φύλο και την ηλικία των ερωτώμενων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

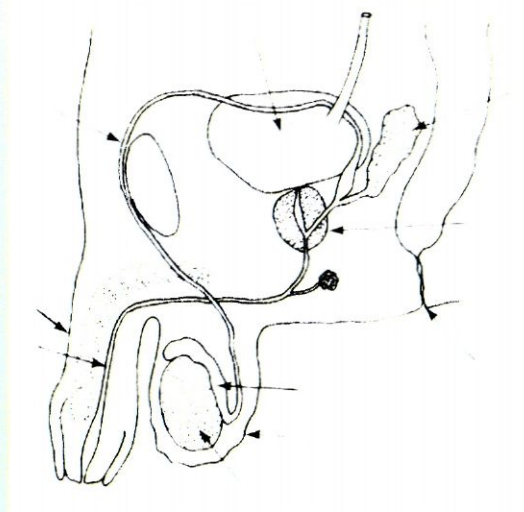
Το γεννητικό σύστημα είναι υπεύθυνο για την παραγωγή των γαμετών (σπερματοζωαρίων - ωαρίων), την γονιμοποίηση και την ανάπτυξη του εμβρύου.

Το γεννητικό σύστημα του άνδρα αποτελείται από τους **δύο όρχεις**, την **εκφορητική οδό** του σπέρματος και το **πέος**. Στους όρχεις παράγονται τα **σπερματοζωάρια** αλλά και ορμόνες. Στην εκφορητική οδό παράγεται μεγάλο μέρος του υγρού του σπέρματος, ενώ αποθηκεύεται και μεταφέρεται το σπέρμα κατά την εκσπερμάτωση. Το πέος αποτελείται από τα δύο σηραγγώδη σώματα και από το σηραγγώδες σώμα της ουρήθρας.

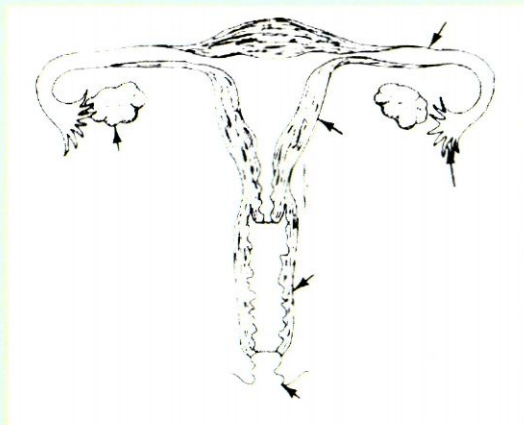
Το γεννητικό σύστημα της γυναίκας αποτελείται από τις **δύο ωοθήκες**, τους **ωαγωγούς** και τη **μήτρα**, τον **κόλπο** και το **αιδοίο**. Οι ωοθήκες παράγουν τα **ωάρια** αλλά και ορμόνες. Τα ωάρια παράγονται με ρυθμό κυκλικής εναλλαγής. Οι ωαγωγοί μεταφέρουν το ωάριο στην μήτρα και είναι ο συνηθής τόπος γονιμοποίησης του ωαρίου. Η μήτρα είναι ένα μυώδες όργανο όπου γίνεται η ανάπτυξη του εμβρύου. Στην είσοδο της μήτρας υπάρχει ο **κόλπος**, όπου γίνεται η υποδοχή του πέους. Το **αιδοίο** αποτελεί το εξωτερικό τμήμα του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος και αποτελείται από δύο ζεύγη πτυχών (τα χείλη) και την κλειτορίδα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς καθορίζονται και ποια είναι τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου;
2. Από ποια μέρη αποτελείται το αναπαραγωγικό σύστημα του άνδρα.
3. Τι είναι κρυφορχία;
4. Ποιος είναι ο ρόλος των όρχεων στα διάφορα στάδια της ανάπτυξης και της ζωής ενός αρσενικού ατόμου;
5. Τι είναι ο προστάτης;
6. Σε ποιο μέρος του αναπαραγωγικού συστήματος συναντάμε τα σπέρμα και τα σπέρμα και ποιος είναι ο ρόλος τους;
7. Τι είναι ο βάλανος, η ακροποσθία και τι η φίμωση;
8. Ποιες οι διαφορές μεταξύ όρχεων και ωοθηκών ως προς την παραγωγή των σπερματοζωαρίων και των ωαρίων;
9. Τι είναι η εξωμήτρια κύηση;
10. Η γονιμοποίηση του ωαρίου γίνεται (Σημειώστε τη σωστή απάντηση)
α. Στους ωαγωγούς; β. Στον κόλπο; γ. Στην μήτρα; δ. Στο αιδοίο;
11. Στο διπλανό σχήμα να συμπληρώσετε τις ενδείξεις



12. Στο διπλανό σχήμα να συμπληρώσετε τις ενδείξεις



7.2 ΕΜΜΗΝΟΡΥΣΙΑΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

7.2.1 Γενικά

Αντίθετα με τη σπερματογένεση στα αρσενικά, η ωογένεση στα θηλυκά άτομα δεν είναι μία συνεχής διαδικασία. Η ωογένεση είναι μια ακολουθία εναλλασσόμενων γεγονότων, τα οποία επαναλαμβάνονται από μόνα τους σε κυκλική μορφή. Αυτός ο κύκλος της εναλλαγής των φάσεων της λειτουργίας του αναπαραγωγικού συστήματος της γυναίκας αποτελεί τον **εμμηνορυσιακό ή έμμηνο κύκλο**.

Αν εξετάσουμε τον έμμηνο κύκλο της γυναίκας με λεπτομέρεια, εκείνο το οποίο θα μας εντυπωσιάσει είναι ότι ο κύκλος αυτός έχει μια πλήρη κυκλική λειτουργία η οποία συντονίζεται από ορμόνες. Ο έμμηνος κύκλος της γυναίκας διαρκεί 28 ημέρες.

Στατιστικά μόνον το 30% των γυναικών έχουν σταθερό κύκλο 28 ημερών. Συνήθως ο εμμηνορυσιακός κύκλος διαφέρει από γυναίκα σε γυναίκα και μπορεί να κυμαίνεται από 20 έως 40 ημέρες.

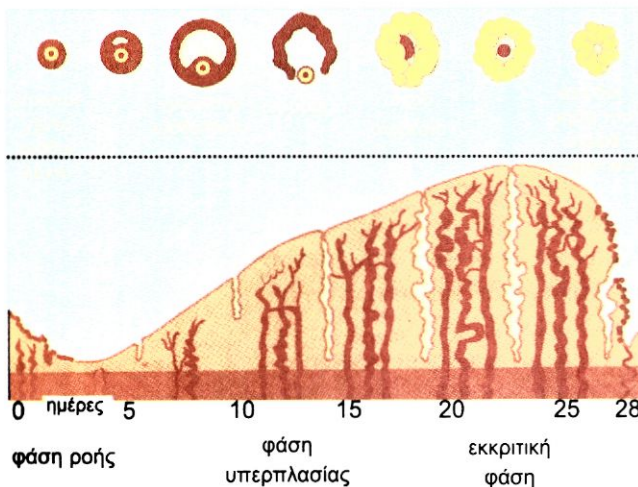
7.2.2 Οι φάσεις του έμμηνου κύκλου

Ο όρος “έμμηνος κύκλος” ή “ενδομήτριος κύκλος” αναφέρεται στις περιοδικές αλλαγές που συμβαίνουν στο ενδομήτριο κατά τη διάρκεια του κύκλου. Η πρώτη ημέρα της γυναικείας “περίοδου”, η οποία είναι η πρώτη ημέρα της έμμηνης ρύσης, ορίζεται ως η πρώτη ημέρα του κύκλου (Εικ.7.2.1).

Η έμμηνη αιμορραγία μερικές φορές ονομάζεται “**φάση ροής**” του κύκλου και συνήθως διαρκεί για λίγες ημέρες (1-5 ημέρες). Ακολούθως, το ενδομήτριο αρχίζει να αυξάνεται σε πάχος για μία ή δύο εβδομάδες και η διάρκεια αυτή ονομάζεται “**φάση υπερπλασίας**” του έμμηνου κύκλου, όπου υπό την επίδραση ορμονών (οιστρογόνα) πολλαπλασιάζονται τα κύτταρα του βλεννογόνου της μήτρας.

Κατά τη διάρκεια της επόμενης φάσης “**φάση έκκρισης**” η οποία διαρκεί συνήθως δύο εβδομάδες (14^η-28^η ημέρα) το ενδομήτριο υπό την επίδραση της προγεστερόνης, καθώς συνεχίζει να “αυξάνεται” αγγειώνεται και αιματώνεται περισσότερο ενώ εκκρίνει υγρό πλούσιο σε γλυκογόνο. Εάν δεν εμφυτευθεί έμβρυο στα εσωτερικά τοιχώματα της μήτρας στο τέλος της εκκριτικής φάσης, τότε αρχίζει μια καινούργια έμμηνη ροή, ορίζοντας έτσι την πρώτη ημέρα του επόμενου έμμηνου κύκλου.

Παράλληλα, ο έμμηνος κύκλος είναι ένας **ωθητικός** κύκλος (της ωθήκης). Αυτός αρχίζει με τη **φάση του ωθυλακίου**, βρίσκεται κάτω



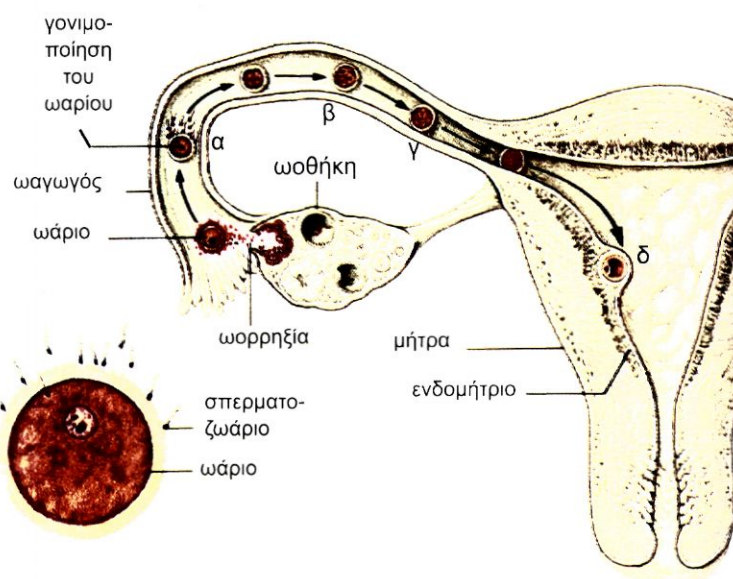
Εικ. 7.2.1:

Εμμηνορυσιακό κύκλος στη γυναίκα. Διακρίνεται ο κύκλος ανάπτυξης του ωαρίου και οι αλλαγές στο ενδομήτριο από την επίδραση της προγεστερόνης και των οιστρογόνων. Οι αλλαγές αυτές παρατηρούνται όταν δεν γονιμοποιείται το ωάριο.

από τον έλεγχο της υπόφυσης και περιλαμβάνει την ωρίμανση ενός ωοθυλακίου ενώ ρυθμίζεται από οιστρογόνα. Όπως στους όρχεις γίνεται η σπερματογένεση, έτσι και στις ωοθήκες γίνεται η ωογένεση, δηλαδή η παραγωγή ωαρίων.

Από τα πολλά ωοθυλάκια που αρχίζουν να αναπτύσσονται στο εσωτερικό της ωοθήκης συνήθως μόνον ένα συνεχίζει να αυξάνεται και να ωριμάζει σε κάθε κύκλο, ενώ τα άλλα εκφυλίζονται και γίνονται **ατρητικά**. Το ώριμο ωοθυλάκιο ονομάζεται **γραφιανό ωοθυλάκιο** και προβάλλει με πολύ λεπτά τοιχώματα στην επιφάνεια της ωοθήκης, σαν ένα μικρό έπαρμα. Ένα ωοθυλάκιο μεγαλώνει περίπου από 0.05 έως 12 mm σε διάμετρο.

Η φάση του ωοθυλακίου τελειώνει με την **ωορρηξία** (ή ωοθυλακιωρρηξία), όταν δηλαδή το ωοθυλάκιο και το προσκείμενο τοίχωμα της ωοθήκης διαρραγούν αποδίδοντας **το ώριμο κύτταρο (ωάριο)**. Ο ιστός του ωοθυλακίου που παραμένει στην ωοθήκη μετά την ωορρηξία μετασχηματίζεται στο **ωχρο σωμάτιο**, το οποίο εν συνεχεία εκκρίνει την προγεστερόνη. Αυτή η 2η φάση του ωοθυλακικού κύκλου ονομάζεται **ωχρινική φάση του ωοθητικού κύκλου**. Ο επόμενος κύκλος αρχίζει με την ανάπτυξη νέων ωοθυλακίων.



Εικ. 7.2.2:

Γονιμοποίηση του ωαρίου, ωοθυλακιορρηξία, γονιμοποίηση του ωαρίου και εγκατάσταση του γονιμοποιηθέντος ωαρίου στο τοίχωμα της μήτρας.

7.2.3 Η ορμονική ρύθμιση του εμμηνορρυσιακού κύκλου.

Ο ενδομήτριος και ωοθηκικός κύκλος συγχρονίζονται από ορμόνες του υποθαλάμου και της υπόφυσης, με τέτοιον τρόπο ώστε η ωρίμανση του ωοθυλακίου και η ωορρηξία να συμβαδίζουν με την προετοιμασία του ενδομητρίου για την πιθανή εγκατάσταση ενός εμβρύου στα τοιχώματα της μήτρας. Οι ορμόνες συμμετέχουν σε ένα συνεργαζόμενο σχήμα, αναπτύσσοντας μηχανισμούς θετικών και αρνητικών αλληλορυθμίσεων. Αυτές οι ορμόνες είναι: η **εκλυτική γοναδοτροπίνη (GnRH)**, ορμόνη η οποία εκκρίνεται από τον υποθάλαμο, η **εκλυτική γοναδοτρόπος ορμόνη του ωοθυλακίου (ωοθυλακιότροπος) (FSH)** και η **ωχρινότροπος ή ωχρινοποιητική ορμόνη (LH)**. Οι δύο τελευταίες γοναδοτροπικές ορμόνες εκκρίνονται από την πρόσθια υπόφυση. Τα **οιστρογόνα (οιστραδιόλη, οιστρόνη και**



Η γέννηση της Louise Brown, του “πρώτου μωρού του σωλήνα”, προκάλεσε συγκίνηση σ’ ολόκληρο τον κόσμο και ήταν αποτέλεσμα επίμονων και επίπονων ερευνών πολλών επιστημόνων βιολόγων, προκειμένου να κατανοήσουν τις λεπτομέρειες της αναπαραγωγής στον άνθρωπο, της εμφύτευσης και της ανάπτυξης του εμβρύου. Βρείτε τι ακριβώς σημαίνει η έκφραση “παιδί του σωλήνα”. Συζητήστε για το ποιός μπορεί να αφορά η μέθοδος της εξωσωματικής γονιμοποίησης. Για να γίνει εφικτή αυτή η δυνατότητα, χρειάστηκε να αυξηθεί η γνώση σε ορισμένους επιστημονικούς τομείς. Συζητήστε ποιούς.

ΩΟΓΕΝΕΣΗ

Οι ωοθήκες αποτελούνται κυρίως από συνδετικό ιστό και όπως οι όρχεις έχουν βλαστικό επιθήλιο το οποίο βρίσκεται στο εξωτερικό των ωοθηκών. Αρχέγονα βλαστικά κύτταρα από το βλαστικό επιθήλιο της ωοθήκης, διαιρούνται με μίτωση και σχηματίζουν ωογόνια που περιβάλλονται από θυλακοειδή (κοκκώδη) κύτταρα τα οποία προέρχονται και αυτά από μιτωτική διαίρεση του επιθηλίου. Τα θυλακοειδή κύτταρα και τα έγκλειστα ωογόνια αποτελούν τα πρωτογενή ωοθυλάκια. Αυτά στη συνέχεια μεταναστεύουν στο εσωτερικό της ωοθήκης. Κατά τη γέννηση, στις ανθρώπινες ωοθήκες υπάρχουν πάνω από 1.000.000 τέτοια πρωτογενή ωοθυλάκια. Αυτά παραμένουν λανθάνοντα μέχρι την εφηβεία.

Στη συνέχεια, οι ορμόνες της υπόφυσης αρχίζουν να εκκρίνονται σε μεγαλύτερες ποσότητες ώστε να διεγείρονται περισσότερο τα ωοθυλάκια που βρίσκονται σε ωρίμανση, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου των οιστρογόνων ορμονών, σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκληθεί η ανάπτυξη παραγωγικού ενδομητρίου. Σε μια γυναίκα, μόνο 400, περίπου, πρωτογενή ωοθυλάκια ωριμάζουν φυσιολογικά κατά την αναπαραγωγική της περίοδο. Η περίοδος αυτή διαρκεί περίπου 30-40 χρόνια. Μετά, τα ωοθυλάκια παύουν να αναπτύσσονται (εμμηνόπαυση). Όσα πρωτογενή ωοθυλάκια έχουν εναπομείνει, εκφυλίζονται σε ατρητικά ωοθυλάκια και παραμένουν στις ωοθήκες.

οιστρίολη) και η προγεστερόνη εκκρίνονται από την ωοθήκη (ωοθηκικές ορμόνες). Οι διάφορες φάσεις της ζωής ενός υπό γονιμοποίηση ωαρίου φαίνονται στην Εικ. 7.2.2. Κατά τη διάρκεια της φάσης του ωοθυλακίου η υπόφυση εκκρίνει μικρές ποσότητες των ορμονών FSH και LH σε ανταπόκριση της διέγερσής της από την ορμόνη GnRH του υποθαλάμου. Η FSH διεγείρει την ωρίμανση των ωοθυλακίων των οποίων τα κύτταρα με τη σειρά τους διεγείρονται για να παράγουν και να εκκρίνουν οιστρογόνα.

Αμέσως μετά την ωορρηξία η ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη διεγείρει την μετατροπή του εναπομείναντος ιστού του ωοθυλακίου στο ωχρό σωματίο το οποίο με τη σειρά του εκκρίνει οιστρογόνα και μια δεύτερη στεροειδική ορμόνη την προγεστερόνη. Το ωχρό σωματίο συνήθως φτάνει στην μεγαλύτερη ανάπτυξή του περίπου 8-10 ημέρες μετά την ωορρηξία. Τα επίπεδα των οιστρογόνων και της προγεστερόνης μειώνονται απότομα προς το τέλος της ωχρινικής φάσης. Εάν τα επίπεδα των ορμονών της ωοθήκης είναι χαμηλά, αυτό θα δράσει διεγερτικά στον υποθάλαμο και την υπόφυση, διεγείροντας το μηχανισμό παραγωγής ορμονών. Η υπόφυση τότε θα αρχίσει να εκκρίνει εκ νέου μεγαλύτερες ποσότητες της θυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH), η οποία με τη σειρά της θα προκαλέσει την ανάπτυξη νέων ωοθυλακίων, όταν θα αρχίσει ένας νέος κύκλος της ωοθήκης.

Θα λέγαμε λοιπόν πως ο ένας γεννητικός κύκλος ακολουθεί τον άλλο, με την ταυτόχρονη ωρίμανση και απελευθέρωση ωαρίων από την ωοθήκη και μέσα από αυτούς τους κύκλους το φυσιολογικό ενδομήτριο αποτελεί τον καθρέφτη της ωοθηκικής λειτουργίας και αντανάκλα όχι μόνο το είδος των εκκρινόμενων ορμονών αλλά και τη στάθμη τους στο αίμα. Απουσία εγκυμοσύνης, αρχίζει ένας νέος εμμηνορρησιακός κύκλος, με την ανάπτυξη ενός ωοθυλακίου, περίπου 14 ημέρες μετά την προηγούμενη ωορρηξία.

Τα οιστρογόνα εκτός από το ρόλο τους στον συγχρονισμό του γεννητικού κύκλου είναι επίσης υπεύθυνα για τα δευτερεύοντα φυλετικά χαρακτηριστικά των γυναικών. Οι ορμόνες αυτές οδηγούν σε εναπόθεση λίπους στους μαστούς και στους γοφούς, αυξάνουν την παρακράτηση του νερού, επηρεάζουν τον μεταβολισμό του ασβεστίου, διεγείρουν την ανάπτυξη του στήθους και μεσολαβούν στην γυναικεία σεξουαλική συμπεριφορά.

