

# Εισαγωγή και γενική ανατομική

H.-G. Liebich, G. Forstenpointner, W. Pérez και  
H.E. König

(μετ. Α. Πούρλης)

## Ιστορία της Ανατομικής των Ζώων

Το γνωστικό αντικείμενο της μορφολογίας που μελετά επιστημονικά τη μορφή και τη δομή των ζωικών οργανισμών καθιερώθηκε από τον **Αριστοτέλη**. Αυτός όρισε τη μορφολογία ως τον κλάδο που χρησιμοποιεί αυστηρή μεθοδολογική διαδικασία για την έρευνα του κοινού δομικού σχεδίου όλων των κατασκευών. Όπου υπάρχουν ομοιότητες η σχέση ανάμεσα στη μορφή και στη δομή χρειάζεται περαιτέρω αποσαφηνίσεις. Αυτή η επιστημονική προσέγγιση ξεχώρισε τον καλύτερο μαθητή του Πλάτωνα από τους πρώιμους Έλληνες φυσικούς φιλοσόφους, και μέχρι σήμερα είναι η θεμελιώδης μέθοδος που χρησιμοποιείται σε όλους τους τομείς της βασικής έρευνας.

Προφανώς, ο Αριστοτέλης έκανε ανατομική έρευνα με ανατομές. Αναφορές που βρέθηκαν στο έργο του **Περί ζώων ιστορίας** δείχνουν ότι δημοσίευσε άλλη μία μη σωζόμενη πραγματεία, «Περί ζώων μορίων». Αυτή η εργασία πραγματευόταν κυρίως το πεπτικό και το αναπαραγωγικό σύστημα. Εδώ ο Αριστοτέλης κατέγραψε τα ευρήματά του με σχήματα. Πολλές από τις παρατηρήσεις του ήταν φυσικά ατελείς, και οι οποίες τον οδήγησαν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Όμως, πολλές από τις ιδέες του για τη λειτουργία παραμένουν άξιες να μελετηθούν: για παράδειγμα, οι ερμηνείες του για την κίνηση των τετραπόδων που καταγράφηκαν στο έργο «Περί ζώων κινήσεως». Όντας δάσκαλος, το ισχυρότερο κίνητρο του Αριστοτέλη ήταν η απόκτηση της γνώσης για χάρη της γνώσης. Αυτό το κίνητρο συνέχισε να εμπνέει τον μαθητή του **Θεόφραστο** από την Ερεσό της Λέσβου, και τους Ρωμαίους ερευνητές στις φυσικές επιστήμες, όπως τον **Πλίνιο** και τον **Αιλιανό**.

Σχεδόν δύο χιλιάδες χρόνια πέρασαν πριν οι ανθρωπιστές του 15<sup>ου</sup> και 16<sup>ου</sup> αιώνα ανανεώσουν την Αριστοτέλεια θεώρηση για την συγκριτική μορφολογία. Ειδικά στην Ιταλία, η μελέτη των ζωικών και ανθρώπινων σωμάτων οδήγησε σε πολλές νέες ανακαλύψεις σε αυτό το πεδίο. Αυτά τα ευρήματα καταγράφηκαν λεπτομερώς με ένα απαιτητικά καλλιτεχνικό τρόπο και σήμερα είναι διάσημα έργα τέχνης.

Ο **Leonardo da Vinci**, κατά πολλούς ο πιο διάσημος καλλιτέχνης αυτής της περιόδου, εξέφρασε αυτή τη νέα

αναζήτηση για γνώση και κατανόηση, όπως είναι φανερό από την πολύπλευρη έρευνά του.

Άλλοι εξέχοντες ερευνητές ήταν ο **Fabrizio d'Acquapendente**, ο οποίος ολοκλήρωσε την πρώτη εργασία στην συγκριτική εμβρυολογία (*De formatu fetu*, 1600), και ο **Marcello Malpighi**, ο οποίος μελέτησε την ανάπτυξη του εμβρύου της όρνιθας (*Opera omnia*, 1687). Αν και η αρχική πρόοδος παρεμποδίστηκε από την ασταθή πολιτική κατάσταση, όπως επίσης από το θρησκευτικό κατεστημένο της εποχής, αυτοί οι ερευνητές ήταν πρωτοπόροι στα πεδία τους και προανήγγειλαν μία χρυσή εποχή στην συγκριτική ανατομική. Αυτή η τάση συνεχίστηκε μέχρι το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα και χαρακτηρίστηκε από μία περίοδο εξαιρετικής παραγωγικότητας πολλών διακεκριμένων φυσιογνωστών.