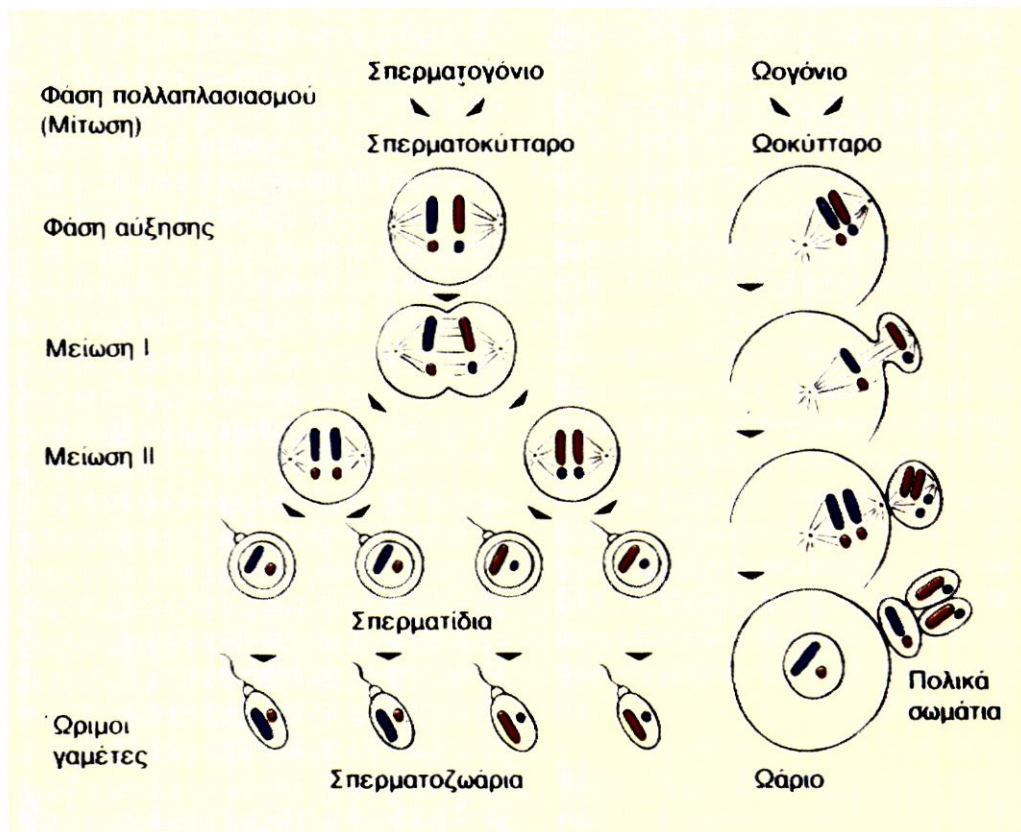
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο “έμμηνος” ή “ενδομήτριος” αναπαραγωγικός κύκλος στα θηλυκά άτομα, συνίσταται από περιοδικές αλλαγές που συμβαίνουν στο ενδομήτριο κυκλικά κάθε 28 ημέρες. Η πρώτη ημέρα του κύκλου αρχίζει με την “**έμμηνη ρύση**”. Ο εμμηνορυσιακός κύκλος ρυθμίζεται ορμονικά κυρίως από τα **οιστρογόνα**. Η **ωορρηξία** είναι το τέλος του κύκλου και οδηγεί στην ωρίμανση και απελευθέρωση ενός μόνο ωαρίου. Εάν το ωάριο δεν γονιμοποιηθεί και δεν εμφυτευθεί στα προετοιμασμένα τοιχώματα της μήτρας, εκφυλίζεται, δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για την έναρξη ενός νέου κύκλου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι συμβαίνει στα τοιχώματα της μήτρας αμέσως μετά την ωρίμανση του ωαρίου; Τι εξυπηρετεί αυτή η αλλαγή;
2. Ποια είναι η κύρια διαφορά, ανάμεσα στη σπερματογένεση (παραγωγή των σπερματοζωαρίων) στα αρσενικά και την ωογένεση (παραγωγή ωαρίων) στα θηλυκά άτομα του ανθρώπου;
3. Προσπαθήστε να διαπιστώσετε τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην πορεία ωρίμανσης του ωαρίου, στις αλλαγές στα τοιχώματα της μήτρας και στην εμφάνιση της "περιόδου".
4. Να συμπληρώσετε το παρακάτω κείμενο με τις κατάλληλες λέξεις ή εκφράσεις:

Ο εμμηνορυσιακός κύκλος είναι μια διαδικασία. Κατά τη διάρκειά της συμβαίνουν μεταβολές στα της μήτρας. Αυτές οι μεταβολές συσχετίζονται με τη διαδικασία προετοιμασίας της χρονικά και για να υποδεχθεί το έμβρυο που θα σχηματιστεί, αν το Η εμφάνιση της περιόδου σημαίνει επαναφορά των της μήτρας σε φυσιολογική κατάσταση στην περίπτωση που το δεν



Εικ. 7.3.1:

Στάδια γαμογένεσης ζωικών οργανισμών. Αριστερά η δημιουργία γαμετών αρσενικών ατόμων (σπερματογένεση) και δεξιά η δημιουργία γαμετών θηλυκών ατόμων (ωογένεση).

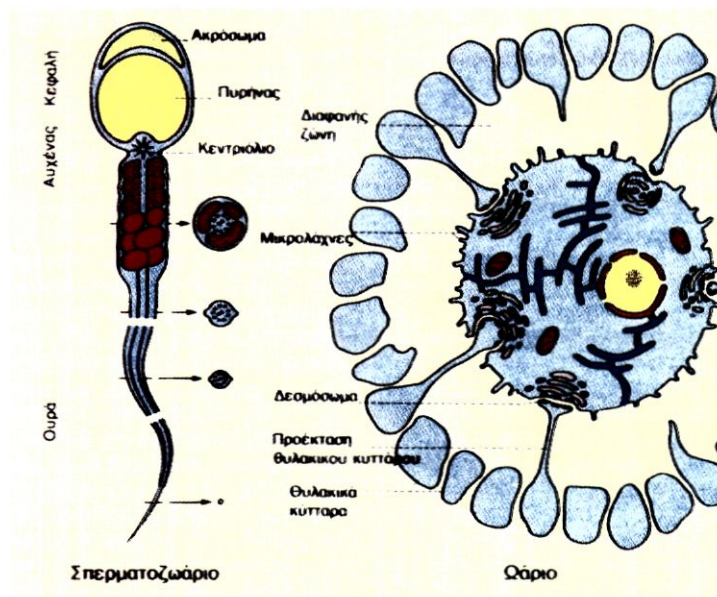
7.3 ΓΑΜΕΤΟΓΕΝΕΣΗ

Είναι η διαδικασία με την οποία δημιουργούνται, με σειρά διαδοχικών διαιρέσεων, οι **γαμέτες** (από τα γεννητικά κύτταρα). Αυτοί είναι τα ωάρια στη γυναίκα και τα σπερματοζωάρια στον άνδρα. (Εικ. 7.3.1)

7.3.1. Σπερματογένεση

Κατά την εφηβεία, ορισμένα κύτταρα των όρχεων (Εικ.7.3.1) που λέγονται σπερματογόνια διεγείρονται από την θυλακιοτρόπο ορμόνη της υπόφυσης και αναπαράγονται μιτωτικά. Έτσι, δημιουργούνται τα σπερματοκύτταρα, τα οποία θα αρχίσουν τη μείωση και θα δημιουργήσουν τις σπερματίδες. Αυτές είναι απλοειδή κύτταρα, δηλαδή η κάθε μία έχει 23 χρωμοσώματα, και αποτελείται από σημαντική ποσότητα κυτταροπλάσματος. Στη συνέχεια μετατρέπονται σε σπερματοζωάρια, αφού χάσουν όλο σχεδόν το κυτταρόπλασμα και σχηματίσουν μια μακρόστενη κατασκευή την ουρά. (Εικ.7.3.2). Κάθε σπερματοζωάριο, συνεπώς αποτελείται από την κεφαλή, το ενδιάμεσο τμήμα ή αυχένα και την ουρά.

Η κεφαλή περιέχει τον απλοειδή πυρήνα και στο κυτταρόπλασμα τα ένζυμα που θα βοηθήσουν ώστε το σπερματοζωάριο να εισέλθει στο ωάριο. Το ενδιάμεσο τμήμα περιέχει πολλά μιτοχόνδρια, τα οποία προσφέρουν την απαραίτητη ενέργεια για την κίνηση του σπερματοζωαρίου. Η ουρά, τέλος, συμβάλλει στην κίνησή του ώστε να συναντήσει το ωάριο.



Εικ. 7.3.2:

Τελική μορφή γαμετών.

Αριστερά: σπερματοζωάριο, δεξιά: ωάριο.

Διακρίνονται τα δομικά στοιχεία τους.

Το σπερματοζωάριο απεικονίζεται σε πολύ μεγαλύτερη μεγέθυνση από το ωάριο.

7.3.2 Ωογένεση

Η ωογένεση γίνεται στις ωοθήκες (Εικ.7.3.1, Εικ.7.1.4). Στην διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης του θηλυκού ατόμου σχηματίζονται μέσα στις ωοθήκες αρκετές εκατοντάδες μικροσκοπικών δομών που λέγονται **ωοθυλάκια**. Κάθε ωοθυλάκιο περιέχει ένα κύτταρο, το ωογόνο, το οποίο θα εξελιχθεί σε **ωάριο**, στο θηλυκό δηλαδή γαμέτη (Εικ. 7.3.2).

Η μείωση αρχίζει σ' όλα τα ωογόνα στην εμβρυϊκή ζωή, προχωρεί μέχρι το τέλος της πρόφασης και τότε σταματά, μέχρις ότου αρχίσει

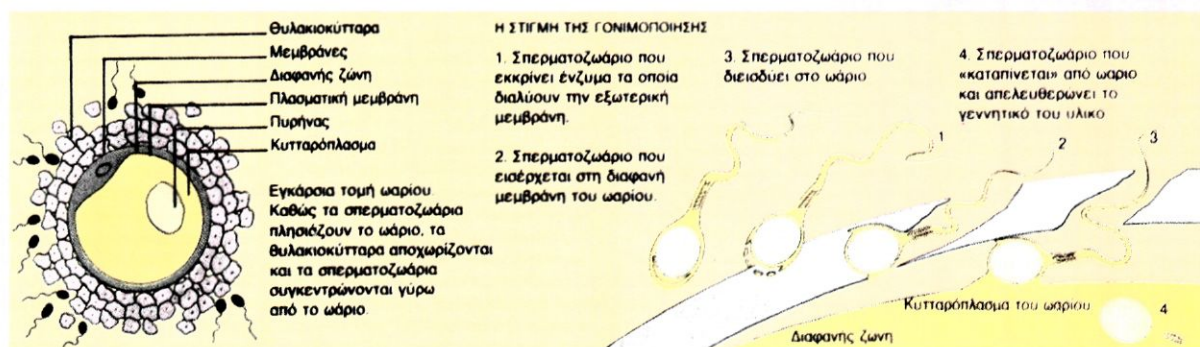
η ωρίμανση των ωοθυλακίων κατά την εφηβεία. Έτσι, όλα τα ωοκύτταρα παραμένουν στην πρόφαση για δώδεκα τουλάχιστον χρόνια. Κάθε μήνα ωριμάζει ένα ωοθυλάκιο, εναλλάξ σε κάθε ωοθήκη και το ωοκύτταρο συμπληρώνει την πρώτη του μειωτική διαίρεση. Αυτά τα ωοκύτταρα μαζί με μία στεφάνη κυττάρων που τα περιβάλλουν αποτελούν τα ωάρια που ελευθερώνονται από τα ωοθυλάκια.

Η δεύτερη μειωτική διαίρεση συμβαίνει αμέσως μετά την είσοδο του σπερματοζωαρίου μέσα στο

Εικ. 7.3.4:

Γονιμοποίηση ενός ωαρίου από ένα σπερματοζωάριο (σχηματική αναπαράσταση).

Σχηματική παράσταση γονιμοποίησης ενός ωαρίου από σπερματοζωάριο.



ωάριο (διαφορετικά είναι δυνατόν να μην συμβεί ποτέ).

Κατά την δημιουργία του ωαρίου και συγκεκριμένα μετά την ανάφαση Ι της μείωσης, όλο σχεδόν το κυτταρόπλασμα παραμένει με τον έναν από τους δύο θυγατρικούς πυρήνες, κι έτσι δημιουργείται ένα μεγάλο κύτταρο κι ένα πολύ μικρό που λέγεται πολικό σωματίο. Στην συνέχεια, όταν τα δύο κύτταρα αρχίσουν την δεύτερη μειωτική διαίρεση το κυτταρόπλασμα του μεγάλου κυττάρου παραμένει και πάλι ανέπαφο, έτσι ώστε τελικά να πάρουμε ένα απλοειδές κύτταρο με 23 χρωμοσώματα που έχει όλο το κυτταρόπλασμα και είναι το ωάριο, και πολικά σωματίδια που δεν συνεισφέρουν τίποτε στην ωογένεση.

Το κυτταρόπλασμα φαίνεται να εξυπηρετεί την θρέψη του ζυγωτού πριν από την προσκόλλησή του στο τοίχωμα της μήτρας, κατά τις πρώτες μέρες μετά την γονιμοποίηση.

7.3.3 Γονιμοποίηση

Κατά την εκσπερμάτωση απελευθερώνονται περίπου 200 – 300 εκατομμύρια σπερματοζωάρια στον κόλπο της γυναίκας και δια μέσου της



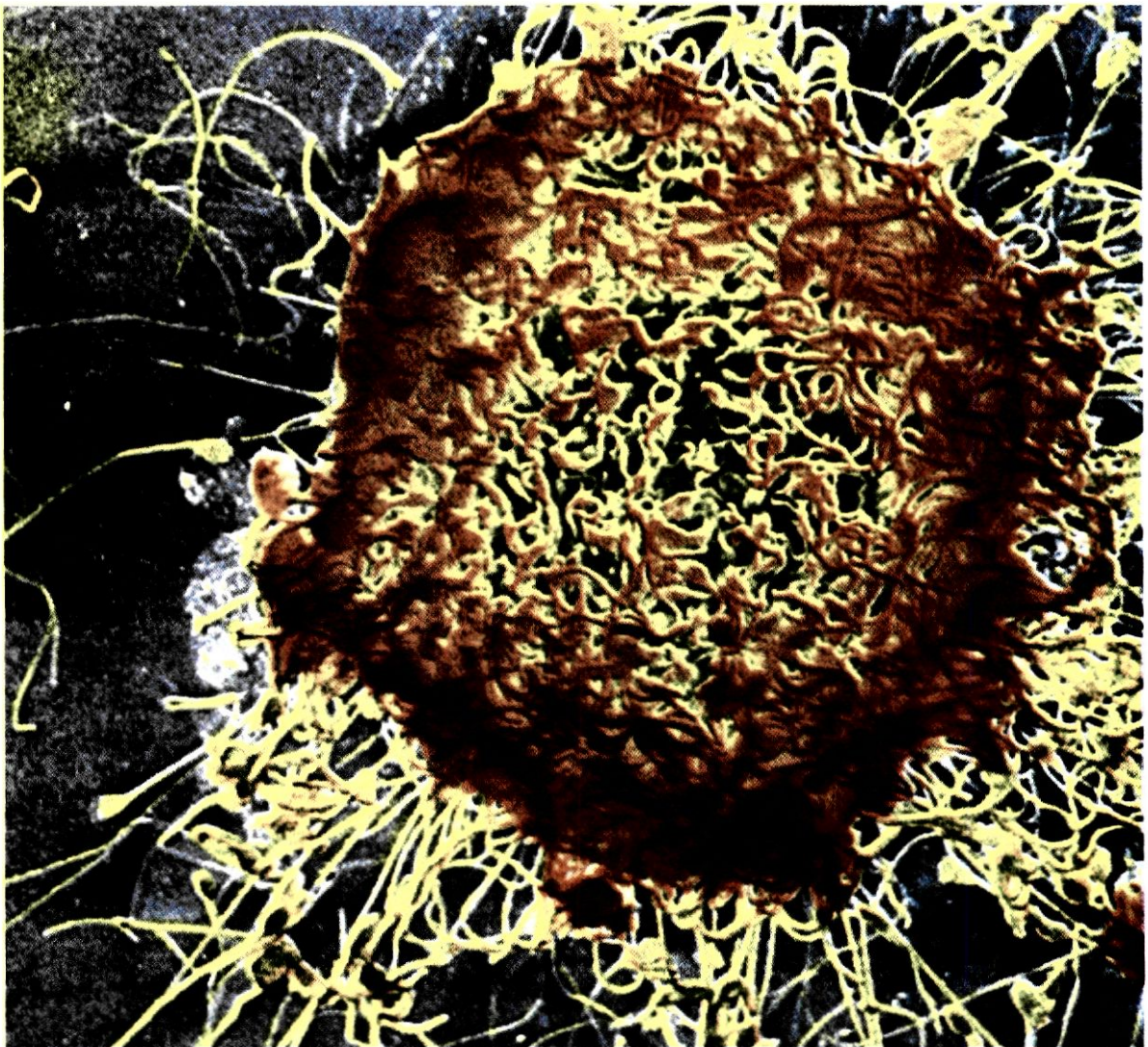
Εικ. 7.3.4β:

Γονιμοποίηση ενός ωαρίου από ένα σπερματοζωάριο (γαλάζιο) από φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

μήτρας κατευθύνονται προς τους αγωγούς (σάλπιγγες). Αν εκεί συναντήσουν ένα ωάριο (Εικ.7.3.4) είναι πολύ πιθανόν να συμβεί η γονιμοποίηση, η σύντηξη δηλαδή των δύο γαμετών και η δημιουργία του ζυγωτού, ενός δηλαδή διπλοειδούς κυττάρου με 46 χρωμοσώματα, από το οποίο με μιτωτικές διαιρέσεις θα προκύψει ο νέος οργανισμός (Εικ.7.3.4).

Η ζωή των σπερματοζωαρίων είναι περιορισμένη και συνήθως χάνουν την ικανότητα γονιμοποίησης μέσα σε 48 ώρες, ενώ το ωάριο μπορεί να γονιμοποιηθεί μόνο μέσα σε 24 ώρες μετά την ωορρηξία. Εάν λοιπόν ο χρόνος είναι κατάλληλος και για τους δύο γαμέτες, η γονιμοποίηση θα γίνει στο ανώτερο τμήμα του αγωγού.

Κατά την γονιμοποίηση, η κεφαλή ενός μόνο σπερματοζωαρίου θα διαπεράσει το τοίχωμα του ωαρίου, με την βοήθεια κατάλληλων ενζύμων και



Εικ. 7.3.5:

Η "πολιορχία" ενός ωαρίου από τα σπερματοζωάρια

θα εισχωρήσει στο ωάριο (Εικ.7.3.5).

7.4 ΚΥΗΣΗ – ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΚΥΗΣΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΜΒΡΥΟΥ – ΑΝΑΓΚΕΣ ΜΗΤΕΡΑΣ / ΕΜΒΡΥΟΥ – ΤΟΚΕΤΟΣ

7.4.1 Αυλάκωση

Περίπου τριάντα ώρες μετά την γονιμοποίηση το ζυγωτό αρχίζει να διαιρείται μιτωτικά σε δύο κύτταρα στην αρχή, μετά δέκα ώρες ακολουθεί η δεύτερη και τρεις μέρες μετά η τρίτη μιτωτική διαίρεση. Κατά την διάρκεια αυτών των διαιρέσεων (αυλακώσεων) το ζυγωτό κινείται αργά προς την μήτρα. Στο τέλος των τεσσάρων ημερών, το ζυγωτό φθάνει εκεί.

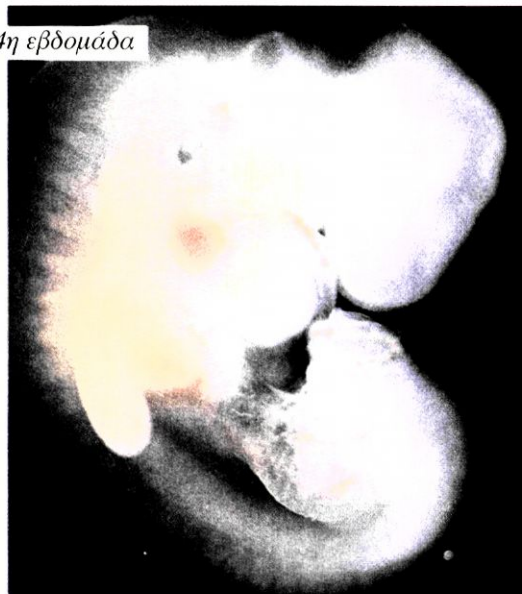
Αποτελείται τώρα από 32 κύτταρα, αλλά έχει διατηρήσει σταθερό το μέγεθός του. Έτσι δημιουργείται ένα συσσωμάτωμα κυττάρων ιδίου μεγέθους με το ζυγωτό που λέγεται μορίδιο. Τα κύτταρα, καθώς πολλαπλασιάζονται, τοποθετούνται προς την περιφέρεια σχηματίζοντας μία κοίλη σφαίρα, το βλαστίδιο. Όσο προχωρούν οι μιτωτικές διαιρέσεις η εξωτερική στιβάδα των κυττάρων του βλαστιδίου σχηματίζει την τροφοβλάστη που θα εξασφαλίσει την σύνδεση του βλαστιδίου με την μήτρα.

Τα κύτταρα της τροφοβλάστη παράγουν κατάλληλα ένζυμα που εισχωρούν στο ενδομήτριο σχηματίζοντας προεκβολές που στην συνέχεια θα δώσουν το χόριο. Από την στιγμή της προσκόλλησης του εμβρύου στο ενδομήτριο (εμφύτευση) αρχίζει η κύηση.

Η τροφοβλάστη εκκρίνει την χοριακή γοναδοτροπίνη (HCG), ορμόνη η οποία αναστέλλει την έμμηνο ρύση. Στην συνέχεια σχηματίζεται ο πλακούντας από το χόριο του εμβρύου και από ιστούς της μήτρας. Παράλληλα δημιουργείται ο αμνιακός σάκος, με την αμνιακή κοιλότητα και ο εμβρυϊκός δίσκος, η μάζα δηλαδή των κυττάρων που θα εξελιχθεί σε έμβρυο.