Ο **Richard Owen**, ένας διακεκριμένος Άγγλος ανατόμος, και οι Γερμανοί **Johann Friedrich Meckel** και **Caspar Friedrich Wolff** έπαιξαν κυρίαρχο ρόλο στην αναβίωση της συγκριτικής ανατομικής σαν γνωστικό αντικείμενο στην Ευρώπη. Με την έλευση του 20<sup>ου</sup> αιώνα, το πεδίο της ζωολογικής έρευνας υφίσταται διαρκή επαναπροσανατολισμό. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη νέων γνωστικών αντικειμένων τα οποία εγκατέλειψαν τις αρχικές προθέσεις της συγκριτικής ανατομικής, όπως τις φαντάζονταν οι ιδρυτές της.

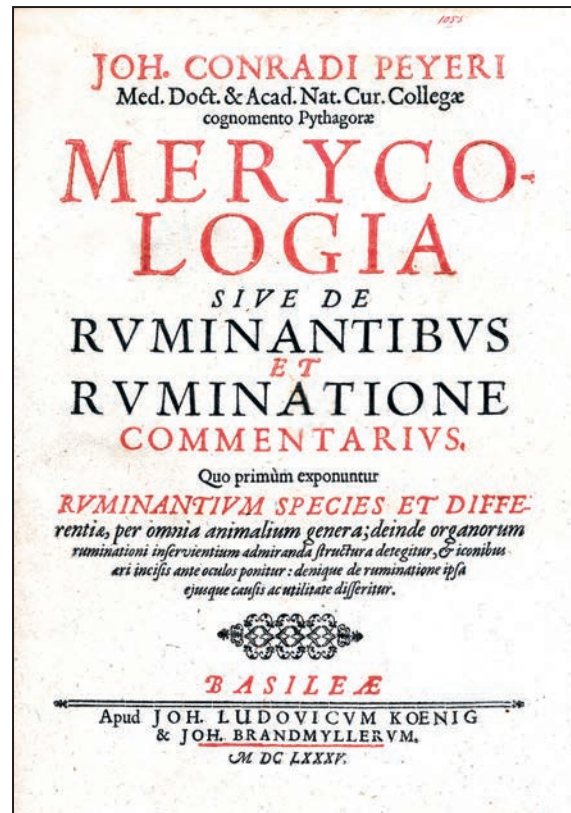
Η γνώση της ανατομικής δεν είναι αυτοσκοπός αλλά είναι προαπαιτούμενο για την επιτυχή ιατρική άσκηση. Διαμέσου των αιώνων, εξαιτίας θρησκευτικών και ηθικών περιορισμών, οι ανατομές ανθρώπινων σωμάτων ήταν αυστηρά περιορισμένες ή εντελώς απαγορευμένες. Οι καταγεγραμμένες εξαιρέσεις είναι σπάνιες, μία ήταν από την Ελληνική σχολή της Αλεξάνδρειας κάτω από την καθοδήγηση του Ηρόφιλου και του Ερασίστρατου. Αυτές οι ανατομές σε ζωντανούς καταδικασμένους εγκληματίες συνεισέφεραν σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση της νευροανατομικής. Επιπλέον, η μοναδική εργασία του Αριστοτέλη στην ανατομική του ανθρώπου ήταν από την ανατομή ενός αποβληθέντος όψιμου εμβρύου. Δεδομένου ότι οι ανατομές των ζώων παρείχαν τη μοναδική δυνατότητα να μελετηθούν οι αρχές της μορφής και της λειτουργίας, ευρήματά τους θεωρήθηκε ότι έχουν ισχύ και στην ανατομική του ανθρώπου. Ο **Κλαύδιος Γαληνός** που υπηρέτησε κάτω από τις διαταγές του αυτοκρα-

τόρων Μάρκου Αυρηλίου και Κόμμοδου, έγινε ο πιο διάσημος και σημαίνων ιατρός της Ρώμης.

Τα αποτελέσματα και οι ερμηνείες των διαδοχικών ερευνών του αποτέλεσαν τα αναμφισβήτητα θεμέλια της ανατομικής γνώσης των επομένων 1500 ετών. Ο Γαληνός θεωρούσε τον εαυτό του επαγγελματία ιατρό, όμως η κατανόηση της Ανατομικής και της Φυσιολογίας στηρίζονταν στις εργασίες του Αριστοτέλη. Ασχολήθηκε ερευνητικά σε αυτά τα δύο γνωστικά αντικείμενα της Αριστοτέλειας μεθοδολογίας με μεγάλο ενθουσιασμό. Επειδή οι διδασκαλίες του Γαληνού ήταν κατανοητές και ορθολογικές, καθιερώθηκαν ως το αναμφισβήτητο θεμέλιο της Ανατομικής και της Φυσιολογίας για περισσότερα από 1500 χρόνια.