Προς το τέλος της δεύτερης εβδομάδας, εμφανίζεται ο λεκιθικός σάκος, ο οποίος αρχίζει να παράγει τα κύτταρα του αίματος. Κατά την τρίτη εβδομάδα παράγεται η αλλαντοϊκή μεμβράνη, ατροφικός σχηματισμός στον άνθρωπο. Στο μεταξύ η αμνιακή κοιλότητα που περιέχει το έμβρυο, γεμίζει με αμνιακό υγρό που επιτρέπει στο έμβρυο να αιωρείται και το

α. 4η εβδομάδα



β. 6η εβδομάδα



γ. 16η εβδομάδα



Εικ. 7.4.1

Στάδια ανάπτυξης του εμβρύου.

Η έγκυος γυναίκα οφείλει να διακόψει το κάπνισμα επειδή ο καπνός περιέχει επιβλαβείς ουσίες για το έμβρυο. Νεογέννητα που γεννιούνται από γονείς καπνιστές έχουν συνήθως μειωμένο βάρος είναι πιο ασθενικά και παρουσιάζουν σπασμούς αμέσως μετά τον τοκετό. Η υπερβολική κατανάλωση καφέ και οινόπνευματος από την έγκυο μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ανάπτυξη του εμβρύου, όπως επίσης και η χρήση ναρκωτικών ουσιών. Οι ιοί εξάλλου μπορούν να διαπεράσουν τον πλακούντα και να προσβάλουν το έμβρυο. Έτσι, π.χ. αν η έγκυος προσβληθεί από τον ιό της ερυθράς κατά τους πρώτους κυρίως μήνες της κύησης, μπορούν να σημειωθούν σημαντικά προβλήματα στον σχηματισμό των οργάνων του εμβρύου, να προκληθεί κώφωση, καταρράκτης κ.ά.

Προβλήματα μπορούν να προκληθούν επίσης από ιογενείς μολύνσεις της εγκύου (π.χ. έρπητας, ερυθρά, ηπατίτιδα κ.ά.), από μικροβιακές (π.χ. σύφιλη, φυματίωση) και από παρασιτικές μολύνσεις (τοξοπλάσμωση).

Πρέπει επίσης να αποφεύγονται οι ακτινοβολίες κατά την εγκυμοσύνη, όπως οι ακτινογραφίες, επειδή οι ακτίνες Χ μπορούν να προκαλέσουν μεταλλάξεις στα εμβρυικά σωματικά κύτταρα.

Τέλος, η έγκυος πρέπει να έχει ισορροπημένη και πλήρη διατροφή κάτι που είναι πολύ σημαντικό για το έμβρυο. Οι θρεπτικές ουσίες της τροφής συμβάλλουν στην ανάπτυξη του εμβρύου και βοηθούν να παραμείνει υγιής η μητέρα. Έτσι π.χ. έλλειψη αλάτων ασβεστίου, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα οστά και στα δόντια.

προστατεύει από πιέσεις και απότομες κινήσεις. Στο διάστημα αυτό σχηματίζεται και ο ομφάλιος λώρος από τμήματα του λεκιθικού σάκου και της αλλαντοϊκής μεμβράνης και περιλαμβάνει αιμοφόρα αγγεία που έχουν ήδη σχηματισθεί. Ο ομφάλιος λώρος κατά τη γέννηση έχει μήκος 60–70 cm και διάμετρο 1 cm, και συνδέει το έμβρυο με τον πλακούντα. Ο πλακούντας μεγαλώνει σταδιακά και παίρνει την μορφή δίσκου. Δια μέσου του πλακούντα θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο περνάνε από το αίμα της μητέρας στο αίμα του εμβρύου, ενώ τα άχρηστα προϊόντα (ουρία, CO₂, κ.ά.) του εμβρύου διαχέονται στο μητρικό αίμα. Ανάμειξη του εμβρυϊκού με το μητρικό αίμα δεν γίνεται ούτε στον πλακούντα ούτε σε άλλη περιοχή.

Ο σχηματισμός του πλακούντα ολοκληρώνεται την δεκάτη εβδομάδα. Αυτός εκκρίνει ορμόνες, προγεστερόνη και οιστρογόνα, που εμποδίζουν την ωρίμανση νέων ωοθυλακίων και έτσι συνεχίζει να αναστέλλεται η έμμηνος ρύση της εγκύου. Όταν αναπτυχθεί πλήρως ο πλακούντας έχει διάμετρο 20 cm και πάχος 3 cm. Η συνολική επιφάνειά του ανέρχεται σε 14 m² χάρη στις πολυάριθμες αναδιπλώσεις του και περιέχει ένα εκτεταμένο δίκτυο τριχοειδών αγγείων. Παράλληλα με τον σχηματισμό του πλακούντα, προς το τέλος της δεύτερης εβδομάδας αναπτύσσεται το έμβρυο από τον εμβρυϊκό δίσκο, ο οποίος αποτελείται από τρεις στιβάδες κυττάρων. Το **εξώδερμα** απ' όπου σχηματίζεται το **νευρικό σύστημα** και το **δέρμα**, το **μεσόδερμα** που θα σχηματίσει τα **οστά**, τους **μυς**, την **καρδιά**, τα **νεφρά**, τα **άκρα** και τέλος το **ενδόδερμα** που θα σχηματίσει τον **γαστρεντερικό σωλήνα** και τους **πνεύμονες**.

Λίγο μετά την 20^η ημέρα διακρίνονται τα δύο άκρα του σώματος καθώς και το δεξιό και το αριστερό πλάγιο, και το έμβρυο έχει μήκος 0,6 cm. Την πέμπτη εβδομάδα το κεφάλι μεγαλώνει δυσανάλογα σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα, επειδή γίνεται ο πολλαπλασιασμός και η διαφοροποίηση των νευρικών κυττάρων.

Την έκτη εβδομάδα αρχίζει η παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων από το ήπαρ και διαμορφώνονται τα δάχτυλα. Τις επόμενες εβδομάδες σχηματίζεται ο χόνδρινος σκελετός. Μέχρι το τέλος του τρίτου μήνα έχει αρχίσει η ανάπτυξη όλων των οργάνων του εμβρύου (Εικ.7.4.1).

Στο δεύτερο τρίμηνο το έμβρυο αποκτά το

τριχωτό της κεφαλής, βλεφαρίδες και νύχια. Αρχίζει η αντικατάσταση του χόνδρινου σκελετού από οστίτη ιστό. Το έμβρυο θηλάζει το δάκτυλό του, ουρεί στο αμνιακό υγρό και από τον πέμπτο μήνα αρχίζουν οι κινήσεις των άκρων, εφόσον αναπτύσσεται το μυϊκό του σύστημα. Ζυγίζει περίπου 450 gr. και έχει μήκος 20 cm τέλος την περίοδο αυτή σχηματίζεται το δέρμα του, το οποίο αρχικά εμφανίζεται ρυτιδωμένο λόγω έλλειψης λίπους.

Στο τέλος του δεύτερου τριμήνου το έμβρυο ζυγίζει περίπου 640 gr, έχει μήκος 25 cm και η μητέρα του το αισθάνεται να "κλωτσάει".

Στο τέλος του έβδομου μήνα έχει συμπληρωθεί η ανάπτυξη όλων των οργάνων, ενώ σταδιακά κάτω από το δέρμα σχηματίζεται μία στιβάδα λίπους. Τελευταία ωριμάζουν το πεπτικό σύστημα και οι πνεύμονες (Εικ.7.4.2).

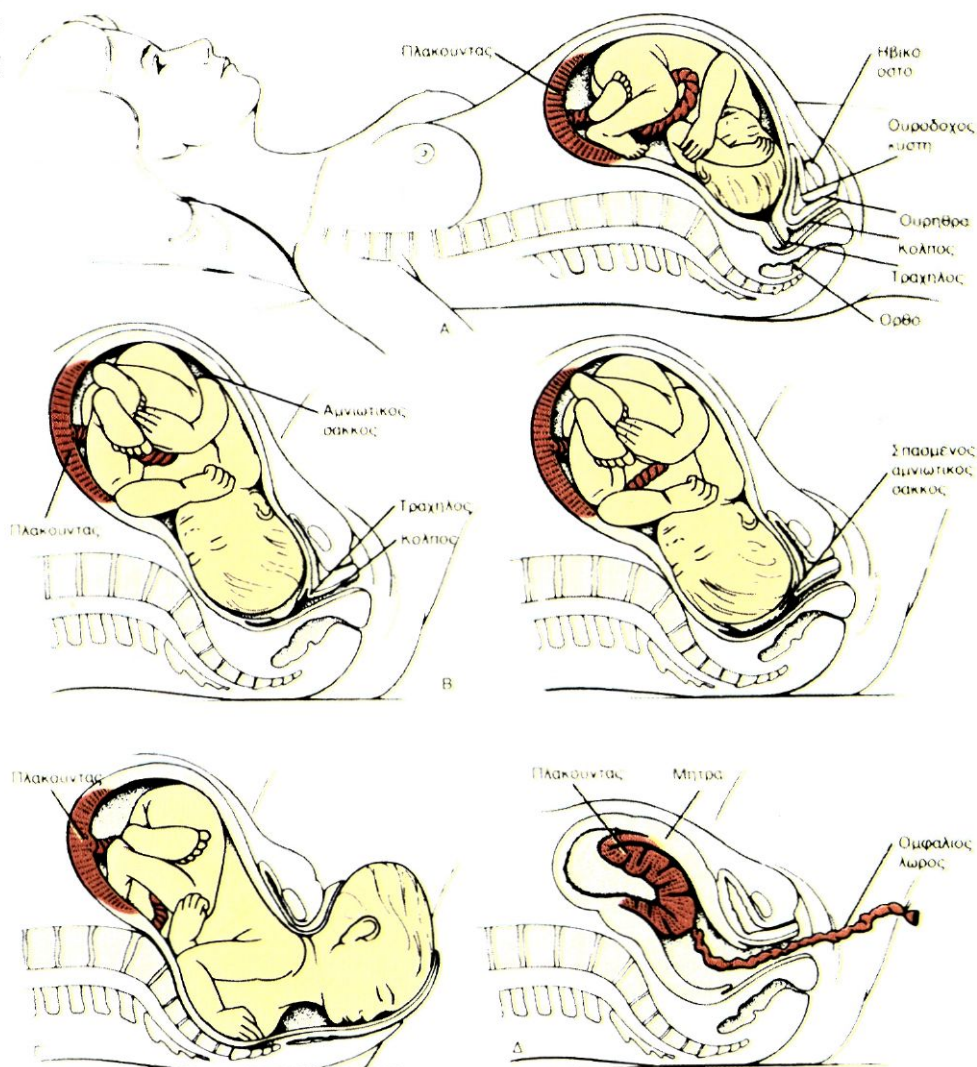
Τοκετός είναι το σύνολο των φυσιολογικών διαδικασιών που συντελούν στην έξοδο του εμβρύου, του πλακούντα και των υμένων από την μήτρα, μέσω του πυελογεννητικού συστήματος της γυναίκας (Εικ.7.4.3).

Για να αρχίσει ο τοκετός απαιτείται διαστολή του στομίου του τραχήλου της μήτρας. Η διαστολή γίνεται βαθμιαία με συστολές του σώματος της μήτρας. Ιδιαίτερη σημασία έχει η ωκυτοκίνη, ορμόνη που εκκρίνεται από την υπόφυση και δρα στους μυς της μήτρας προκαλώντας συστολές.

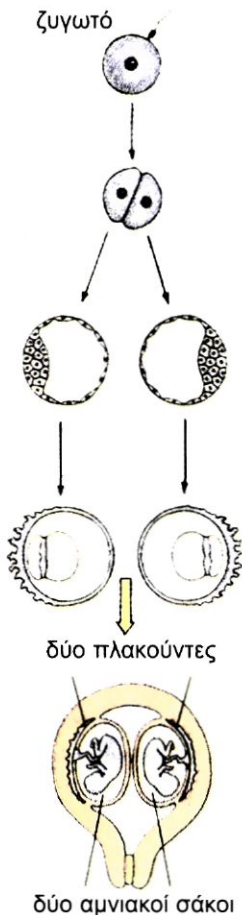
Ο τοκετός περιλαμβάνει τρία στάδια:

Στο πρώτο γίνεται διαστολή του στομίου του τραχήλου της μήτρας. Στην φάση αυτή η γυναίκα αισθάνεται ελαφριές περιοδικές συσπάσεις, και πόνους στο κάτω μέρος της κοιλιάς. Η μήτρα συστέλλεται κάθε 10 – 20 λεπτά. Προς το τέλος του πρώτου σταδίου οι συσπάσεις γίνονται πιο έντονες και συχνές. Είναι πιθανόν να γίνει ρήξη του αμνιακού σάκου, και να φύγει το αμνιακό υγρό να "σπάσουν" δηλαδή τα "νερά". Με την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου που λέγεται και στάδιο διαστολής, η μήτρα αποτελεί ενιαία κοιλότητα με τον κόλπο.

Στο δεύτερο στάδιο ή στάδιο της εξώθησης, η μήτρα συσπάται κάθε ένα, δυο λεπτά. Φυσιολογικά προβάλλει πρώτα το κεφάλι του νεογνού, στην συνέχεια ο ένας ώμος και μετά ο άλλος. Το υπόλοιπο σώμα βγαίνει εύκολα. Μόλις το νεογνό αρχίσει να αναπνέει κανονικά, κόβεται ο ομφάλιος λώρος, περίπου 5 cm από την κοιλιά του νεογνού και τον δένει.



Εικ. 7.4.3:
Τα στάδια του τοκετού.



Εικ. 7.4.4:
Μονοζυγωτικά δίδυμα.

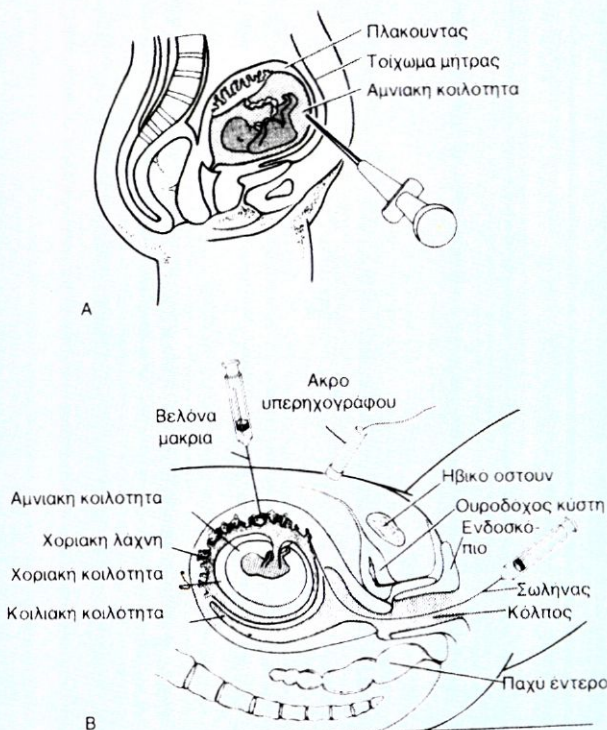
Στην όλη διαδικασία συμβάλλει και μια άλλη ορμόνη, η ρηλαξίνη η οποία ενεργοποιεί τον χόνδρο στην ηβική σύμφυση ώστε να μαλακώσει και να βοηθηθεί έτσι ο τοκετός.

Αμέσως μετά την γέννηση, οι συσπάσεις της μήτρας προκαλούν την αποκόλληση και αποβολή του πλακούντα μαζί με τους υμένες. Έτσι ολοκληρώνεται το τρίτο στάδιο του τοκετού (στάδιο της υστεροτοκίας). Σε μερικές σπάνιες περιπτώσεις είναι δυνατόν το ζυγωτό να μην εγκατασταθεί στην μήτρα αλλά στους ωαγωγούς ή ακόμη και έξω από την ωοθήκη. Στις περιπτώσεις αυτές (εξωμήτρια κύηση) η ανάπτυξη του εμβρύου είναι ατελής και επικίνδυνος γίνεται δε αφαίρεση του εμβρύου με χειρουργική επέμβαση.

Λίγο μετά τον τοκετό το νεογνό αρχίζει να θηλάζει. Ήδη οι μαστοί της μητέρας κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης έχουν προετοιμασθεί κατάλληλα με την δράση της προλακτίνης. Το γάλα ως μόνη τροφή του νεογέννητου για μερικούς μήνες, περιέχει σχεδόν όλες τις απαραίτητες ουσίες για την ανάπτυξή του, καθώς και αντισώματα. Το νεογνό για να αναπτυχθεί χρειάζεται την προστασία και την φροντίδα των γονιών του για αρκετά χρόνια.

Στον άνθρωπο συνήθως ωριμάζει ένα ωάριο κάθε μήνα εναλλάξ από κάθε ωοθήκη. Έτσι συνήθως γεννιέται ένα νεογέννητο σε κάθε

τοκετό. Αν όμως γονιμοποιηθούν δύο ή περισσότερα ωάρια αντί για ένα, τότε γεννιούνται δίδυμα, τρίδυμα κ.λ.π. Επειδή προέρχονται από διαφορετικά ωάρια ονομάζονται ετεροκύτταρα ή διζυγωτικά δίδυμα, τριζυγωτικά τρίδυμα κ.λ.π. Γενικώς αυτά μοιάζουν μεταξύ τους όπως δύο αδέρφια από ανεξάρτητες κυήσεις και μπορεί να ανήκουν και σε διαφορετικά φύλα. Υπάρχουν όμως



Αμνιοκέντηση. Α. Μια βελόνα εισάγεται διαμέσω της κοιλίας στην αμνιακή κοιλότητα και αναρροφάται μικρή ποσότητα αμνιακού υγρού (20ml) με σύριγγα για διαγνωστική ανάλυση (π.χ. χρωμοσωμική ανάλυση, μέτρηση ενζύμων, ανάλυση DNA). Β. Δειγματοληψία χοριακών λαχνών. Παρουσιάζονται δύο εναλλακτικές μέθοδοι: διαμέσου του τραχήλου της μήτρας (με ένα εύκαμπτο σωλήνα) και διαμέσου της κοιλίας με σύριγγα.

περιπτώσεις που γεννιούνται μονοζυγωτικά (ή μονοκύτταρα) δίδυμα. Αυτά έχουν προέλθει από ένα μόνο γονιμοποιημένο ωάριο, είναι όμοια και ανήκουν υποχρεωτικά στο ίδιο φύλο.

Τα μονοζυγωτικά δίδυμα προέρχονται από ένα μόνο γονιμοποιημένο ωάριο που για κάποιο λόγο χωρίστηκε σε δύο κύτταρα κατά την διάρκεια της πρώτης μιτωτικής διαίρεσης του ζυγωτού. Τα δίδυμα αυτά έχουν ξεχωριστούς πλακούντες και αμνιακούς σάκους. Μπορούν όμως και να προέλθουν μετά τον σχηματισμό της εσωτερικής ομάδας των κυττάρων, αλλά πριν την δημιουργία του αμνιακού σάκου. Έτσι, έχουν διαφορετικούς αμνιακούς σάκους, αλλά μοιράζονται τον ίδιο πλακούντα (Εικ.7.4.4).

Η σωστή ανάπτυξη του εμβρύου επηρεάζεται από παράγοντες κληρονομικούς και περιβαλλοντικούς. Όσον αφορά τους πρώτους, οι υποψήφιοι γονείς πρέπει να ελέγχονται (βλέπε ένθετο παρακάτω) ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες να γεννηθεί παιδί με κληρονομικές ασθένειες, όπως δρεπανοκυτταρική αναιμία, μεσογειακή αναιμία κ.α.

Αν υπάρχουν περιπτώσεις κληρονομικών ανωμαλιών στο οικογενειακό περιβάλλον, ή αν έχουν μεγάλη ηλικία, καλό είναι να καταφεύγουν σε γενετικό σύμβουλο και σε προγεννητικό έλεγχο.

Στους περιβαλλοντικούς παράγοντες περιλαμβάνονται τοξικές χημικές ενώσεις, ακτινοβολίες, παθογόνοι μικροοργανισμοί καθώς και παράγοντες που έχουν σχέση με τον τρόπο ζωής της εγκύου.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γαμέτες δημιουργούνται από το αναπαραγωγικό σύστημα του άνδρα σπερματογένεση και της γυναίκας ωογένεση.