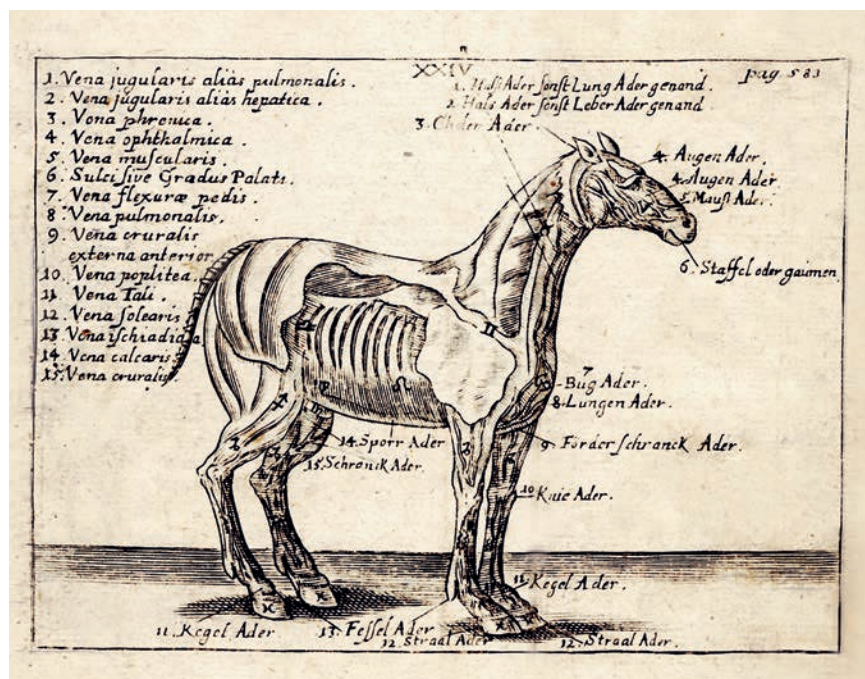
Αν και τα ανατομικά συμπεράσματα ήταν αξιόπιστα, οι ερμηνείες του Γαληνού για κάποια συστήματα όπως η καρδιά και τα μεγάλα αγγεία ήταν εσφαλμένες. Εξαιτίας της έλλειψης ανθρώπινων ανατομών, τα συμπεράσματα των ζωικών ανατομών ήταν πολλές φορές άστοχα. Για παράδειγμα, ο Γαληνός θεώρησε ότι το επισκληρίδιο θα μπορούσε να υπάρχει και στον άνθρωπο αν και τώρα γνωρίζουμε ότι είναι μία τυπική κατασκευή των μηρυκαστικών. Περαιτέρω, συμπέρανε ότι οι άνθρωποι πρέπει να έχουν τυφλό έντερο όπως αυτό των φυτοφάγων ζώων, ή μία μήτρα με κοτυληδόνες.

Στο πλαίσιο της σχολής που δημιούργησε ο Γαληνός, ένας ανατομικός άτλας του χοίρου (*Anatomia porci*, γραμμένος από τον Κορφο η Copho) εκδόθηκε στο Σαλέρνο της Ιταλίας περίπου το 1100-1150. Αυτό δεν ήταν το πρώτο βιβλίο ανατομικής στην κτηνιατρική αλλά μάλλον ένα ανατομικό διδακτικό βοήθημα για μαθητές της ιατρικής. Η γενικά αποδεκτή δοξασία τότε και τώρα - ότι ο χοίρος προσομοιάζει στον άνθρωπο όσο κανένα άλλο



Εικ. 1-1. Εξώφυλλο της *Merycologia* του Johann Konrad Peyer, Βασιλεία, 1685.

ζώο-βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις όμοιες διατροφικές συνήθειες και την απρόσκοπτη διαθεσιμότητα υλικού μελέτης σε εκείνη την εποχή.



Εικ. 1-2. Πρώιμη απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων ίππου· Seifert von Tennecker, ψευδώνυμο Valentin Trichter, 1757.