Κατά τη **γονιμοποίηση** (δηλ. τη σύντηξη των δύο γαμετών), η κεφαλή ενός σπερματοζωαρίου διαπερνά το τοίχωμα του ωαρίου. Το γονιμοποιημένο ωάριο σχηματίζει το μορίδιο και το βλαστίδιο και εμφυτεύεται στη μήτρα σχηματίζοντας την **τροφοβλάστη**. Στο τέλος του πρώτου τριμήνου της κύησης έχει αρχίσει η ανάπτυξη όλων των οργάνων του εμβρύου. Μετά το τέλος της κύησης ακολουθεί ο **τοκετός**, δηλαδή οι φυσιολογικές εκείνες λειτουργίες που οδηγούν στην έξοδο του εμβρύου, του πλακούντα και των υμένων από την μήτρα. Η δημιουργία των γαμετών, η κύηση και ο τοκετός ελέγχονται από ορμόνες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες ορμόνες συμμετέχουν και πως στην κύηση;
2. Που παράγεται το αίμα του εμβρύου κατά τα διάφορα στάδια της κύησης;
3. Τοποθετήσετε τα στάδια της εμβρυογένεσης σε σωστή σειρά.
4. Ποιές ορμόνες παράγονται από την υπόφυση; Ποιός είναι ο ρόλος τους κατά την κύηση και τον τοκετό;
5. Δώστε τους ορισμούς για τις εξής έννοιες: γαμετογένεση, σπερματογένεση, ωογένεση, αυλάκωση, τοκετός.
6. Σχεδιάστε την σπερματογένεση και προσδιορίστε την θέση όπου γίνεται μείωση.
7. Σημειώστε με (Σ) τις σωστές και με (Λ) τις λάθος προτάσεις.
 - α) Η σπερματογένεση και η ωογένεση είναι στάδια της γαμετογένεσης που αρχίζουν και ολοκληρώνονται την περίοδο της ωρίμανσης του ατόμου.
 - β) Η μείωση σ' όλα τα ωογόνια αρχίζει στην εμβρυϊκή ζωή.
 - γ) Τα σπερματογόνια διεγείρονται από τις στεροειδείς ορμόνες
 - δ) Η ορμόνη χοριακή γοναδοτροπίνη εκκρίνεται από την τροφοβλάστη
 - ε) Η σωστή ανάπτυξη του εμβρύου επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς μόνο παράγοντες.
8. Η γονιμοποίηση γίνεται φυσιολογικά
 - α) στους ωαγωγούς β) στον κόλπο γ) στη μήτρα δ) και στα τρία
9. Σε προγεννητικό έλεγχο δεν είναι απαραίτητο να καταφεύγουν άτομα
 - α) με περιπτώσεις κληρονομικών ανωμαλιών
 - β) μεγάλης ηλικίας
 - γ) που έχουν αποκτήσει παιδί με γενετικές ανωμαλίες
 - δ) που δεν εμφανίζουν τίποτε από τα παραπάνω
10. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:
 - α) Κατά την εφηβεία, κύτταρα των όρχεων που ονομάζονται διεγείρονται από την ορμόνη της
 - β) Η ωογένεση γίνεται
 - γ) Η ζωή των είναι περιορισμένη. Συνήθως χάνουν την ικανότητα μέσα σε
 - δ) Η χοριακή γοναδοτροπίνη εκκρίνεται από και αναστέλλει
 - ε) η είναι ορμόνη που εκκρίνεται από την και δρα στους μυς της μήτρας προκαλώντας συστολές.
11. Τοποθετείστε στη σωστή σειρά διαδοχής τα ακόλουθα γεγονότα:
 - α) σχηματισμός πλακούντα
 - β) διάκριση των άκρων του σώματος
 - γ) δημιουργία του λεκιθικού σάκκου
 - δ) διαμόρφωση δακτύλων
 - ε) σχηματισμός νυχιών

7.5 ΣΕΞΟΥΑΛΙΚΩΣ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

Σεξουαλικά μεταδιδόμενα ονομάζονται τα **νοσήματα** που μεταδίδονται κατά κύριο λόγο με τη σεξουαλική επαφή. Είναι ευρέως διαδεδομένα σε όλες τις χώρες του κόσμου και αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας. Προκαλούν στειρότητα, νοσηρότητα, ακόμη και θνησιμότητα.

Κάθε χρόνο αναφέρονται περίπου 250 εκατομμύρια περιστατικά σεξουαλικά μεταδιδόμενων νοσημάτων. Έχει υπολογιστεί ότι το 1/3 απ'αυτά αφορά εφήβους.

Εκτός από τη σεξουαλική επαφή, τα περισσότερα από αυτά μπορούν να μεταδοθούν **και** μέσω του αίματος ή παραγωγών του (π.χ. σε περιπτώσεις μετάγγισης ή χρήσης μολυσμένων συριγγών και βελονών), καθώς και από τη μολυσμένη μητέρα στο έμβρυο (Πιν. 7.5.3).

Τα πιο συνηθισμένα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα είναι (Πιν. 7.5.1):

- α. **Από βακτήρια:** η σύφιλη, η γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (ή γονόρροια) και η λοίμωξη από χλαμύδια.
- β. **Από ιούς:** ο απλός έρπητας, η λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων, το σύνδρομο της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας, η ηπατίτιδα Β και η ηπατίτιδα C.
- γ. **Από πρωτόζωα:** η λοίμωξη από τριχομονάδα
- δ. **Από μύκητες:** η λοίμωξη από κάντιντα

ΠΡΟΣΟΧΗ! Δεν μεταδίδονται με τις συνηθισμένες κοινωνικές επαφές.

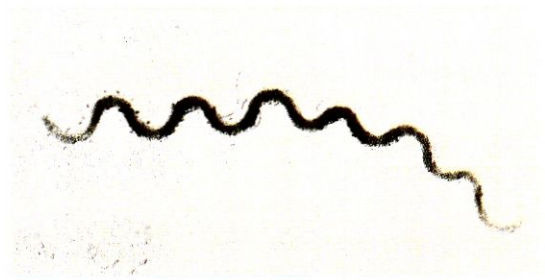
Πίνακας 7.5.1

ΣΕΞΟΥΑΛΙΚΑ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ		
ΝΟΣΗΜΑ	ΥΠΕΥΘΥΝΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟ	ΕΙΔΟΣ
Σύφιλη	<i>Treponema pallidum</i>	βακτηριο
Γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (γονόρροια)	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	βακτήριο
Λοίμωξη από χλαμύδια	<i>Chlamydia trachomatis</i>	βακτήριο
Απλός έρπητας των γεννητικών οργάνων	<i>Herpes simplex virus 1, 2 (HSV-1, HSV-2)</i>	ιός
Λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων	<i>Human papilloma virus (HPV)</i>	ιός
Λοίμωξη του συνδρόμου της επίκτητης ανοσοεπάρκειας (AIDS)	<i>Human immunodeficiency virus (HIV)</i>	ιός
Ηπατίτιδα Β, C	<i>Hepatitis B, C virus</i>	ιός
Λοίμωξη από τριχομονάδα	<i>Trichomonas vaginalis</i>	πρωτόζωο
Λοίμωξη από κάντιντα (καντιντίαση)	<i>Candida albicans</i>	μύκητας

7.5.1 Σύφιλη

Πρόκειται για μία χρόνια σοβαρή νόσο, που οφείλεται σε βακτήριο (Εικ. 7.5.1) και εξελίσσεται σε 3 στάδια.

Για τη **θεραπεία** της σύφιλης χορηγείται το αντιβιοτικό **πενικιλίνη**. Η **διάγνωση** της νόσου γίνεται με ειδικές εξετάσεις στο αίμα. Όσο νωρίτερα γίνεται η διάγνωση, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η πενικιλίνη. Εμβόλιο **δεν** υπάρχει. Ένα άτομο που προσβλήθηκε από το βακτήριο και θεραπεύτηκε μπορεί να μολυνθεί ξανά, αν έρθει σε σεξουαλική επαφή μ' ένα μολυσμένο σύντροφο. Η νόσος, δηλαδή, **δεν** αφήνει ανοσία.

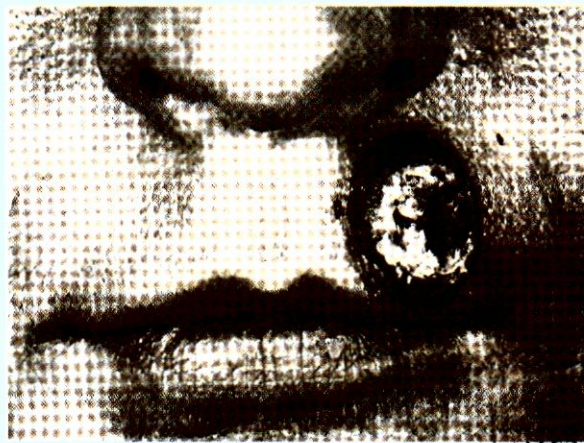


Εικ. 7.5.1:

Ωχρή σπειροχαίτη: το βακτήριο που προκαλεί τη σύφιλη, με χαρακτηριστικό σπειροειδές σχήμα.

Αρχικά (**πρώτο στάδιο**) εμφανίζεται ένα κόκκινο, στρογγυλό, σκληρό σημάδι στο δέρμα των γεννητικών οργάνων (σπανιότερα στο χέρι ή το στόμα), χωρίς να υπάρχει πόνος (Εικ. 7.5.2).

Μετά από 25-40 μέρες το σημάδι εξαφανίζεται και ο ασθενής νομίζει λανθασμένα ότι θεραπεύτηκε. Όμως το βακτήριο εξαπλώνεται σε διάφορα σημεία του σώματος και μετά από 2-6 μήνες (**δεύτερο στάδιο**) προκαλεί γενικευμένο εξάνθημα στο δέρμα και τους βλεννογόνους (π.χ. του στόματος, γι' αυτό και στο στάδιο αυτό η νόσος μεταδίδεται και με το φιλί). Στη συνέχεια, τα συμπτώματα υποχωρούν και για ένα διάστημα 3-30 ετών, η νόσος παραμένει σε λανθάνουσα κατάσταση. Αν εξακολουθεί να μένει χωρίς θεραπεία, εμφανίζονται συνήθως πολύ σοβαρά προβλήματα: προσβολή του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού, αγγείων και οστών (**τρίτο στάδιο**) και ένα 35% των προσβεβληθέντων πεθαίνει.



Εικ. 7.5.2:

Σκληρό συφιλιδικό έλκος (πρώτο στάδιο).

7.5.2 Γονοκοκκική ουρηθρίτιδα (γονόρροια)

Η γονόρροια είναι πιο διαδεδομένη από τη σύφιλη. Τα συμπτώματά της είναι: **Στους άντρες**, φλεγμονή στην ουρήθρα (ουρηθρίτιδα) με έκκριση λευκού, παχύρρευστου υγρού με πύον και πόνο κατά την ούρηση. Αν μείνει χωρίς θεραπεία, η φλεγμονή προχωρεί στον προστάτη και τους όρχεις και μπορεί να προκαλέσει στειρότητα. **Στις γυναίκες**, το βακτήριο προκαλεί επίσης ουρηθρίτιδα και πόνο κατά την ούρηση, καθώς και αυξημένα κολπικά εκκρίματα. Υπάρχει, όμως, και ένα μεγάλο ποσοστό γυναικών που είναι **ασυμπτωματικοί φορείς**, δηλαδή δεν έχουν συμπτώματα και έτσι δεν ξέρουν ότι έχουν μολυνθεί και δεν ακολουθούν θεραπεία. Σ' ένα 15-30% αυτών των περιπτώσεων, η μόλυνση προχωρεί στον τράχηλο, τη μήτρα και τελικά τις σάλπιγγες, προκαλώντας στειρότητα.

Η **διάγνωση** της γονόρροιας γίνεται με ειδικές εξετάσεις στο αίμα, με καλλιέργεια ουρηθρικού υγρού και με εξέτασή του στο μικροσκόπιο. Η **θεραπεία** γίνεται με κατάλληλα αντιβιοτικά. Εμβόλιο **δεν** υπάρχει. Όπως και στη σύφιλη, έτσι και στη γονόρροια, η μόλυνση **δεν αφήνει ανοσία**.

7.5.3 Λοίμωξη από χλαμύδια

Αντίθετα με τη σύφιλη και τη γονόρροια, που τα κρούσματα τους περιορίστηκαν πολύ, μετά την ανακάλυψη των αντιβιοτικών, η λοίμωξη από χλαμύδια πιθανολογείται ότι είναι το πιο συχνό σεξουαλικά μεταδιδόμενο νόσημα στις μέρες μας. Τα συμπτώματά της μοιάζουν πολύ μ' αυτά της γονοκοκκικής ουρηθρίτιδας, σε πιο ήπια όμως μορφή (γι' αυτό και η νόσος ονομάζεται και μη-γονοκοκκική ουρηθρίτιδα). **Στους άντρες** παρουσιάζεται ουρηθρίτιδα, με έκκριση λευκού-γκρίζου λεπτόρρευστου υγρού με λιγότερο πύον και **στις γυναίκες** αυξημένα κολπικά εκκρίματα, επώδυνη ούρηση και κοιλιακός πόνος. Πολλοί είναι και εδώ οι **ασυμπτωματικοί φορείς** (άντρες και γυναίκες).

Η **διάγνωση** της νόσου γίνεται με κυτταροκαλλιέργεια ουρηθρικού ή κολπικού εκκρίματος, καθώς και με ειδικές εξετάσεις στο αίμα. Η **θεραπεία** γίνεται με κατάλληλα αντιβιοτικά. Εμβόλιο **δεν** υπάρχει.

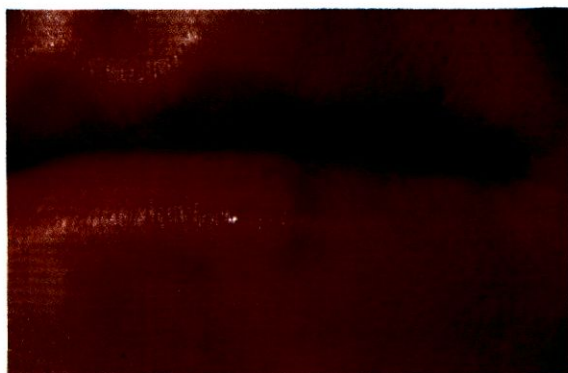
7.5.4 Απλός έρπητας

Ο έρπητας είναι κοινή νόσος. Συχνότερα εμφανίζεται γύρω από τα χείλη με τη μορφή ομάδων φυσαλίδων. Είναι το γνωστό εξάνθημα που παρουσιάζεται περιοδικά σε κάποια άτομα όταν κάνει κρύο, όταν έχουν πυρετό, όταν έχουν άγχος ή και χωρίς προφανή λόγο. Στην περίπτωση αυτή η μετάδοση γίνεται και **μη-σεξουαλικά** (με άμεση επαφή με τις φυσαλίδες π.χ. σε απλό κοινωνικό φιλί) Έτσι, ο επιχείλιος έρπητας **δεν** θεωρείται σεξουαλικά μεταδιδόμενο νόσημα (Εικ. 7.5.3).

Στη γεννητική περιοχή εμφανίζεται στο πέος, το αιδοίο, τον κόλπο, τον τράχηλο, το περίνεο, τον πρωκτό. Το εξάνθημα με τις φυσαλίδες που παρουσιάζεται εκεί είναι πολύ μολυσματικό και προφανώς μεταδίδεται με τη σεξουαλική επαφή.

Αν ένα άτομο μολυνθεί, ο ιός **δεν** φεύγει στην πραγματικότητα από το σώμα του. Αντίθετα, παραμένει σε λανθάνουσα κατάσταση και μπορεί

Η ασθένεια μπορεί να προκαλέσει **στεριότητα**, ιδιαίτερα στις γυναίκες. Επανειλημμένες αποτυχίες σε προσπάθειες εγκυμοσύνης, συχνά αποκαλύπτεται ότι οφείλονται σε **χρόνια μόλυνση από χλαμύδια**, που δεν έγινε αντιληπτή.



Εικ. 7.5.3:
Επιχείλιος έρπητας

να επαναδραστηριοποιείται περιοδικά. Γι' αυτό και η νόσος μπορεί να εμφανίζει **συχνές υποτροπές**.

Η **διάγνωση** γίνεται με ειδικές εξετάσεις στο αίμα ή με εξέταση δείγματος από τις φυσαλίδες. Εμβόλιο **δεν** υπάρχει, ούτε πραγματική **θεραπεία**, δηλαδή εξαφάνιση του ιού από τον οργανισμό (όπως γίνεται με τις 3 νόσους από βακτήρια που αναφέρθηκαν προηγουμένως). Τα αντιβιοτικά δεν είναι αποτελεσματικά έναντι των ιών. Υπάρχουν παρόλα αυτά φάρμακα, που μπορούν να μειώσουν τη συχνότητα και τη διάρκεια των υποτροπών.

7.5.5 Λοίμωξη από ιούς των ανθρώπινων θηλωμάτων

Οι ιοί αυτοί προκαλούν τα **γεννητικά κονδυλώματα**, νόσο πολύ συχνή ανάμεσα στα νεαρά άτομα και των δύο φύλων. Οι τελευταίες στατιστικές δίνουν μία τρομακτική άνοδο των κρουσμάτων, που αντικατοπτρίζει το **μεγάλο αριθμό των ασυμπτωματικών φορέων**, που διασπείρουν τη νόσο, συχνά χωρίς να το ξέρουν και οι ίδιοι.

Τα συμπτώματα είναι ήπιες υπερπλασίες των επιθηλιακών κυττάρων της περιοχής που μολύνθηκε (του δέρματος ή των βλεννογόνων). Οι αλλοιώσεις αυτές μπορεί να είναι **ορατές** (π.χ. τα οξυτενή κονδυλώματα) ή **μη ορατές** με γυμνό μάτι. **Θεραπεία** και εδώ **δεν** υπάρχει, μόνο αντιμετώπιση με τοπικά μέσα. Εμβόλιο **δεν** υπάρχει.

7.5.6 Λοίμωξη από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας

Ο ιός της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) είναι ένας ρετροϊός (Εικ. 7.5.4). Έχουν αναγνωριστεί δύο τύποι του ιού, ο HIV-1 και ο HIV-2, καθώς και διάφοροι υπότυποι με διαφορές στη γεωγραφική εξάπλωση, αλλά με παρόμοια χαρακτηριστικά. Ο ιός προσβάλλει τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, και συγκεκριμένα κάποια είδη λεμφοκυττάρων, με αποτέλεσμα να **καταστρέφεται σταδιακά η άμυνα του οργανισμού** (Εικ. 7.5.5).

Τα άτομα που προσβάλλονται από τον ιό HIV μπορεί να μην έχουν κλινικά συμπτώματα για μήνες ή και για χρόνια και ονομάζονται **φορείς του ιού** (ή **οροθετικοί**).

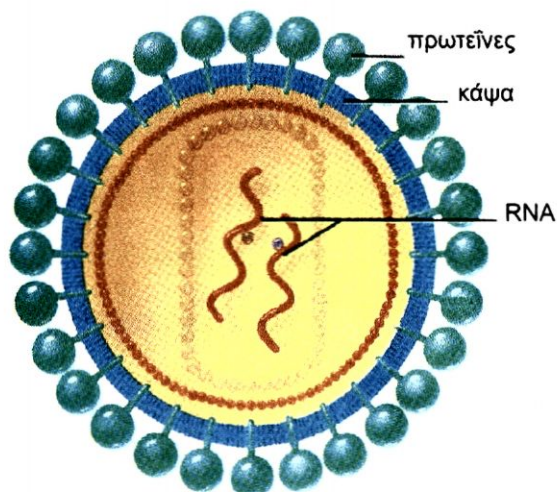
Μετά από το διάστημα αυτό, αρχίζουν τα πρώτα κλινικά συμπτώματα που περιλαμβάνουν:

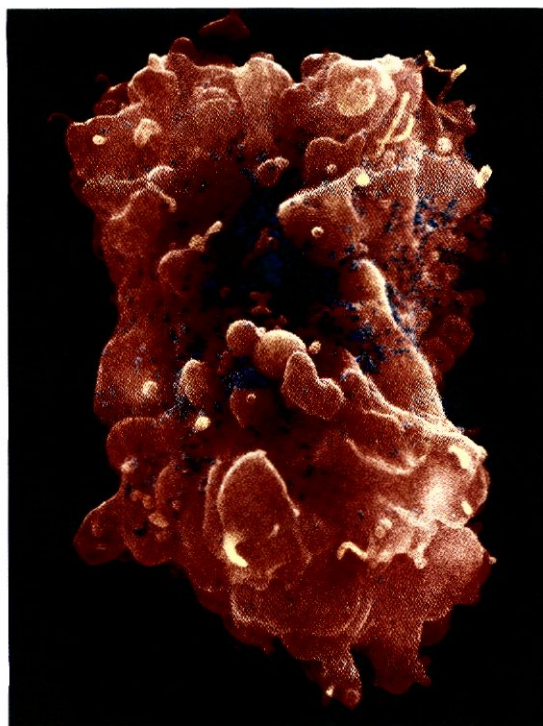
Ένα άτομο μπορεί να μεταφέρει τη μόλυνση από ένα σημείο του σώματος του σ' ένα άλλο (π.χ. από τα γεννητικά όργανα, στο στόμα ή τα μάτια). Το πλύσιμο των χεριών στην περίπτωση αυτή βοηθά πολύ.

Οι ιοί των ανθρώπινων θηλωμάτων είναι πολλών τύπων. Κάποιοι απ' αυτούς φαίνεται να αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του τραχήλου της μήτρας στις γυναίκες. Έτσι, η **έγκαιρη διάγνωση μίας μόλυνσης από τους ιούς αυτούς και ο τακτικός έλεγχος** (κυρίως με τεστ PAP) στη συνέχεια, είναι πολύτιμος για την προφύλαξη από μία τέτοια εξέλιξη, που ούτως ή άλλως παρουσιάζεται σ' ένα μικρό ποσοστό ατόμων.

Όταν οι αλλοιώσεις δεν είναι ορατές, χρειάζεται ειδική εξέταση, που ονομάζεται κολποσκόπηση ή πεοσκόπηση αντίστοιχα. Σύγχρονη μέθοδος διάγνωσης είναι και η ανίχνευση του ίδιου του DNA των ιών.