**Εικ. I-3.** Απεικόνιση των μυών ίππου από το *Dell'Anatomia e dell'Infirmitta del Cavallo*· Carlo Ruini, Βενετία, 1598.

Κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης, οι ανατομικές μελέτες σε ανθρώπινα πτώματα δεν ήταν πλέον ταμπού. Με το μνημειώδες έργο στην ανατομική του ανθρώπου (*De humani corporis fabrica*, 1543), ο **Andreas Vesalius** σημάδεψε την διστακτική έναρξη μιας επαναστατικής νέας στάσης προς το ανθρώπινο σώμα. Οι πρώτοι ανατόμοι θεωρούσαν τους εαυτούς τους φυσιογνώστες, κάνοντας πολλές θεμελιώδεις ανακαλύψεις της μορφολογίας διαμέσου συνεχών μελετών του σώματος των ζώων. Ο Vesalius ήταν ο πρώτος που διαπίστωσε ότι το επισκληρίδιο θαυμάσιο δίκτυο ήταν μία τυπική κατασκευή των μηρυκαστικών. Οι μελέτες στην πέψη των μηρυκαστικών εξελίχθηκαν από τον **Johann Conrad Peyer** με την εκπληκτική δημοσίευση το 1685, *Merycologia sive de ruminantibus et ruminacione commentarius* (Εικ. I-1). Η ανακάλυψη του για τον λεμφικό ιστό (*Lymphonoduli aggregati*) στον εντερικό βλεννογόνο είχε ως αποτέλεσμα την ονοματοδοσία, πλάκες Peyer. Από την αρχή, η μελέτη της συγκριτικής ανατομικής παρέμεινε το πεδίο έρευνας για ερευνητικά εργαστήρια της ανθρώπινης ανατομικής, ακόμα περισσότερο όταν η ζωολογική έρευνα απομακρύνθηκε από τη μορφολογία.

Τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η χρησιμοποίηση ζώων εργαστηρίου οδήγησε στην τελειοποίηση των θεραπευτικών προσεγγίσεων. Η εφαρμογή των πειραματικών ιδεών έχει γίνει δυνατή μόνο μέσα από την εφαρμογή της αναγκαίας βασικής γνώσης της μορφολογίας των ζώων, η οποία σε μεγάλο βαθμό παράχθηκε από τους ιατρούς. Περιέργως, μέχρι σήμερα τα ζώα χρησιμοποιούνται ως πειραματικά μοντέλα όχι εξαιτίας

της μορφολογικής ομοιότητας, αλλά μάλλον λόγω της διαθεσιμότητάς τους.

Η κτηνιατρική ανατομική ως προαπαιτούμενο για την εξάσκηση της κτηνιατρικής αναπτύχθηκε μόνο τους τελευταίους αιώνες ως ένα ανεξάρτητο διδακτικό και ερευνητικό γνωστικό αντικείμενο. Όπως προκύπτει από κλασσικά και μεσαιωνικά βιβλία για ζωοκόμους, η ανατομική γνώση ειδικά των ίπων ήταν λίγο-πολύ ακριβής. Έλειπε όμως η συστηματική απεικόνιση των βασικών ανατομικών σχέσεων.

Τα εγχειρίδια ιπποκομίας που εκδόθηκαν στο πλαίσιο της σχολής του **Jordanus Ruffus** στα τέλη του μεσαίωνα και στις αρχές της σύγχρονης εποχής δεν ήταν συστηματικά οργανωμένα. Περιείχαν πληροφορίες για την ανατομική του ίππου αλλά είχαν ανεπαρκείς εικόνες. Το 1598 ο **Carlo Ruini** εξέδωσε ένα εξαιρετικό βιβλίο για εκείνη την εποχή, *Dell'Anatomia e dell'Infirmitta del Cavallo* (Εικ. I-3). Φαινόταν αυτό το βιβλίο να μην έχει προηγούμενο, όμως αναμφισβήτητα ήταν εμπνευσμένο από τον Vesalius.