Εικ. 7.5.4:
Σχηματική απεικόνιση της
δομής του ιού HIV





Εικ. 7.5.5:
Προσβολή λεμφοκυττάρων από ιούς HIV
(τα μπλε στίγματα)

Πίνακας 7.5.2

ΟΙ ΣΥΧΝΟΤΕΡΕΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΚΕΣ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΣΤΟ AIDS

1. Πνευμονία (από πνευμονοκύστη)
2. Μυκητιάσεις του κατώτερου αναπνευστικού (από ιστόπλασμα, κρυπτόκοκκο, κάντιντα κα.)
3. Λοίμωξη από κυτταρομεγαλοϊό (προκαλεί τύφλωση)
4. Φυματίωση
5. Τοξοπλάσμωση στον εγκέφαλο
6. Έρπητας
7. Καντιντίαση στο στόμα και το υπόλοιπο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα

Λόγω της έκπτωσης της αμυντικής ικανότητας του οργανισμού, **οι ευκαιριακές λοιμώξεις είναι η κύρια αιτία θανάτου των ασθενών με AIDS.**

διάρροια, πυρετό που επιμένει, λεμφαδενοπάθεια, απώλεια βάρους και κόπωση.

Ένα οροθετικό άτομο θεωρείται ότι εμφανίζει AIDS και καταγράφεται ως **κρούσμα του συνδρόμου** όταν: ο αριθμός μίας ειδικής κατηγορίας λεμφοκυττάρων του είναι μικρότερος από το φυσιολογικό **ή/και** όταν συνυπάρχουν μία ή περισσότερες **ευκαιριακές λοιμώξεις** (Πιν.7.5.2.) ή κακοήθειες ή υποτροπιάζουσες πνευμονίες οποιασδήποτε αιτιολογίας.

Ο ιός προσβάλλει και τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου και έτσι κάποια στιγμή στους ασθενείς με AIDS εμφανίζονται νευρολογικά προβλήματα και άνοια.

Δεν γνωρίζουμε τι ακριβώς είναι αυτό που προκαλεί την έναρξη των συμπτωμάτων της νόσου σ'έναν φορέα.

Οι **κυριότεροι τρόποι μετάδοσης** του ιού HIV είναι η σεξουαλική επαφή (που σημαίνει επαφή με σπέρμα, κολπικά υγρά και αίμα) και η επαφή με μολυσμένο αίμα ή ιστούς (κατά τη μετάγγιση αίματος και παραγώγων του ή από κοινή χρήση συριγγίων, ξυραφιών κα.).

Η **διάγνωση** της μόλυνσης από HIV γίνεται με ειδικές εξετάσεις στο αίμα (αναζητούνται είτε ο ίδιος ο ιός, είτε τα αντισώματα έναντι του ιού που κυκλοφορούν στον ορό του αίματος). Εμβόλιο **δεν** υπάρχει.

Η καθημερινή κανονική επαφή με HIV θετικά άτομα δεν ενέχει κίνδυνο μετάδοσης του ιού. Δηλαδή ο ιός HIV δεν μεταδίδεται με τον αέρα, το φαγητό, το ποτό, από το κάθισμα της τουαλέτας, την πισίνα, το αγκάλιασμα, τη χειραψία, τη χρήση κοινών εγκαταστάσεων ή το απλό φιλί.

Η συγκρατημένη αισιοδοξία που επικρατεί σχετικά με τη δυνατότητα θεραπευτικής παρέμβασης στη νόσο του AIDS οφείλεται στα σύγχρονα φάρμακα εναντίον του πολλαπλασιασμού του ιού και της εξέλιξης της μόλυνσης.

Πίνακας 7.5.3.

ΝΟΣΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΜΟΛΥΣΜΕΝΗ ΜΗΤΕΡΑ ΣΤΟ ΕΜΒΡΥΟ Ή ΤΟ ΝΕΟΓΝΟ		
ΜΙΚΡΟΒΙΟ ΠΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΕΤΑΙ	ΠΟΤΕ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ	ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΜΒΡΥΟ Ή ΤΟ ΝΕΟΓΝΟ
Σπειροχαίτη της σύφιλης	πριν τον τοκετό	αποβολή, θάνατος μετά τη γέννηση, συγγενής σύφιλη (μερικές εβδομάδες ή μήνες μετά τη γέννηση)
Γονόκοκκος	κατά τον φυσιολογικό τοκετό	επιπεφυκίτιδα, τύφλωση
Χλαμύδια	κατά τον φυσιολογικό τοκετό	επιπεφυκίτιδα, τύφλωση
Ιός του έρπητα	κατά τον φυσιολογικό τοκετό	τύφλωση, μηνιγγίτιδα, νέκρωση του δέρματος, πιθανός θάνατος του νεογνού
Ιοί των ανθρώπινων θηλωμάτων	κατά τον φυσιολογικό τοκετό (σπάνια)	θηλώματα στο λάρυγγα (6 μήνες μετά τη γέννηση)
Ιός HIV	πριν ή κατά τον τοκετό, κατά το θηλασμό	ανοσοανεπάρκεια

Σκέψου

Τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα δεν έχουν ούτε φύλο, ούτε σεξουαλική προτίμηση. Έχουν μόνο θύματα. Η ηλικία, η οικονομική κατάσταση ή η κοινωνική θέση ενός ατόμου δεν επηρεάζουν την πιθανότητα να προσβληθεί από τον ιό.

Τι να κάνεις

Να είσαι ενημερωμένος

Η ενημέρωση για την ασθένεια είναι ένας πολύτιμος σύμμαχος. Οι γνώσεις μας για τη βιολογία του ιού, τους τρόπους μετάδοσης, την αντιμετώπιση και τις μεθόδους πρόληψης συνεχώς εμπλουτίζονται. Παρακολούθησέ τις.

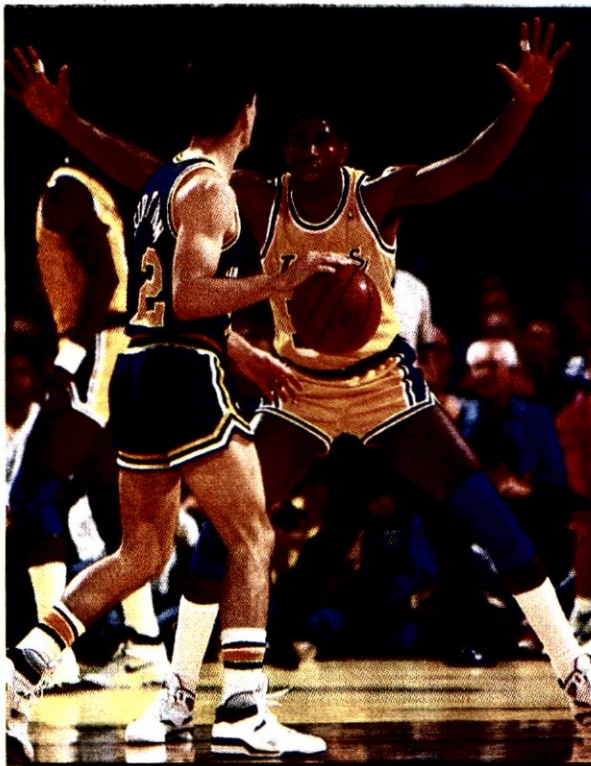
Να είσαι υπεύθυνος

Η υπευθυνότητα προστατεύει τη δική σου ζωή και τη ζωή άλλων, ίσως και δικών σου ανθρώπων.

(01) 7222222 (τηλεφωνική γραμμή για θέματα AIDS)

- Προσφέρει ανώνυμη πληροφόρηση όλο το 24ωρο - λύνει απορίες.
- Δίνει τηλέφωνα και διευθύνσεις για τα κέντρα ελέγχου και αναφοράς AIDS (συνήθως νοσοκομεία ή εργαστήρια πανεπιστημίων)

στα οποία μπορεί κανείς να κάνει το τεστ, σε όλη την Ελλάδα. Το τεστ για τον HIV είναι **ΑΝΩΝΥΜΟ** και **ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΠΑΝΤΑ ΔΩΡΕΑΝ**.



Η είδηση ότι ο μπασκετμπωλλίστας Earvin "Magic" Johnson, ένας πραγματικός θρύλος του αθλήματος, βρέθηκε οροθετικός, συντέραξε όχι μόνο το χώρο του αθλητισμού, αλλά και όλο τον κόσμο. Το 1992 σταμάτησε οικειοθελώς να παίζει -αν και δεν είχε κανένα σωματικό λόγο, επειδή οι αντίπαλοί του αρνούσαν να τον μαρκάρουν όπως έπρεπε, φοβούμενοι τη σκληρή σωματική επαφή στη διάρκεια του παιχνιδιού. Ο φόβος "συνταξιοδοτεί" ένα θρύλο.

Συζήτηση στην τάξη: Αν ένας συμμαθητής σας ήταν οροθετικός, θα παίζατε μαζί του μπάσκετ στο σχολικό πρωτάθλημα; Δικαιολογείστε την οποιαδήποτε απάντησή σας.



Συζητείστε στην τάξη με τον καθηγητή και τους συμμαθητές σας ποια θα έπρεπε να είναι τα γενικά μέτρα πρόληψης για τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα και ποια τα ειδικότερα για κάθε ασθένεια. Προτείνετε κάτι επιπλέον.

Να συλλέξετε ανάλογο υλικό από διάφορες μελέτες και έρευνες.

Μύθος

"Το AIDS μεταδίδεται κυρίως μεταξύ των ομοφυλόφιλων και χρηστών ναρκωτικών. Αν δεν ανήκω σ' αυτές τις ομάδες, δε διατρέχω κίνδυνο."

Αλήθεια

Η αντίληψη αυτή είναι επικίνδυνη για την υγεία και για τη ζωή σου. Οι στατιστικές δείχνουν ότι η κύρια μετάδοση είναι η σεξουαλική επαφή και μάλιστα η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) ισχυρίζεται ότι μετά το 2000 η πλειονότητα των κρουσμάτων θα προέρχεται από ετερόφυλη σεξουαλική επαφή κάθε είδους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σεξουαλικά μεταδιδόμενα ονομάζονται τα νοσήματα που μεταδίδονται κυρίως με τη σεξουαλική επαφή. Κάποια από αυτά οφείλονται σε βακτήρια (η σύφιλη, η γονοκοκκική ουρηθρίτιδα και η λοίμωξη από χλαμύδια) ενώ άλλα σε ιούς (ο απλός έρπητας, τα γεννητικά κονδυλώματα, η λοίμωξη από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας και η ηπατίτιδα Β και C. Μερικά οφείλονται επίσης σε πρωτόζωα (λοίμωξη από τριχομονάδες) ή μύκητες (καντιντίαση).

Τα νοσήματα αυτά προκαλούν στειρότητα, νοσηρότητα, ακόμη και θνησιμότητα. Η εμφάνισή τους στον πληθυσμό είναι συχνή και γι αυτό απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων πρόληψης. Η συνεχής ενημέρωση του πληθυσμού γύρω από τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα είναι απαραίτητη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Τι εννοούμε όταν λέμε ότι ένα άτομο εμφανίζει λοίμωξη HIV και τι όταν ένα άτομο εμφανίζει AIDS;
- Σημειώστε τους τρόπους με τους οποίους νομίζετε ότι μεταδίδεται ο ιός HIV;
 - Βήχα ή φτέρνισμα
 - μετάγγιση αίματος
 - σεξουαλική κολπική επαφή χωρίς προφυλακτικό
 - σεξουαλική πρωκτική επαφή χωρίς προφυλακτικό
 - χειραψία
 - κολύμπι σε πισίνα
 - τσίμπημα εντόμων
 - κοινή οδοντόβουρτσα
 - κοινή σύριγγα για χορήγηση ουσιών (π.χ. αίμα, φάρμακα)
 - κοινή σύριγγα για ενδοφλέβια χορήγηση ναρκωτικών ουσιών
 - αγκάλιασμα
 - χρήση κοινής τουαλέτας
 - κοινά ξυραφάκια
 - ερωτικό φιλί
 - στοματικό σεξ
 - κοινά σκεύη φαγητού
- Χαρακτηρίστε με Σ (σωστό) ή με Λ (λάθος) τις παρακάτω προτάσεις:
 - Ένα σεξουαλικά μεταδιδόμενο νόσημα είναι εμφανές στο άτομο που το φέρει.
 - Το χαρακτηριστικό του γεννητικού έρπητα είναι οι υποτροπές.
 - Η διάγνωση μιας λοίμωξης από ιούς των ανθρώπινων κονδυλωμάτων είναι πολύ εύκολη.
 - Υπάρχουν εμβόλια με τα οποία μπορεί κανείς να προστατευτεί από τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα.
 - Υπάρχουν πολλές γυναίκες με λοίμωξη από χλαμύδια που είναι ασυμπτωματικοί φορείς.



Εικ. 7.6.1:
Προφυλακτικό.

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΦΥΛΑΚΤΙΚΟΥ

Η ιστορία του προφυλακτικού αρχίζει από τους Ρωμαϊκούς χρόνους, που χρησιμοποιούσαν την ουροδόχο κύστη ζώων για προστασία από τα αφροδίσια νοσήματα. Το 1564 ο ανατόμος Gabrielle Fallopio συνιστούσε τη χρήση ενός καλύμματος από λινό εμβαπτισμένο σε λάδι για προστασία από τα αφροδίσια νοσήματα.

Το 18^ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε ως αντισυλληπτικό και τα πρώτα προφυλακτικά κατασκευάστηκαν από έντερο προβάτων. Τα σύγχρονα προφυλακτικά άρχισαν να κατασκευάζονται το 1840 (μετά το βουλκανισμό του καουτσούκ) ενώ η τεχνολογική επανάσταση της παρασκευής πλαστικών υλικών έδωσε νέα υλικά στους κατασκευαστές. Σήμερα τα προφυλακτικά κυκλοφορούν σε τεράστια ποικιλία σχημάτων, μεγεθών, συστάσεως, υφής και χρωμάτων.

Περίπου 40 εκατομμύρια ζευγάρια σ' όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν το προφυλακτικό και σ' αυτό στηρίζεται το 50% της αντισύλληψης των παντρεμένων και το 75% του συνόλου των ζευγαριών.

Αν οι έφηβοι μπορούσαν να θεωρήσουν τη χρήση του προφυλακτικού ως απόδειξη υπευθυνότητας και ωριμότητας θα μπορούσε να αποφευχθεί μεγάλος αριθμός τραγικών περιστατικών της ευαίσθητης αυτής ηλικίας.

7.6 ΑΝΤΙΣΥΛΛΗΨΗ

Η παρέμβαση στην ανθρώπινη αναπαραγωγή χρονολογείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Τα τελευταία όμως χρόνια η έρευνα και η εξέλιξη της επιστήμης με την αλματώδη τους πρόοδο έχουν επινοήσει εναλλακτικές μεθόδους αντισύλληψης, ενώ έχουν τελειοποιήσει τις παλαιότερες.

Τα αντισυλληπτικά μέσα μπορούν να αξιολογηθούν ως προς:

1. Την αποτελεσματικότητα,
2. Την ασφάλεια, την αναστρεψιμότητα και την απλότητα στη χρήση, και
3. Την αγορά και διαθεσιμότητά τους.

Οι προοπτικές που έχουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, στοχεύουν στην ανάπτυξη μιας αντισυλληπτικής μεθόδου που θα εξασφαλίζει απόλυτη ασφάλεια τόσο από μια ανεπιθύμητη κύηση όσο και από ανεπιθύμητες ενέργειες.

7.6.1 Μέθοδοι Αντισύλληψης

1. **Οι φυσικές μέθοδοι αντισύλληψης μέσω του οικογενειακού προγραμματισμού** είναι μέθοδοι "αποφυγής μιας ανεπιθύμητης εγκυμοσύνης, οι οποίες στηρίζονται στη γόνιμη και μη γόνιμη φάση του κύκλου της γυναίκας". Η αυστηρή ερμηνεία του ορισμού δεν περιλαμβάνει εναλλακτικές λύσεις, παρά μόνο αποχή συνουσίας στη διάρκεια της γόνιμης περιόδου. Όμως, η διαπίστωση της γόνιμης περιόδου απαιτεί τη γνώση του έμμηνου κύκλου. Αυτό ως μέθοδος αντισύλληψης απαιτεί την εκπαίδευση και την επιμόρφωση των ζευγαριών.
2. **Διακοπτόμενη συνουσία.** Η διακοπτόμενη συνουσία τις περισσότερες φορές αντιμετωπίζεται με περιφρόνηση από τους ειδικούς και αυτό βασίζεται στο ότι το 25% των γυναικών που καταφεύγουν σε έκτρωση χρησιμοποιούσαν αυτήν ακριβώς τη μέθοδο αντισύλληψης. Όμως αξίζει μεγαλύτερης προσοχής αφού είναι εκείνη η αντισύλληψη που η έναρξη της εφαρμογής της χρονικά, χάνεται στην παλαιολιθική εποχή.
3. **Προφυλακτικό.** Το προφυλακτικό αποτελεί ένα από τα παλαιότερα και ευρείας χρήσεως αντισυλληπτικά μέσα. Ο τρόπος δράσης του προφυλακτικού είναι απλός. Αποτελεί φραγμό στη δίοδο του σπέρματος μέσα στον

κόλπο. Θεωρητικά η αποτυχία του προφυλακτικού οφείλεται στην κακή χρήση του (Εικ.7.6.1).

Η προμήθειά του είναι εύκολη, η χρήση του είναι χωρίς κίνδυνο για την υγεία, δεν απαιτεί ιατρική παρακολούθηση ή παρέμβαση, **προστατεύει από τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα**. Είναι φθινό και ωθεί τον άνδρα να συμμετέχει στην ευθύνη της αντισύλληψης. Βέβαια, τα μειονεκτήματά του είναι ότι χρειάζεται υπευθυνότητα στη χρήση του.

Η εξάπλωση του AIDS έκανε τη χρήση του προφυλακτικού ευρύτερη και περισσότερο απαραίτητη. Βρέθηκε ότι μόνο 1 στα 10 άτομα μολύνθηκε από τον ιό με τη χρήση προφυλακτικού, ενώ χωρίς προφυλακτικό μολύνθηκαν 12 στα 14.

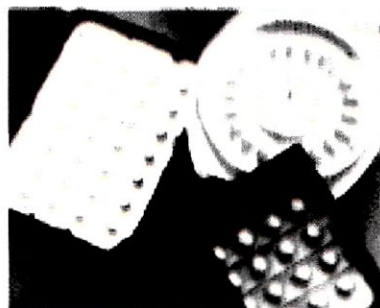
4. Ορμονική αντισύλληψη από το στόμα

Χρονολογείται από το 1959, έχει δηλαδή συμπληρώσει τριάντα ετών χρήση. Είναι πιο γνωστή στο ευρύ κοινό ως «χάπι» (Εικ.7.6.2). Όταν μπήκε στην κυκλοφορία αποτέλεσε μια πρόκληση αφού προέβαλε την προοπτική μιας 100% αποτελεσματικότητας που θα κατάφερνε να αποσυνδέσει, επαναστατικά, την αναπαραγωγική λειτουργία από την σεξουαλική ικανοποίηση του ζευγαριού.

Πριν όμως καταξιωθεί η μέθοδος, ήλθαν τα πρώτα σύννεφα από τις ανεπιθύμητες παρενέργειες και κυρίως από τον φόβο της πιθανής καρκινογένεσης. Έτσι η δημοτικότητα του χαπιού ελαττώθηκε σημαντικά μια και αυτοί οι φόβοι παραμένουν μέχρι σήμερα. Η μελέτη και η εξέλιξή του είναι σημαντική και οι προσπάθειες επικεντρώνονται στην ελάττωση της ποσότητας των περιεχομένων ορμονών αφ'ενός και αφ'ετέρου στην μεγαλύτερη δυνατή προστασία της γυναίκας από τις ανεπιθύμητες ενέργειες, επιβεβαιωμένες ή υποθετικές.

5. Ενδομητρικά σπειράματα

Περισσότερα από 60 εκατομμύρια γυναίκες χρησιμοποιούν σήμερα ενδομητρικά σπειράματα και η χρήση τους έχει ενταχθεί σε κρατικά προγράμματα ελέγχου των



Εικ. 7.6.2:
Το «χάπι».

γεννήσεων στον τρίτο κόσμο.

Η μέθοδος θεωρητικά είναι αποτελεσματική. Τα πλεονεκτήματά της είναι το χαμηλό της κόστος, ότι τοποθετείται και αφαιρείται χωρίς επιπλοκές και συνήθως δεν εμποδίζεται η γονιμότητα μετά την αφαίρεση του σπείραματος.

6. Άλλες αντισυλληπτικές μέθοδοι είναι:

α) **Οι αντισυλληπτικοί σπόγγοι**, από κολλαγόνο ή από πολυουρεθάνη, εμποτισμένοι με σπερματοκτόνο. Τοποθετούνται μέσα στον κόλπο της γυναίκας, μέχρι και 24 ώρες πριν από τη σεξουαλική επαφή.

β) **Το διάφραγμα**, είναι ελαστικό κάλυμμα του τραχήλου, που παρεμποδίζει την διόδο του σπέρματος και χρησιμεύει ως δεξαμενή σπερματοκτόνου. Δεν παρουσιάζει κίνδυνο για την υγεία και προστατεύει από πυελικές λοιμώξεις. Έχει υψηλή αποτελεσματικότητα, όταν χρησιμοποιείται σωστά (Εικ.7.6.3).