Ο Ruini γεννήθηκε σε μία ευκατάστατη οικογένεια στην Μπολόνια της Ιταλίας και δεν εργάστηκε ποτέ σε ιπποκομείο ούτε σε πανεπιστήμιο. Με τη βοήθεια έξοχων ιδιωτικών δασκάλων, ανέπτυξε ένα παθιασμένο ενδιαφέρον για τις φυσικές επιστήμες και ήταν ενθουσιώδης ιππέας. Αν και ατελής, και μερικές φορές ελαττωματική, η σημαίνουσα εργασία του ήταν παρά ταύτα η πρώτη ολοκληρωμένη και συστηματική απεικόνιση της ανατομίας του ίππου. Το δεύτερο μισό του βιβλίου που αφορούσε τις ασθένειες του ίππου ήταν κυρίως μία ανακεφαλαίωση



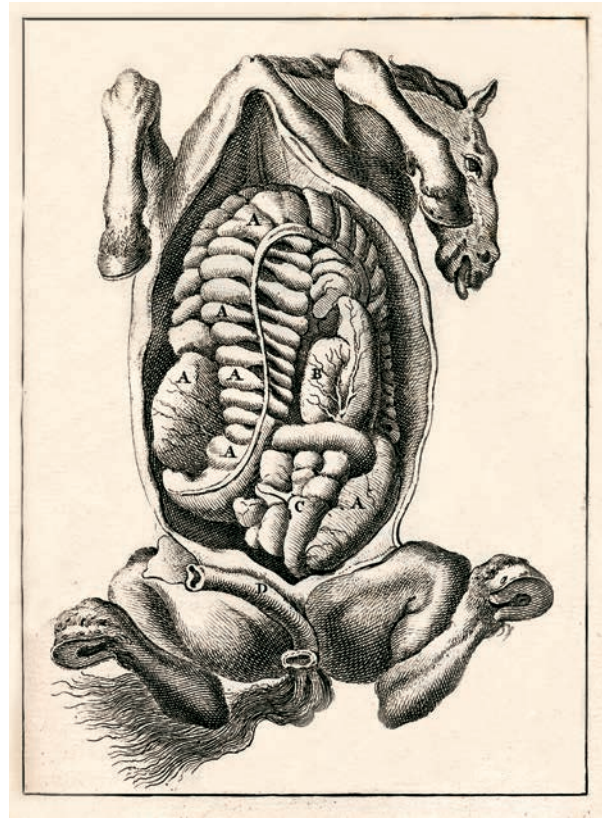
**Εικ. I-4.** Αυθεντικό σχηματογράφημα των χωρών του σώματος ίππου από τις διδακτικές σημειώσεις του Ludwig Scotti, Σχολή Θεραπείας και Χειρουργικής του ίππου, Βιέννη, 1770.

πολύ παλαιότερης βιβλιογραφίας. Η μεγαλοπρέπεια αυτής της έκδοσης βασιζόταν στην ποιότητα των εικόνων η οποία συγκρίνεται με αυτή των εικόνων του **Leonardo da Vinci** ή του **Vesalius**. Το βιβλίο του Ruini επανεκδόθηκε, λογοκλάπηκε και μεταφράστηκε πολλές φορές (Εικ. I-5).

Στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα, η κτηνιατρική ανατομική άρχισε σιγά σιγά να εισέρχεται σε μία αναγέννηση. Όμως, χρειάστηκε να περάσουν 150 χρόνια για να ιδρυθεί μία κτηνιατρική ακαδημία, στην οποία το βιβλίο του Ruini μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εκπαιδεύσει κτηνιάτρους.

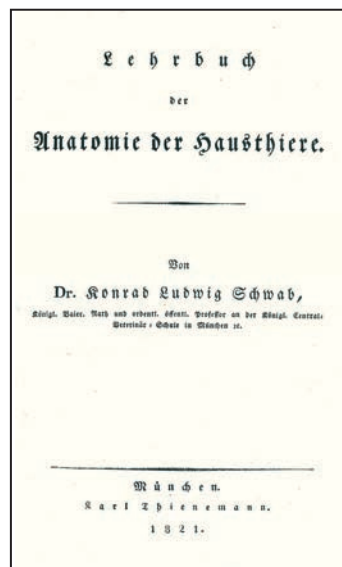
Θεωρούμενος ως ο πατέρας της κτηνιατρικής ανατομικής, ο **Philippe Etienne Lafosse** ίδρυσε με δικά του έξοδα μία ιδιωτική κτηνιατρική σχολή στο Παρίσι της Γαλλίας το 1767. Αυτή η προσπάθεια αποδείχτηκε ανεπιτυχής και η σχολή έκλεισε το 1770. Δύο χρόνια αργότερα δημοσίευσε το πιο επιτυχημένο έργο του, *Cours d'hippatrique* (Μαθήματα ιατρικής του ίππου). Αυτό το έργο ήταν οργανωμένο με βάση τα συστήματα οργάνων του ζώου, μοιάζοντας θεμελιωδώς με τη μορφή που έχουν τα σύγχρονα βιβλία ανατομικής. Η κλινική συνάφεια μιας τοπογραφικής προσέγγισης σύντομα ενσωματώθηκε στη διδασκαλία της ανατομικής.