Ακόμη ως μέθοδοι φραγμού χρησιμοποιούνται οι κολπικοί δακτύλιοι (από ανενεργά υλικά από τους οποίους απελευθερώνονται δραστικές ουσίες όπως ορμόνες, ένζυμα κ.λ.π.) η **ηλεκτροκαταστολή των σπερματοζωαρίων**, η **κολπική αντισύλληψη** (ανοσοβιολογική μέθοδος). Επίσης, τα **σπερματοκτόνα** τα οποία δρουν σε πολλά επίπεδα κατά του σπέρματος.



Εικ. 7.6.3:
Διάφραγμα

Η αντισύλληψη κατέχει τη θέση του κορμού στον Οικογενειακό Προγραμματισμό.

Μια εγκυμοσύνη πρέπει να επιτυγχάνεται κάτω από άριστες συνθήκες και στον άριστο χρόνο, κατά την άποψη ενός ζευγαριού.

Επειδή η φύση έχει σκόπιμα συνδέσει την αναπαραγωγή με την ευχαρίστηση από την σεξουαλική επαφή, ο στόχος της αντισύλληψης είναι να αποσυνδέσει αυτά τα δύο, μέσα στα πλαίσια των κοινωνικών απαιτήσεων, με ασφάλεια

και αποτελεσματικότητα. Γι' αυτό, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι μέχρι σήμερα επιστημονικές μας γνώσεις γύρω από τα θέματα της αντισύλληψης και να αποτελέσουν έναν πυρήνα γνώσης για τον καθένα και ένα σημαντικό στήριγμα του Οικογενειακού Προγραμματισμού και της προσωπικής ευτυχίας όλων μας. Ο έλεγχος των γεννήσεων προσφέρεται από την επιστήμη στον άνθρωπο, για τον άνθρωπο και είναι αναφαίρετο δικαίωμα του κάθε ζευγαριού ο Οικογενειακός Προγραμματισμός.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντισύλληψη αναφέρεται σε διάφορες μεθόδους οι οποίες εφαρμόζονται προκειμένου να αποφύγουμε μια ανεπιθύμητη εγκυμοσύνη, με όσο το δυνατό λιγότερες παρενέργειες. Οι μέθοδοι αντισύλληψης είναι οι φυσικές μέθοδοι, μέσω του οικογενειακού προγραμματισμού, η διακοπτόμενη συνουσία, η χρήση του προφυλακτικού, η ορμονική αντισύλληψη από το στόμα ("χάπι"), τα ενδομητρικά σπειράματα κ.λπ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να συζητήσετε για τη θέση του Οικογενειακού Προγραμματισμού στην αντισύλληψη και στον έλεγχο των γεννήσεων. Στον τόπο που ζείτε υπάρχουν Κέντρα Οικογενειακού Προγραμματισμού; Αν ναι, θα μπορούσατε να οργανώσετε μια επίσκεψη ή να έλθετε σε επαφή με κάποιον ειδικό από το εν λόγω Κέντρο;
2. Συζήτησε ποια είναι η προσωπική σου γνώμη για την κάθε μια μέθοδο αντισύλληψης (πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα).
3. Η χρήση του προφυλακτικού είναι μια απόδειξη υπευθυνότητας και ωριμότητας των νέων; Δικαιολόγησέ το.

Λεξιλόγιο

A

Αγγειώδες σπείραμα	Διακλαδιζόμενα τριχοειδή ενός νεφρώνα, που περιβάλλεται από το έλυτρο του Bowman. Εκεί γίνεται η διήθηση του αίματος.
Αγκύλη του Henle	Τμήμα του νεφρώνα που έχει σχήμα θηλειάς.
Αδένας	Ιστός επιθηλιακών κυττάρων, εξειδικευμένων στην παραγωγή και έκκριση ουσιών.
Αδηλη απώλεια νερού	Η απώλεια νερού που γίνεται με διάχυση από το δέρμα ή με εξάτμιση από το αναπνευστικό.
Αθροιστικό σωληνάριο	Σωλήνας στον οποίο καταλήγει ο νεφρώνας και συγκεντρώνει το διήθημα των ούρων. Καταλήγει στη νεφρική πύελο.
AIDS	Ασθένεια που προκαλείται από τον ιό της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV). Άτομα που προσβάλλονται από τον ιό είναι <i>φορείς</i> της ασθένειας. Το AIDS είναι το τελευταίο κλινικό στάδιο της λοίμωξης και οδηγεί σε προοδευτική καταστροφή του ανοσοποιητικού συστήματος και το θάνατο. Ο κυριότερος τρόπος μετάδοσης του AIDS είναι η σεξουαλική επαφή ή με μολυσμένο αίμα ή με μολυσμένες σύριγγες.
Αίθουσα	Περιοχή στο εσωτερικό αυτί συνυπεύθυνη στη δημιουργία της αίσθησης ισορροπίας.
Αιθουσαίο σύμπλεγμα	Σύμπλεγμα αγωγών και διαμερισμάτων στο εσωτερικό αυτί. Περιέχει τους υποδοχείς της ισορροπίας.
Ακετυλοχολίνη	Ένας πολύ διαδεδομένος νευροδιαβιβαστής. Αποκλειστικός νευροδιαβιβαστής της νευρομυϊκής σύναψης αλλά και σε πολλές περιοχές του ΚΝΣ.
Άκμονας	Οστάριο του μεσαίου αυτιού (μαζί με τη σφύρα και τον αναβολέα).
Αλγοϋποδοχείς	Υποδοχείς πόνου που διεγείρονται από διάφορα ερεθίσματα, μηχανικά, θερμικά και χημικά.
Αμνιακός σάκος	Εξωεμβρυϊκή μεμβράνη, η οποία περιβάλλει και προστατεύει το έμβρυο. Μεταξύ της μεμβράνης αυτής και του εμβρύου υπάρχει το αμνιακό υγρό.
Αμφιβληστροειδής χιτώνας	Εσωτερικός χιτώνας του οφθαλμικού βολβού.
Αναβολέας	Οστάριο του μεσαίου αυτιού (μαζί με τη σφύρα και τον άκμονα).
Αντανακλαστικά	Αυτοματοποιημένες αντιδράσεις του οργανισμού σε συγκεκριμένα ερεθίσματα. Συνήθως περιλαμβάνουν ένα (τουλάχιστον) νευρώνα κι ένα εκτελεστικό όργανο.
Αντιδιουρητική ορμόνη	Ορμόνη που εκκρίνεται από την υπόφυση και ρυθμίζει την απώλεια νερού από το σώμα.
Αντισύλληψη	Η παρέμβαση στην ανθρώπινη αναπαραγωγή με σκοπό την αποφυγή μιας ανεπιθύμητης κύησης.
Αντλία $K^+ - Na^+$	Πρωτεΐνη της κυτταροπλασματικής μεμβράνης που με κατανάλωση ATP απομακρύνει ιόντα Na^+ από το εσωτερικό του κυττάρου προς το εξωκυττάριο περιβάλλον και ταυτόχρονα μεταφέρει ιόντα K^+ από το εξωκυττάριο περιβάλλον στο εσωτερικό του κυττάρου.
Απέκκριση	Η διαδικασία αποβολής των άχρηστων ουσιών του μεταβολισμού από τον οργανισμό.

Απτικοί υποδοχείς	Υποδοχείς αφής και πίεσης. Βρίσκονται στο δέρμα και είναι διαφόρων τύπων.
Αρθρώσεις	Οι περιοχές σύζευξης δύο ή περισσότερων οστών.
Αρνητική ανάδραση	Μηχανισμός ομοιόστασης κατά τον οποίο μια αλλαγή σε μια λειτουργία του οργανισμού που ελέγχεται, αντιμετωπίζεται με απάντηση που προκαλεί την αντίθετη δράση στο αρχικό ερέθισμα.
Αυλάκωση	Οι κυτταρικές διαιρέσεις του γονιμοποιημένου ωαρίου. Οι διαιρέσεις αυτές δεν συνοδεύονται από αύξηση του κυτταροπλάσματος. Έτσι, το άθροισμα των κυττάρων που προκύπτουν (μορίδιο) έχει το ίδιο σχεδόν μέγεθος με το γονιμοποιημένο ωάριο.
Αυξητική ορμόνη	Ορμόνη η οποία εκκρίνεται από την υπόφυση και παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του σώματος κατά την ανάπτυξη.
Αφή	Αίσθηση με την οποία προσδιορίζονται διάφορα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, όπως το μέγεθος, το σχήμα και η υφή.
Αφόδευση	Αντανακλαστική διαδικασία, με την οποία αποβάλλονται τα κόπρανα από το τελικό τμήμα του παχέος εντέρου, το ορθό.

Β

Βασικά κύτταρα	Κύτταρα του σφρητικού επιθηλίου. Πολλαπλασιάζονται και αντικαθιστούν τους κατεστραμένους σφρητικούς υποδοχείς.
Βιταμίνες	Οργανικές ενώσεις που δρουν ως συστατικά ενζυμικών συστημάτων και μετέχουν σε βασικές μεταβολικές λειτουργίες.
Βλέννα	Υγρό προστασίας των επιθηλίων (π.χ. γαστρεντερικός σωλήνας κλπ.).

Γ

Γαστέρα	Το κεντρικό και συσταλτό τμήμα ενός μυός.
Γευστικοί κάλυκες	Σχηματισμοί στην επιφάνεια της γλώσσας που περιέχουν τους γευστικούς υποδοχείς.
Γλυκαγόνη	Ορμόνη που ρυθμίζει (μαζί με την ινσουλίνη) το μεταβολισμό των υδατανθράκων.
Γραμμωτές μυϊκές ίνες	Μυϊκές ίνες, η λειτουργία των οποίων υπόκειται στη θέλησή μας. Η ονομασία τους οφείλεται στις γραμμώσεις που εμφανίζουν κατά τη μικροσκοπική παρατήρηση.
Γραφιανό ωοθυλάκιο	Το ώριμο ωοθυλάκιο.

Δ

Δενδρίτες	Αποφυάδες των νευρώνων. Οι δενδρίτες μαζί με το σώμα είναι οι κύριες περιοχές όπου το νευρικό κύτταρο δέχεται ερεθίσματα από άλλους νευρώνες.
Δέρμα	Το μεγαλύτερο σε επιφάνεια όργανο του ανθρώπινου σώματος. Είναι αισθητήριο όργανο για αφή, πίεση, πόνο, θερμοκρασία.
Διαρθρώσεις	Οι αρθρώσεις που επιτρέπουν τη μεγαλύτερη δυνατή κινητικότητα των οστών.
Διαφοροποίηση	Αλλαγές στη δομή και λειτουργία των κυττάρων που επιτρέπουν στα κύτταρα

	να παρουσιάζουν κάποιο επιπλέον (εξειδικευμένο) βιοχημικό ή βιολογικό χαρακτηριστικό, πέραν των βασικών κυτταρικών λειτουργιών.
Δίπολα κύτταρα	Νευρώνες της οπτικής νευρικής οδού. Βρίσκονται μεταξύ φωτούποδοχέων (κωνίων-ραβδίων) και γαγγλιακών κυττάρων.
Δίψα	Αίσθημα που αναπτύσσεται στον οργανισμό και αποτελεί τον κύριο ρυθμιστή για την πρόσληψη νερού.
Δυναμικό ενέργειας	(βλ. Νευρική ώση)
Δυναμικό ηρεμίας	Η διαφορά δυναμικού που παρατηρείται ανάμεσα στις δύο πλευρές της κυτταροπλασματικής μεμβράνης (εσωτερική και εξωτερική). Υπάρχει σε όλα τα κύτταρα.
Δυνορφίνες	Οπιοειδή που παράγει ο ίδιος ο οργανισμός.
Ε	
Εγκεφαλονωτιαίο υγρό	Υγρό που παράγεται κυρίως από κύτταρα του εγκεφάλου. Μοιάζει πολύ με το πλάσμα του αίματος και περιβάλλει τον νευρικό ιστό στον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό.
Εγκέφαλος	Το εξελικτικά νεώτερο τμήμα του ΚΝΣ. Σ' αυτό υπάρχουν τα κέντρα ελέγχου όλων των ζωτικών αλλά και των ανώτερων νοητικών λειτουργιών.
Εγκεφαλίνες	Χημικές ουσίες που παράγει ο οργανισμός και (μάλλον) καταστέλλουν τον πόνο.
Έλυτρο του Bowman	Η κάψα που περιβάλλει το αγγειώδες σπείραμα στον νεφρώνα.
Εμμηνορρυσιακός κύκλος	Η κυκλική λειτουργία του γυναικείου αναπαραγωγικού συστήματος. Περιλαμβάνει την πορεία ζωής ενός ωαρίου, οι οποίες συνοδεύονται από σημαντικές ορμονικές αλλαγές στις διάφορες φάσεις του κύκλου.
Εμφύτευση	Η προσκόλληση του εμβρύου στο ενδομήτριο με τη βοήθεια προεκβολών του τροφοβλάστη.
Ενδομήτριο	Ο βλεννογόνος χιτώνας που περιβάλλει εσωτερικά τη μήτρα. Υφίσταται διάφορες μεταβολές κατά τον ενδομήτριο κύκλο.
Ενδορφίνες	Οπιοειδή που παράγονται φυσιολογικά από τον οργανισμό.
Εξάρθρωση	Βλάβη κατά την οποία απομακρύνονται οι αρθρικές επιφάνειες των οστών απο τη θέση τους.
Επενδυματικά κύτταρα	Επενδύουν τις κοιλίες του εγκεφάλου και τον κεντρικό σπονδυλικό σωλήνα του νωτιαίου μυελού. Κύριοι παραγωγοί του ΕΝΥ.
Εφίδρωση	Μηχανισμός απώλειας νερού από το σώμα, μέσω του ιδρώτα.
Ζ	
Ζυγωτό	Το διπλοειδές κύτταρο που προκύπτει απο τη σύντηξη ενός ωαρίου κι ενός σπερματοζωαρίου.
Η	
Ημικύκλιοι σωλήνες	Σύστημα τριών αγωγών στο εσωτερικό αυτί, που μαζί με την αιθουσαία συσκευή είναι υπεύθυνο για το αίσθημα ισορροπίας.

Ήπαρ	Όργανο με πολλαπλή λειτουργία. Συμμετέχει στην πέψη (παραγωγή χολής κλπ), εκκρίνει ορμόνες, αποθηκεύει γλυκογόνο, εξουδετερώνει παθογόνες ουσίες κλπ.
Ηπατίτιδα	Ασθένεια μολυσματική, που οφείλεται στους ιούς της ηπατίτιδας Α, Β και C. Μεταδίδεται σεξουαλικά, με μολυσμένο αίμα και μολυσμένες σύριγγες.
Θ	
Θυρεοειδής αδένας	Αδένας ο οποίος βρίσκεται στην πρόσθια επιφάνεια της τραχείας.
Θυροξίνη	Ορμόνη που εκκρίνεται από τον θυρεοειδή αδένα και ρυθμίζει το μεταβολισμό των κυττάρων.
Ι	
Ιδρωτοποιοί αδένες	Όργανα-αδένες του οργανισμού, από τους οποίους εκκρίνεται ο ιδρώτας (απώλεια νερού μαζί με χλωριούχο νάτριο).
Ινσουλίνη	Ορμόνη η οποία εκκρίνεται από την ενδοκρινή μοίρα του παγκρέατος και μειώνει την ποσότητα της γλυκόζης στο αίμα.
Ιός HIV	(Ιός της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας). Ιός που προσβάλλει τα λεμφοκύτταρα προκαλώντας τον αποδεκατισμό του αμυντικού συστήματος του οργανισμού. Μεταδίδεται με τη σεξουαλική επαφή ή μέσω προϊόντων του αίματος. Υπάρχουν φορείς χωρίς συμπτώματα ή ασθενείς με το σύνδρομο της επίκτητης ανοσολογικής ανεπάρκειας (AIDS), που είναι πολύ σοβαρή νόσος. Για την προστασία από τον ιό απαιτούνται ειδικά προστατευτικά μέτρα.
Ιοί των ανθρώπινων θηλωμάτων	Είναι το αίτιο ενός σεξουαλικά μεταδιδόμενου νοσήματος, για το οποίο δεν υπάρχει ριζική θεραπεία. Πολλοί είναι και οι ασυμπτωματικοί φορείς των ιών αυτών.
Ίριδα	Έγχρωμος δίσκος μπροστά από τον φακό.
Ιστός	Σύνολο κυττάρων που έχουν την ίδια μορφολογία και συμμετέχουν στην ίδια λειτουργία.
Κ	
Candida	Μύκητας που προκαλεί μυκητιάσεις του κόλπου. Η μετάδοσή τους γίνεται κυρίως με την σεξουαλική επαφή και τις κολπικές εκκρίσεις.
Κάταγμα	Ράγισμα ή σπάσιμο ενός οστού.
Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ)	Ο εγκέφαλος μαζί με το νωτιαίο μυελό. Πρόκειται για τον ιστό που περιβάλλεται από το ΕΝΥ και προστατεύεται από ισχυρά συστήματα οστών.
Κερατοειδής χιτώνας	Μέρος του εξωτερικού χιτώνα (διαφανής). Συμμετέχει στη διαδικασία της εστίασης.
Κινητικοί νευρώνες	Νευρώνες, το σώμα των οποίων είναι στο ΚΝΣ ενώ οι άξονες οδεύουν εκτός ΚΝΣ προς τους μύες που ελέγχουν.
Κολλαγόνο	Μια από τις πιο μαζικές πρωτεΐνες του σώματος (περίπου το 1/3). Βρίσκεται σε ιδιαίτερη πυκνότητα στους χόνδρους, τους τένοντες, τους συνδέσμους και τα οστά.
Κόρη	Οπή στο κέντρο της ίριδας.

Κοχλίας	Σωλήνας μήκους τριών εκατοστών που μοιάζει με κέλυφος σαλιγκαριού και βρίσκεται στο εσωτερικό αυτί. Περιέχει τους υποδοχείς του ήχου.
Κύτταρα Schwann	Παράγουν τη μυελίνη που περιβάλλει τους νευράξονες στα περιφερικά νεύρα.
Κωνίο	Εξειδικευμένος φωτοϋποδοχέας που ευθύνεται για την έγχρωμη όραση σε συνθήκες έντονου φωτισμού.
Λ	
Λείες μυϊκές ίνες	Οι μυϊκές ίνες των λείων μυών. Η λειτουργία τους δεν υπόκειται στη θέλησή μας.
Λεμφαγγεία	Τα αγγεία του λεμφικού συστήματος.
Λεμφαδένες	Μικροί αδένες σε συγκεκριμένα σημεία του λεμφικού συστήματος, συνήθως κοντά στις πύλες εισόδου των παθογόνων μικροοργανισμών στο σώμα.
Μ	
Μάθηση	Η διαδικασία μέσω της οποίας η εμπειρία τροποποιεί τη συμπεριφορά ενός οργανισμού.
Μνήμη	Η ικανότητα ενός οργανισμού να αποθηκεύει πληροφορίες από το περιβάλλον και να τις ανακαλεί αργότερα.
Μνήμη βραχείας διάρκειας	Σύστημα πρόσκαιρης αποθήκευσης πληροφοριών με περιορισμένη χωρητικότητα. Απαιτεί επαναλήψεις.
Μνήμη μακράς διάρκειας	Σύστημα σχετικά μόνιμης αποθήκευσης, χωρίς πρόβλημα χωρητικότητας. Τέτοιου είδους είναι η μνήμη γνώσεων και η μνήμη συνηθειών.
Μαλπιγγιανό σωμάτιο	Η κάψα του Bowman και το αγγειώδες σπείραμα ενός νεφρώνα.
Μεμβράνη	Εξωεμβρυϊκή μεμβράνη από την οποία σχηματίζονται τα αγγεία του ομφάλιου λώρου.
Μεταβολισμός	Το σύνολο των βιοχημικών μεταβολών που γίνονται στα κύτταρα των οργανισμών. Περιλαμβάνει τον αναβολισμό και τον καταβολισμό.
Μεταμόσχευση οργάνου	Η λήψη ενός οργάνου από ένα υγιές άτομο (δότης), σε ένα άτομο ασθενές ως προς το όργανο αυτό (δέκτης).
Μήτρα	Το εσωτερικό γεννητικό όργανο της γυναίκας μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το έμβρυο.
Μικρογλοιακά κύτταρα	Μακροφάγα κύτταρα τα οποία βοηθούν τόσο στην άμυνα του νευρικού ιστού έναντι παθογόνων μικροοργανισμών όσο και στην αποικοδόμηση των νεκρών νευρώνων.
Μυελός νεφρού	Ο εσωτερικός (και πιο ανοιχτόχρωμος) ιστός του νεφρού (μυελώδης μοίρα).
Μυελός των οστών	Το εσωτερικό, μαλακό τμήμα των οστών, πλούσιο σε συνδετικό ιστό.
Μυϊκός κάματος	Κατάσταση κατά την οποία ο μυς είναι ανίκανος να συσταλεί, ακόμη και αν δέχεται νευρικά ερεθίσματα.

N

Νευράξονας	Αποφυάδα του νευρώνα μέσω της οποίας άγεται η νευρική ώση καθ' οδόν προς τις συνάψεις.
Νευρική ώση	(ή Δυναμικό Ενέργειας). Στιγμιαία μεταβολή του δυναμικού της μεμβράνης των νευρώνων που οφείλεται στην αλλαγή της διαπερατότητας της μεμβράνης για τα ιόντα Na^+ και K^+ . Άγεται με μεγάλη ταχύτητα επάνω στους νευράξονες και αποτελεί τον κώδικα οδηγιών προς τα μετασυναπτικά κύτταρα (νευρικά, μυϊκά, αδενικά).
Νευροδιαβιβαστές	Ουσίες μικρού μεγέθους που συνθέτονται στο σώμα των νευρώνων, μεταφέρονται μέσω των αξόνων στις συνάψεις, αποθηκεύονται στα συναπτικά κυστίδια και απελευθερώνονται στις (χημικές) συνάψεις. Η απελευθερωσή τους στη συναπτική σχισμή μεταβάλλει τις ηλεκτρικές ιδιότητες της μετασυναπτικής μεμβράνης.
Νευρώνας	Ο τύπος κυττάρου που συναντάται κυρίως στο νευρικό ιστό. Μπορεί να διεγείρεται στιγμιαία (παραγωγή νευρικών ώσεων) και να άγει αυτές τις διεγέρσεις μέσω των αξόνων του σε μεγάλες αποστάσεις, συντονίζοντας τη λειτουργία άλλων κυττάρων.
Νεφρική αρτηρία	Αρτηρία που εισέρχεται στο νεφρό από την πύλη. Είναι κλάδος της αορτής και διαιρείται στα προσαγωγά αρτηρίδια.
Νεφρική πύελος	Μια κεντρική περιοχή του νεφρού, με τη μορφή εγκόλπωσης. Βρίσκεται στο εσωτερικό του μυελού και παραλαμβάνει τα ούρα από τα αθροιστικά σωληνάκια.
Νεφρική φλέβα	Αιμοφόρο αγγείο που εξέρχεται από την πύλη του νεφρού.
Νεφρός	Όργανο του ουροποιητικού συστήματος, που παράγει και εκκρίνει τα ούρα.
Νεφρώνας	Η λειτουργική και ανατομική μονάδα του νεφρού. Σε κάθε νεφρό υπάρχουν 1.000.000 περίπου νεφρώνες. Ο καθένας τους είναι σε θέση να σχηματίζει ούρα μόνος του.

O

Οισοφάγος	Μυώδης σωλήνας που συνδέει το φάρυγγα με το στομάχι.
Οιστρογόνα	Οι ωοθηκικές γυναικείες ορμόνες (οιστραδιόλη κλπ).
Ολιγοδενδροκύτταρα	Κύτταρα της νευρογλοίας που επιτελούν τη μυελινοποίηση αξόνων στο ΚΝΣ.
Ομοιόσταση	Η διατήρηση σταθερών συνθηκών στο εσωτερικό περιβάλλον του οργανισμού (θερμοκρασία, πίεση του αίματος, pH κ.ά.).
Ομφάλιος λώρος	Η δομή που συνδέει το έμβρυο με τον πλακούντα και περιέχει αγγεία.
Οπτική θηλή	Το σημείο του αμφιβληστροειδούς που δεν έχει φωτοϋποδοχείς, διότι από εκεί ξεκινά το οπτικό νεύρο. Είναι η αιτία ύπαρξης του τυφλού σημείου.
Οπτικό νεύρο	Σχηματίζεται από τους άξονες των γαγγλιακών κυττάρων και μεταφέρει τις οπτικές πληροφορίες από το μάτι στον εγκέφαλο.
Οπτικό χίασμα	Το σημείο στο οποίο διασταυρώνονται τα δύο οπτικά νεύρα.
Ορατό φως	Το τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μεταξύ μήκους κύματος 350-750 nm, το οποίο διεγείρει τους φωτοϋποδοχείς.
Όργανο	Ιδιαίτερη δομή στην οποία συμμετέχουν (συνήθως) όλα τα είδη ιστών, αλλά

	με εξειδίκευση ως προς την επιτελούμενη λειτουργία.
Όργανο του Corti	Σχηματισμός στο εσωτερικό του κοχλία που περιέχει τους υποδοχείς του ήχου.
Οριζόντια κύτταρα	Νευρικά κύτταρα που συνάπτονται με τα κωνία και τα ραβδία.
Όρχεις	Οι γεννητικοί αδένες του άνδρα.
Οστεοβλάστες	Τα κύτταρα του οστίτη ιστού που παράγουν κολλαγόνο και ανόργανους κρυστάλλους. Εγκλωβίζονται στα στερεά προϊόντα τους και μετατρέπονται σε οστεοκύτταρα.
Οστεογένεση	Διαδικασία δημιουργίας, ανάπτυξης και αύξησης των οστών.
Οστεοπόρωση	Πάθηση που αφορά στην ατροφία και παραμόρφωση των οστών, τα οποία εμφανίζουν πόρους κυρίως λόγω έλλειψης ασβεστίου.
Όσφρητικό επιθήλιο	Εξειδικευμένο επιθήλιο στο εσωτερκό της ρινικής κοιλότητας, υπεύθυνο για την όσφρηση.
Ουρήθρα	Το όργανο σωλήνας, που απομακρύνει τα ούρα από την ουρήθρα στο περιβάλλον.
Ουρηθρίδα	Η ουρολοίμωξη της ουρήθρας.
Ουρία	Συστατικό των ούρων, προϊόν του μεταβολισμού των αμινοξέων.
Ουροδόχος κύστη	Όργανο του ουροποιητικού συστήματος. Αποθηκεύει τα ούρα, πριν να αποβληθούν από την ουρήθρα.
Ουροποιητικά όργανα	Τα κύρια όργανα απέκκρισης του οργανισμού.
Ουροφόρα όργανα	Όργανα του ουροποιητικού που συμμετέχουν στην απέκκριση των ούρων.
Οφθαλμικός βολβός	Το κυρίως μέρος του ματιού. Σχηματίζεται από τρεις χιτώνες.
Οψίνη	Η φωτοευαίσθητη χρωστική των ραβδίων.

Π

Πάγκρεας	Μικτός αδένες στο πίσω μέρος του στομάχου. Από την ενδοκρινή μοίρα του παγκρέατος παράγονται οι ορμόνες που ρυθμίζουν το μεταβολισμό των υδατανθράκων ενώ από την ενδοκρινή μοίρα το παγκρεατικό υγρό για την πέψη υδατανθράκων, λιπών, πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων.
Παρασυμπαθητικό σύστημα	Ένας από τους δύο ανταγωνιστικούς κλάδους του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος.
Περίοστεο	Υμένος από πυκνό συνδετικό ιστό, που περιβάλλει όλο το οστό εκτός από τις αρθρικές επιφάνειες.
Περιοχή Broca	Περιοχή του φλοιού στο μετωπιαίο λοβό. Ελέγχει την κίνηση των μυών που σχετίζονται με την έκφραση του λόγου. Καταστροφή της προκαλεί μια διαταραχή που ονομάζεται αφασία Broca.
Πέψη	Διαδικασία αποικοδόμησης της τροφής σε μόρια που μπορούν να απορροφηθούν από το εντερικό επιθήλιο.
Πεψίνη	Η ενεργή ενζυμική μορφή του πεψινογόνου. Εκκρίνεται στο στόμαχο και διασπά τις είναι ένζυμο διάσπασης των πρωτεϊνών.
Περιοχή Wernicke	Περιοχή του φλοιού του κροταφικού λοβού που σχετίζεται με την κατανόηση του νοήματος των λέξεων και την παραγωγή λόγου με νόημα. Καταστροφή

	της προκαλεί μια διαταραχή που ονομάζεται αφασία Wernicke.
Πλακούντας	Το όργανο που σχηματίζεται απο το χόριο του εμβρύου και απο τους ιστούς του ενδομητρίου. Διαμέσου αυτού το έμβρυο εξασφαλίζει τις θρεπτικές ουσίες και απομακρύνει τις άχρηστες. Ο πλακούντας εκκρίνει προγεστερόνη και οιστρογόνα που εμποδίζουν την ωρίμανση νέων ωοθυλακίων.
Πόροι μεμβράνης	Πρωτεϊνικές "σήραγγες" στην κυτταροπλασματική μεμβράνη που επιτρέπουν τη διέλευση ιόντων από τη μια πλευρά της (κατά τα άλλα αδιαπέραστης) μεμβράνης στην άλλη. Στην συντριπτική τους πλειοψηφία εμφανίζουν μεγάλη ειδικότητα ως προς τα ιόντα που επιτρέπουν να περάσουν μέσα από αυτές.
Πρόοουρο	Το προϊόν της διήθησης των ούρων. Πρόκειται ουσιαστικά για το πλάσμα του αίματος, χωρίς τις πρωτεΐνες του.
Προσταγλανδίνη	Ορμόνη που εκλύεται στο σημείο βλάβης των ιστών ή στο σημείο φλεγμονής και αυξάνει την ευαισθησία των υποδοχέων πόνου.
Πτυαλίνη	Ένζυμο του σάλιου, που διασπά υδατάνθρακες.
P	
Ραβδίο	Φωτοϋποδοχέας υπεύθυνος για την "ασπρόμαυρη" όραση στο σκοτάδι.
Σ	
Σάλιο	Υγρό με ασθενή αλκαλική σύσταση. Περιέχει νερό, βλέννα, λυσοζύμη, πτυαλίνη και άλλες ουσίες. Παράγεται απο τους σιελογόνους αδένες.
Σαρκείλημα	Η κυτταρική μεμβράνη των μυικών κυττάρων.
Σαρκόπλασμα	Το κυτταρόπλασμα των μυικών κυττάρων.
Σαρκοπλασματικό δίκτυο	Το ενδοπλασματικό δίκτυο των μυικών ινών. Παίζει το ρόλο δεξαμενής Ca^{2+} .
Σαρκομέριο	Η επαναλαμβανόμενη δομή στις γραμμωτές μυϊκές ίνες που παρουσιάζει την ιδιότητα της συστολής. Αποτελείται από τους δίσκους Z και τα νημάτια ακτίνης και μυοσίνης.
Σεξουαλικά μεταδιδ. νοσήματα	Νοσήματα που μεταδίδονται κατά κύριο λόγο με την σεξουαλική επαφή και έχουν δυσάρεστες συνέπειες, όπως η στειρότητα, η νοσηρότητα, ακόμη και θνησιμότητα. Απαιτούν κατάλληλα μέτρα πρόληψης.
Σπερματογέννεση	Η διαδικασία της παραγωγής σπερματοζωαρίων στον άντρα.
Σπερματοζωάριο	Ο γαμέτης του άνδρα.
Σπονδυλική στήλη	Σύστημα εξειδικευμένων οστών, των σπονδύλων, που προστατεύει το νωτιαίο μυελό παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα μικρής κίνησης της στήλης. Στο ανώτερο άκρο της στήλης συνδέεται το κρανίο, ενώ από τους θωρακικούς σπονδύλους ξεκινούν οι θωρακικές πλευρές. Μεταξύ στήλης και νωτιαίου μυελού βρίσκεται το ΕΝΥ.
Στόμαχος	Μυώδης σάκκος για την προσωρινή αποθήκευση της τροφής αλλά και μερική απορρόφηση και πέψη των τροφών.
Συμπαθητικό σύστημα	Ένας από τους δύο ανταγωνιστικούς κλάδους του ΑΝΣ.
Συναρθρώσεις	Άρθρωση, όπου τα αρθρούμενα οστά έχουν ελάχιστη ή μηδενική δυνατότητα κίνησης.

Σύναψη	Η λειτουργική σύνδεση ενός νευρικού κυττάρου με ένα άλλο νευρικό, αδενικό ή μυϊκό κύτταρο. Τόπος απελευθέρωσης των νευροδιαβιβαστών.
Σύνδεσμοι	Ταινίες από παχύ συνδετικό ιστό που συγκρατούν τα αρθρούμενα οστά και καθορίζουν το εύρος των κινήσεων).
Σύστημα ανάδρασης	Διορθωτικός μηχανισμός, που ενεργοποιείται όταν κάποιος παράγοντας του εσωτερικού περιβάλλοντος του οργανισμού παρεκκλίνει από τα κανονικά επίπεδα.
Σφύρα	Ένα από τα οστάρια του μεσαίου αυτιού.

Τ

Τριχομονάδα	Πρωτόζωο που αποτελεί αιτία πολλών κολπικών λοιμώξεων.
Τριχοφόρα κύτταρα	Υποδοχείς του ήχου αλλά και της ισορροπίας.
Τύμπανο	Ο υμένας που βρίσκεται στο εξωτερικό αυτί.

Υ

Υαλώδες σώμα	Ημίρρευστη διαφανής ουσία που υπάρχει στο χώρο ανάμεσα στο φακό του ματιού.
Υδατοειδές υγρό	Υγρό που υπάρχει ανάμεσα στον κερατοειδή χιτώνα και στο φακό του ματιού.
Υπέρηχοι	Ήχοι με συχνότητα μεγαλύτερη από 20.000 Hz.
Υπερμετρωπία	Διαταραχή της όρασης, κατά την οποία η εστίαση ενός κοντινού αντικειμένου γίνεται πίσω και όχι πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.
Υποδοχείς	Εξειδικευμένα κύτταρα που μετατρέπουν μια φυσικοχημική παράμετρο (θερμοκρασία, πίεση, φως, κλπ.) σε νευρικές ώσεις.
Υπόηχοι	Ήχοι με συχνότητες μικρότερες από 16 Hz.
Υπόφυση	Αδένας ο οποίος βρίσκεται στη βάση του κρανίου και ελέγχει την εκκριτική λειτουργία των άλλων ενδοκρινών αδένων.

Φ

Φάρυγγας	Ινομυώδης σωλήνας που συνδέει το στόμα με οισοφάγο αλλά και τη μύτη με τον λάρυγγα.
Φλοιός νεφρού	Η εξωτερική σκουρόχρωμη περιοχή του νεφρού.
Φωτοευαίσθητες ενώσεις	Ειδικές ενώσεις των φωτοϋποδοχέων που απορροφούν την φωτεινή ενέργεια.
Φωτοϋποδοχείς	Τα κωνία και τα ραβδία.

Χ

Χημειοϋποδοχείς	Ειδικά νευρικά κύτταρα που ανιχνεύουν χημικές ενώσεις.
Χλαμύδια	Βακτήρια που αποτελούν το αίτιο ενός πολύ συχνού σεξουαλικά μεταδιδόμενου νοσήματος, που προκαλεί στειρότητα και πόνο. Πολλοί είναι οι ασυμπτωματικοί φορείς της νόσου.

Χόνδρος	Σκληρός συνδετικός ιστός που περιβάλλει τα οστά σε συγκεκριμένα σημεία. Από κύτταρα του χόνδρινου ιστού ξεκινά η χονδρογενής οστεογένεση.
Χυλός	Η μάζα της τροφής, όπως διαμορφώνεται από τα διάφορα πεπτικά υγρά στο στομάχο και το λεπτό έντερο. Η μετατροπή της τροφής σε χυλό είναι απαραίτητη για να γίνει η πέψη των θρεπτικών συστατικών από το εντερικό επιθήλιο.
	
Ωογέννηση	Η διαδικασία σχηματισμού του ώριμου ωαρίου.
Ωοθήκες	Οι γεννητικοί αδένες της γυναίκας.
Ωοθηλάκιο	Συσσωμάτωμα κυττάρων των ωοθηκών, μέσα στα οποία ωριμάζει το ωάριο.
Ωοθηλακιορρηξία	Η ρήξη του ωοθηλακίου και η απελευθέρωση ενός ώριμου ωαρίου.
Ωσμορύθμιση	Η λειτουργία ελέγχου της συγκέντρωσης των υγρών του σώματος.
Ωτόλιθοι	Κρύσταλλοι ανθρακικού ασβεστίου στην αιθουσαία συσκευή.
Ωχρή κηλίδα	Το σημείο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα με την οξύτερη όραση.
Ωχρο σωματίο	Η δομή στην οποία μετατρέπεται το ωοθηλάκιο μετά την ωοθηλακιορρηξία. Παράγει την ορμόνη προγεστερόνη.
Ωάριο	Ο γαμέτης της γυναίκας (το ωοκύτταρο από την πρώτη μειωτική διαίρεση).

Βιβλιογραφία

- Καρπάθιος Σ., *Μαιευτική - Περιγεννητική Ιατρική και Γυναικολογία*, Αθήνα (1984)
- Μπέης Δ., *Μαθήματα Φυσιολογίας Ζώων - Γιαχούδης/Γιαπούλης*, Θεσσαλονίκη (1993)
- Παπαεναγγέλου Γ., Φαρμάκης Γ., *Πρόληψη & έλεγχος λοιμωδών νοσημάτων*, Αθήνα (1998)
- Παπαδημητρίου Α, Γαλάνης Ο., *Αντισύλληψη, πρακτική και προοπτικές*, Λίτσας (1995)
- Παυλάτου Μ., *Ανοσολογία*, 2η Έκδοση, Λίτσας (1987)
- Σάββας Λ., *Επίτομη ανατομική του ανθρώπου*, Αθήνα (1979)
- Χατζημηνάς Ι., *Επίτομος Φυσιολογία*, Αθήνα (1979)
- Χατζηπέτρου Κ., Κουρουνάκη Α., *Ανοσοβιολογία*, UNIVERSITY S. P., Θεσσαλονίκη (1987)
- Alberts B., *Molecular Biology of the cell* - 2nd edition Garland Publishing, New York (1989)
- Arms K., Camp P. S., *Biology "a journey into life"* W.B. Saunders Company (1988)
- Atkinson R.L., Atkinson R. C., Smith E. E., Bem D. J., Nolen-Hoeksema S.,
Hilgard's Introduction to Psychology, Harcourt Brace, 12th ed.(1996)
- Bloom F. E. and Lazerson A., *Brain, Mind and Behavior* - Freeman, 2th ed. (1988)
- Carlson N. R., *Physiology of behavior*, Allyn and Bacon, 5th ed. (1994)
- Chirass D. D., *Biology, The Web of Life* - West Publishing Company (1993)
- Daus P, *Neurologisch-topische diagnostik*, 5th ed., Thieme, Stutgare (1990)
- Despopoulos K., Silbernagl S., *Εγχειρίδιο Φυσιολογίας*, Λίτσας, (1989).
- Eckert R., Randal G., French M., Burggreen A., *Eckerts Animal Physiology*, Freeman and Co.(1997)
- Fox S.I, *Human Physiology* - 4th edition - Wm.C Brown Publisher, Oxford (1993)
- Gray's Anatomy, Churchill, Livingstone, (1995)
- Gregger R., Windhorst U., *Comprehensive Human Physiology*, Springer Verlag (1997).
- Guyton A., *Φυσιολογία του ανθρώπου* - Εκδόσεις Λίτσας (1990)
- Hole J.W.Jr, *Human Anatomy and Physiology*, 5th ed., (1992)
- Junqueira B., Carneiro A., *Basic Histology*, 2nd Edition, Lange Medical Publications (1977)
- Kaskel A., Hummer P. Jr. - Daniel L., *Biology*, Macmillan/McGraw Hill (1992)
- Kiss F., Szentagothai J., *Ατλας ανατομικής του ανθρώπινου σώματος*, Τ. II, Ματράγκας (1986)
- Leonardt H., *Εσωτερικά όργανα* - τόμος II (1985)
- Netter F., *The CIBA Collection of Medical Illustration Vol. 7 Respiratory System* (1989)
- Page E., *Human Reproduction*, W.B. Saunders co, Philadelphia, London, Toronto (1972)
- Purres W.K., Ovians G.H., Heller H.G., *Life, The science of Biology*, 4th ed., (1996)
- Raven K., Johnson M., *Biology*, International Edition, 2nd ed., (1989)
- Schauer W.D., Stoltze H.J., *Biology, the study of life* (1983)
- Simpkins J., Williams I.J., *Advaned Human Biology*, Nottingham (1989)
- Stryer L., *Βιοχημεία* - Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (1995)
- Sutton N., *Εισαγωγή στην Γενετική του ανθρώπου*, (1981)
- Vander A., Sherman J., Luciano D., *Human Physiology* - University of Michigan (1994)
- Vileec A., *Biology*, 2nd ed., - Saunders College Publishing (1988)

Ευρετήριο Όρων

Α	
Αγγειώδες σπείραμα,	182, 183
αγκύλη του Henle,	182, 184
αδένες,	57, 58, 60, 69, 73
άδηλη απώλεια νερού,	180
αδρεναλίνη,	57, 58, 60,
αεροθυλάκια,	170
αθηρωματικές πλάκες,	157
αθροιστικό σωληνάριο,	182, 184
αίθουσα,	49, 54
αιμάτωση ιστών,	153
αιμοκάθαρση,	187
αιμοπετάλια,	136, 138, 139
αιμοσφαιρίνη,	136, 137
ακετυλοχολίνη,	24, 25, 28, 57, 90
άκμονας,	46
ακουστικά κέντρα,	47
ακουστικό νεύρο,	47
ακουστικός πόρος,	46
ακτίνη,	88, 91
ακτινωτό σώμα,	40, 41
αλγοϋποδοχείς,	54
αλδοστερόνη,	57, 60
αλμυρό,	50
αμυγδαλές,	79
αμυγδαλή,	79,
αναβολέας,	46, 106
αναπνευστικά βρογχιόλια,	169
αναπνευστικός βλεννογόνος,	165
αναπνευστικό κέντρο,	171, 172
αναπνευστικό σύστημα,	10, 35, 80
αναπνευστικοί μυς,	170, 172,
αναπνευστικό επιθήλιο,	174
ανερέθιστη περίοδος,	23, 24, 28
ανόργανα συστατικά,	101
ανταγωνιστές μύες,	92
ανταμοιβή - τιμωρία,	73, 75, 82
αντανακλαστικά,	25, 26, 27, 28, 75
αντανακλαστικό ούρησης,	185
αντιγόνα	139, 140
αντιγόνο Rhesus,	139, 140, 141
αντιδιουρητική ορμόνη,	58, 60, 63, 186
αντισώματα,	139, 140
αντλία K ⁺ -Na ⁺ ,	19, 20, 28
άνω άκρα,	105, 106, 108
άνω γνάθοι,	106
άνω κοίλη φλέβα,	150
άνω ρινικές κόγχες,	16
ανώνυμα οστά,	108
άξονας,	100

αορτή,	144, 149, 150, 151, 155, 156, 159, 160, 162, 169, 172, 181,
απαγωγή αρτηρίδια,	183, 184
απαγωγή και στροφή,	105
απομακρυσμένο σπειροειδές τ.,	182
απτικοί υποδοχείς,	37
αρθρικές επιφάνειες,	100, 104, 107
αρθρική κάψα,	104
αρθρική κοιλότητα,	104
αρθρικό υγρό,	104
αρθρικός χόνδρος,	104
αρθρίτιδες,	108, 109
αρθρώσεις,	99, 102, 103
αριστερό ημισφαίριο,	31, 32, 42, 79
αρτηριακή πίεση,	155, 156, 159
αρτηρίες,	143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 155, 156, 169, 170, 173, 181
αρτηριοσκλήρυνση,	157, 158
αστράγαλος,	108
ασύντακτες πλευρές,	107, 108
άτλας,	107
αύλακες,	32
αυξητική ορμόνη,	59, 62, 63
αυτόνομο νευρικό σύστ. (ΑΝΣ),	34, 36
αυχениκοί σπόνδυλοι,	106, 107
αχρωματοψία,	44

Β	
Βασικά γάγγλια,	79
βιταμίνες,	115, 124, 126, 128, 129
βλέννα,	116, 117, 118, 119, 120, 122, 166, 168, 172, 176
βραχεία οστά,	99, 100, 108, 111
βραχιόνιο,	99, 108
βρόγχια,	169, 177
βρογχιακό δέντρο,	168, 169, 175, 176
βρόγχοι,	165, 168, 169, 170

Γ	
Γαγγλιακά κύτταρα,	40
γαλακτοματοποίηση,	123, 125, 131
γαμέτες,	207, 209, 215
γαστέρα,	85, 87, 90, 96
γαστρικό υγρό,	118, 119, 120
γαστρίνη,	119, 120, 130
γεννητικό σύστημα,	11, 193, 194, 195
γευστικοί κάλυκες,	50
γευστικοί υποδοχείς,	50

γέφυρα,	31
γλυκαγόνη,	61
γλυκό,	50
γλώσσα,	50, 55
γλωττίδα,	166, 167, 178
γναθικό οστό,	106
γνήσιες πλευρές,	107
γνήσιες φωνητικές χορδές,	167
γραμμωτές μυϊκές ίνες,	86, 87

Δ

Δακρυϊκό οστό,	106
δενδρίτες,	17, 27, 28, 32, 37
δεξιό ημισφαίριο,	31, 32, 42, 79, 33
διαρθρώσεις,	104, 105, 106, 108
διαστολική πίεση,	155
διάστρεμμα,	109
διαφοροποίηση,	138
διάφραγμα,	144, 162, 165, 170, 171
διάφυση,	99, 100
διγλώχινη βαλβίδα,	145, 148
διεγκέφαλος,	31, 32, 36
διήθηση,	162, 183, 184, 186
δίπολα κύτταρα,	40
δίσκοι Z,	88, 91
δισκοπάθεια,	109
διττανθρακικά ιόντα,	173, 177, 178, 187
δόντια,	116, 117
δυναμικό ενέργειας,	22, 23, 27, 32, 47
δυναμικό ηρεμίας,	21, 22, 27
δυνορφίνες,	34
δωδεκαδάκτυλο,	118, 119, 120, 122, 123, 125, 126
decibel (dB),	46

Ε

Εγγύς σπειροειδές τμήμα,	182, 183
εγκεφαλικό επεισόδιο,	158
εγκεφαλίνες,	34
εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ENY),	34
εγκέφαλος,	29, 30, 31, 34, 36, 40, 49, 66, 67, 73, 76, 77, 79, 82, 152, 155, 156, 157, 158
ειδικές αισθήσεις,	29, 30, 31
εισπνοή,	147, 167, 170, 171, 175, 176
εκλεκτική επαναρρόφηση,	184
εκπνοή,	167, 170, 171, 174, 175, 176
έκταση,	105
εκτελεστικά όργανα,	34, 66
ελαστικότητα,	146, 158, 176
έλικες,	32

έμμορφα συστατικά αίματος,	135, 136, 141
έμφραγμα μυοκαρδίου,	157
εμφύσημα,	176
ενδοκάρδιο,	144, 157
ενδορφίνες,	34
ενδόστεο,	100
εξάρθρωση,	109
εξαρτημένη αντίδραση,	75
εξαρτημένος ερεθισμός,	75
εξοικείωση,	39, 74
εξωκυττάριο υγρό,	64, 65
επιγλωττίδα,	166, 167, 178
επιγονατίδα,	108
επιθήλιο,	138, 147, 166, 168, 174, 176, 177
επικάρδιο,	144
επιμήκη σωληνάρια,	89, 90
επίφυση,	99, 104
ερεθισμός,	92, 93, 94
ερειστικό σύστημα,	99
ερυθροκύτταρα,	136, 137, 138, 139, 140, 142, 162, 173, 177, 183
ερυθρός μυελός,	102, 175
εσωτερικό αυτί,	46, 47
ετερόλογο ερέθισμα,	35, 36
ευσταχιανή σάλπιγγα,	46
εφίδρωση,	61, 70

Z

Ζυγωματικά,	106
ζυγωτό,	208, 209, 210, 213

H

Ηβική σύμφυση,	108
ηθμοειδές,	106, 112
ημικύκλιοι αγωγοί,	49, 53, 54
ημισφαίρια,	31, 32, 33, 36, 79, 155, 172,
ήπαρ,	61, 69, 72

Θ

Θάλαμος,	31, 32, 53
θεμέλια ουσία,	101, 104
θλάση,	94
θρόμβος αίματος,	138, 139, 155
θύμος αδένας,	161, 162, 164
θυρεοειδής αδένας,	57, 58, 62
θυρεοειδοτρόπος ορμόνη,	58, 60, 63
θυροξίνη,	57, 58, 60, 61
θώρακας,	99, 105, 106, 107
θωρακικοί σπόνδυλοι,	107

Ι	
ιδρώτας,	64, 70, 1789, 180, 186, 188
ιδρωτοποιοί αδένες,	179, 180, 188
ιερό οστό,	107, 108
ιεροί σπόνδυλοι,	107
ίνες,	32, 37, 38, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 144, 145, 146
ινιακό οστό,	106
ινιακό τρήμα,	106
ινσουλίνη,	4, 57, 58, 61, 69, 71, 72, 122
ιππόκαμπος,	79
ίριδα,	35, 40
ισχαιμία,	157
ισχιακό οστό,	108
ιχνοστοιχεία,	115, 126

Κ	
Καμάρα του πέλματος,	106
κάμψη,	105, 107
καρβαμινοαιμοσφαιρίνη,	173, 174, 177, 178
καρδιακές μυϊκές ίνες,	86, 95, 144, 145
καρδιακή ανεπάρκεια,	157
καρδιακή παροχή,	154, 155
καρδιακός μυς,	86, 95
καρκίνος του πνεύμονα,	176
κάταγμα,	109
κατανάλωση ATP,	89, 91
κάτω άκρα,	105, 106, 108
κάτω κοίλη φλέβα,	150, 151, 181, 182
κάψα του Bowman,	182, 183, 189
κεντρικό νευρικό σύστ. (ΚΝΣ),	18, 29, 32, 33, 36, 54
κέντρο ελέγχου,	66
κέντρο καρδιακής λειτουργίας,	155
κέντρο της ακοής,	47
κέντρο της γεύσης,	50
κερκίδα,	106
κλείδα,	108
κνήμη,	99, 106, 108
κοιλίες,	144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 155, 157, 169
κοινό κρυολόγημα,	175
κόκκυγας,	107
κοκκυγικοί σπόνδυλοι,	107
κολλαγόνο,	99, 106, 107
κόλον ,	121, 122
κόλποι,	144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 155, 157, 169
κολποκοιλιακός κόμβος,	145, 155

κόρη,	40, 41
κορτιζόλη,	57, 60, 63
κοτύλη,	105
κοχλίας,	46, 47
κράμπα,	94
κρανίο,	34, 35, 105, 106
κροταφικό οστό,	106
κροταφογναθική διάρθρωση,	104
κυκλοφορικό σύστημα,	10, 133, 142, 143, 155, 161
κυτταρικό σώμα,	17, 36
κύφωση,	108, 109
κυψελίδες,	165, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 179
κωνία,	38, 41, 43, 44, 55

Λ	
Λαγόνιο οστό,	108
λείες μυϊκές ίνες,	86, 146, 195
λείοι μύες,	86
λεκάνη,	100, 108
λεμφαγγεία,	153, 161, 162
λεμφαδένες,	135, 137, 161, 162
λεμφικό σύστημα,	10, 161
λεμφοκύτταρα,	137, 139, 140, 161, 162
λέμφος,	162
λεπτό έντερο,	150, 161
λευκά αιμοσφαίρια,	135, 136, 137, 141
λευκή ουσία,	30, 36
λιποκύτταρα,	6
λοβοί πνευμόνων,	169, 177
λοβός βρεγματικός,	32, 33
λοβός ινιακός,	32, 33
λοβός κροταφικός,	32, 33
λοβός μετωπιαίος,	32, 33, 80
λόρδωση,	109, 110

Μ	
Μακρά οστά,	97, 104, 108, 111
Μαλπιγγιανό σωμάτιο,	182, 183, 189
μεσεγκέφαλος,	
μεσοπλεύριοι μυς,	170, 171
μεσοσπονδύλιοι δίσκοι,	107
μετωπικό οστό,	106
μήνιγγες,	30, 34
μηνοειδής βαλβίδες,	149, 151
μηριαίο οστό,	99, 108
μικρολάχνες,	120, 121
μιτροειδής βαλβίδα,	145, 148
μνήμη,	32, 76, 77, 78, 79
μνήμη βραχείας διάρκ. (ΜΒΔ),	77
μνήμη γνώσεων,	78

μνήμη μακράς διάρκ. (ΜΜΔ),	77
μνήμη συνηθειών,	78
μονοπύρηννα μακροφάγα,	137, 138
μυελικός σωλήνας (αυλός),	99, 102, 111
μυελίνη,	17, 18, 24, 29
μυελοκυψέλες,	101, 102
μυελός των οστών,	102
μυϊκά κύτταρα,	7, 84, 85, 86, 89
μυϊκές ίνες,	7, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94
μυϊκό σύστημα,	10, 93
μυϊκός κάματος,	93
μυοκάρδιο,	90
μυοσίνη,	86, 88, 91

N

Νεύρα,	17
νευράξονας,	17, 18, 23, 25
νευρική ώση,	17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 70
νευρικό σύστημα,	11, 17, 29, 32, 34, 35, 36, 48, 67, 73, 75, 76, 79
νευρικός ιστός,	8, 18
νευρογλοιακά κύτταρα,	17, 18
νευροδιαβιβαστές,	24, 25, 26, 27, 28
νευρομυϊκή σύναψη,	25, 26, 57
νευρώνας, αισθητικός,	18, 19, 50, 51
νευρώνας, ενδιάμεσος,	18, 19, 37, 76
νευρώνας, κινητικός,	18, 19, 25, 26, 29, 31, 36, 37
νευρώνας προσυναπτικός,	24
νευρώνας μετασυναπτικός,	24, 25, 27
νεφρική ανεπάρκεια,	187
νεφρική πύελος,	181, 182, 184, 186, 188
νεφρική φλέβα,	182
νεφρολιθίαση,	186
νεφρώνας,	182, 183, 184, 187, 188
νόθεσ πλευρές,	105
νόθεσ φωνητικές χορδές,	167
νοραδρεναλίνη,	58, 60
νωτιαίος μυελός,	26, 29, 30, 31, 34, 53, 54

Ξ

Ξινό,	50
-------	----

O

Οισοφάγος,	115, 117, 118, 129, 166, 168
ομάδες αίματος,	138, 139, 140, 141
ομιλία,	48, 49, 78, 79, 80, 81, 82

ομοιόσταση,	11, 12, 20, 29, 31, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 126, 179, 185
ομόλογο ερέθισμα,	38
οξεία βρογχίτιδα,	176
οξυαιμοσφαιρίνη,	173, 174, 177
οπτικά κέντρα,	33
οπτική θηλή,	42
οπτικό νεύρο,	42
οπτικό χίασμα,	42
όργανο του Corti,	46, 47
ορθό (απευθυσμένο),	121
ορμόνες,	57, 58, 59, 60, 61, 69, 71, 73, 118, 119, 120, 122, 123, 136, 144, 164, 190, 191, 197, 205, 206, 207, 211, 214, 215, 216, 231

οστά,	32, 39, 46, 48, 59
οστά του καρπού,	100, 108
οστά του μετακαρπίου,	108
οστά του μεταταρσού,	108
οστά του ταρσού,	100, 108
οστέϊνα πετάλια,	101, 102
οστεοβλάστες,	100, 101, 103
οστεογένεση,	103, 111
οστεογονικά κύτταρα,	103
οστεοκλάστες,	100, 101, 111
οστεοκύτταρα,	100, 101, 102, 104
οστεοπόρωση,	110
οστέωση, πυρήνες,	103
οστέωση, υμενογενής,	103
οστέωση, χονδρογενής,	103
οστικά σωληνίσκοι,	101
οστικές κοιλότητες,	101
οστίτης ιστός,	100, 101, 103
οσφρητικό επιθήλιο,	50, 51
οσφυϊκοί σπόνδυλοι,	107
ουρήθρα,	179, 181, 185, 188
ουρητήρες,	188, 181, 184, 185
ουροδόχος κύστη,	179, 185, 181, 184, 188
ουροποιητικό σύστημα,	11, 179, 181, 184, 185, 186
ουροφόρα όργανα,	179, 183, 184, 185, 186
οφθαλμικός βολβός,	40
οψίνη,	43

Π

Παρασυμπαθητικό,	29, 34, 35, 36
παρεγκεφαλίδα,	31, 32, 36, 38, 79
παχύ έντερο,	115, 119, 121, 122, 124, 126
πεπτικό σύστημα,	9, 115
περικαρδιακή κοιλότητα,	144

περικάρδιο,	144, 157
περίοστεο,	100
περιοχή Broca,	80, 82
περιοχή Wernicke,	80
περόνη,	106
πέψη,	115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128,
πεψίνη,	119, 126, 130, 131
πήξη του αίματος,	136, 138, 143, 139
πικρό,	50
πλάσμα,	135, 136, 140, 152, 153, 161, 173, 182, 183, 184, 185
πλατιά οστά,	99, 100, 103, 106, 111
πνευμονία,	175
πνευμονική κυκλοφορία,	151
πολυμορφοπύρηνα,	137, 138
πόροι Ca^{2+} ,	24, 90
πόροι K^{+} ,	20, 21, 22
πόροι Na^{+} ,	20, 21, 22, 25
προλακτίνη,	57, 59, 63, 213
προμήκης μυελός,	31, 155, 169, 171, 177
πρόουρο,	183, 184, 185, 189
προσαγωγά αρτηρίδια,	181, 183, 184
προσαγωγή,	104
προσαρμογή,	39, 44, 45, 48, 52, 74, 75
προτριχοειδικός σφικτήρας,	147
πτυαλίνη,	116, 117, 124
πυελική ζώνη,	106
πύελος,	106
πυθμένας,	118
πυλαία φλέβα,	124, 150, 160
πυλωρική περιοχή,	118, 119

P

Ραβδία,	38, 41, 43, 44, 55
ραχίτιδα,	108
ρετινίνη,	43, 44
ρινικά οστά,	106
ροδοψίνη,	43
ρουθούνι,	165

Σ

Σαρκομέριο,	86, 87, 88, 91, 95, 96
σαρκόπλασμα,	87, 89, 90, 91
σαρκοπλασματικό δίκτυο,	86, 88, 89
σιελογόνοι αδένες,	116, 117
σκελετικοί ή γραμμωτοί μύες,	86, 87
σκελετός,	99

σκελετός του κορμού,	105
σκολίωση,	109
σπασμολυτικά,	186
σπλήνας,	135, 136, 150, 161, 162, 164
σπογγώδη οστέινη ουσία,	99, 100
σπονδυλική στήλη,	105
σπονδυλικό τμήμα,	107
σπόνδυλοι,	102, 103, 106, 107
σταφυλή,	116
στέλεχος,	31, 34, 38, 67, 68, 171
στέρνο,	99, 102, 104, 107, 108
στεφανιαία κυκλοφορία,	148, 149, 157
στεφανιαίες αρτηρίες,	149, 157
στεφανιαίος κόλπος,	149, 151
στηθάγχη,	157
στοματική κοιλότητα,	163, 165, 166, 167
στόμαχος,	61, 115, 118, 121, 150, 166
συγχόνδρωση,	104
συμπαγής οστέινη ουσία,	99, 100
συμπαθητικό σύστημα,	32, 34, 60, 36
συναπτικά κυστίδια,	24
συναρθρώσεις,	103, 106
σύναψη,	18, 24, 25, 28, 57, 89, 90
σύνδεσμοι,	104, 107
συνδέσμωση,	103
συνδετικός ιστός,	6, 104
συνειρμική μάθηση,	74, 75, 76, 82
συνοδό πλαίσιο,	77, 78
συνοστέωση,	104
συντελεστική εξάρτηση,	75, 82
σύστημα αρνητικής ανάδρασης,	66, 67, 68, 70, 72
σύστημα ενδοκρινών αδένων,	57, 62, 63, 65
σύστημα θετικής ανάδρασης,	66
σύστημα εγκάρσιων σωλην. T,	88, 89, 90, 95
συστήματα ανάδρασης,	66, 67, 68, 70, 72
συστηματική κυκλοφορία,	148, 149, 164
συστολή,	142, 145, 146, 154, 155
συστολική πίεση,	155
σφηνοειδές,	106
σφυγμός,	156
σφύρα,	106
σωλήνας Havers (οστεώνας)	100, 101, 102, 112
σωματισθητικοί χάρτες,	33
σωματικές αισθήσεις,	39
σωμάτιο Pacini,	52

T

Τελικές δεξαμενές,	89, 90, 91
τελική κινητική πλάκα,	89, 90, 96

τένοντες,	85, 87, 88, 94, 95, 96, 98, 99, 104, 108
τοκετός,	212, 213
τραχεία,	165, 168, 175, 177
τριγλώχινη βαλβίδα,	145
τριχοειδή,	136, 138, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 161, 162, 170, 172, 173, 174, 179, 181, 182, 183, 184
τριχοφόρα κύτταρα,	46, 47
τύμπανο,	46
τυφλό σημείο,	42
τυφλό έντερο,	121, 122, 131

Υ

Ύνιδα,	106
υοειδές οστό,	106
υπεζωκότας υμένας,	168, 169
υπέρηχοι,	48
υπερώα,	106
υποδοχείς θερμού,	51
υποδοχείς πίεσης,	51
υποδοχείς πόνου,	51
υποδοχείς ψυχρού,	51
υποδοχείς,	2, 5, 19, 31, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 66, 73, 74, 90, 156, 157, 174, 175
υπόηχοι,	48
υποθάλαμος,	32, 59, 60, 70
υπόφυση,	31, 32, 57, 58, 59, 60

Φ

Φαιά ουσία,	28, 30, 36
φακός,	40, 41
φάλαγγες δακτύλων,	99, 108
φάρυγγας,	163, 165, 166
φατνία,	116
φλέβες,	143, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 155, 162, 169, 170, 182
φλεβόκομβος,	154, 155
φλοιός των ημισφαιρίων,	33, 34, 37, 38, 79, 80
φτέρνα,	108
φυματίωση,	175
φωτοευαίσθητες ενώσεις,	43
φωτοϋποδοχείς,	38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

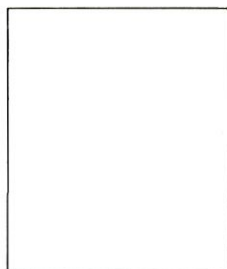
Χ-Ψ

Χημειοϋποδοχείς,	38, 50
χιτώνας αμφιβληστροειδής,	39, 40, 41, 42, 43
χιτώνας κερατοειδής,	40, 45
χιτώνας μεσαίος,	40, 41
χιτώνας σκληρός,	40
χιτώνας χοριοειδής,	40
χονδροβλάστες,	103
χόνδροι, διάρθριοι (μηνίσκοι),	104
χονδροκύτταρα,	102, 103, 104
χόνδρος,	104, 108
χρόνια βρογχίτιδα,	176
χρόνος αντίδρασης,	39
χυλομικρά,	125
χυλός,	118, 119, 120

Ω

Ωκυτοκίνη,	60, 63, 212
ωλένη,	106
ωμική ζώνη,	105
ωμοπλάτη,	105
ώμος,	105
ωοειδής θυρίδα,	46, 47
ωσμορύθμιση,	185, 186, 187, 188, 189
ώσμωση,	185, 186
ωτόλιθοι ,	49
ωχρή κηλίδα,	40, 41
ωχρός μυελός,	102

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει βιβλιόσημο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108 Α').



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.