Μία από τις παλιότερες τοπογραφικές εικονογραφήσεις του ίππου (Εικ. I-4) βρίσκεται στις διδακτικές σημειώσεις που καταγράφηκαν και εκδόθηκαν το 1770 από τον **Ludwig Scotti**, τον πρώτο διευθυντή της Σχολής για τις Θεραπείες και Επεμβάσεις του Ίππου στη Βιέννη. Η ανάπτυξη της ανατομικής σαν ένα ανεξάρτητο γνωστικό αντικείμενο στις νέο-ιδρυθείσες κτηνιατρικές σχολές της Ευρώπης ήταν δοκιμαστική στην καλύτερη περίπτωση. Ακολούθως, μέχρι το 1822 εκδόθηκε το βιβλίο αναφοράς της κτηνιατρικής ανατομικής από τον **Konrad Ludwig Schwab** (Ανατομική των κατοικίδιων ζώων, 1821) και

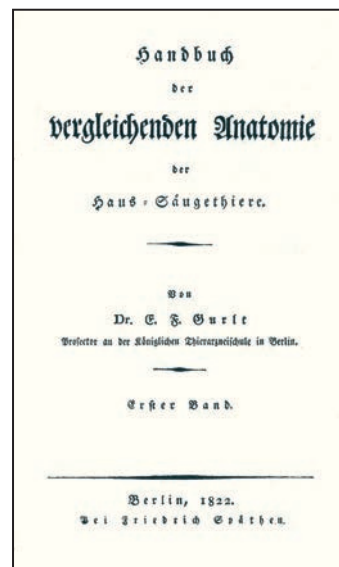


Εικ. I-5. Τοπογραφία της κοιλιακής κοιλότητας ίππου· William Gibson, Λονδίνο, 1754.

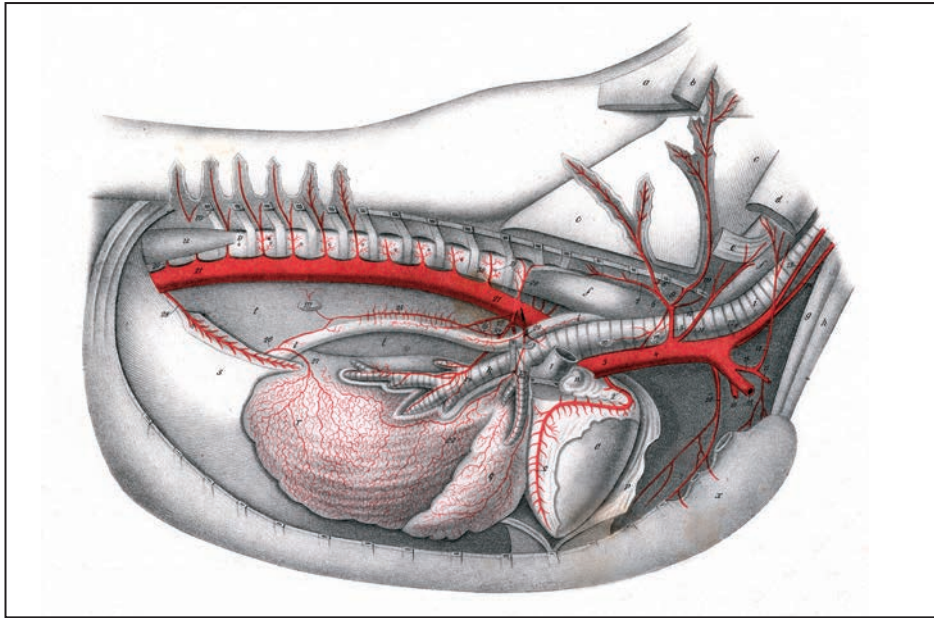
ακολούθησε το 1822, το βιβλίο Συγκριτική Ανατομική των Κατοικίδιων Θηλαστικών από τον **Ernst Friedrich Gurlt**. Αυτά τα έργα αντιπροσωπεύουν την έναρξη μιας



Εικ. I-6. Εξώφυλλο της πρώτης γερμανόφωνης έκδοσης του Lehrbuch der Anatomie der Hausthiere· Konrad Ludwig Schwab, Μόναχο, 1821.



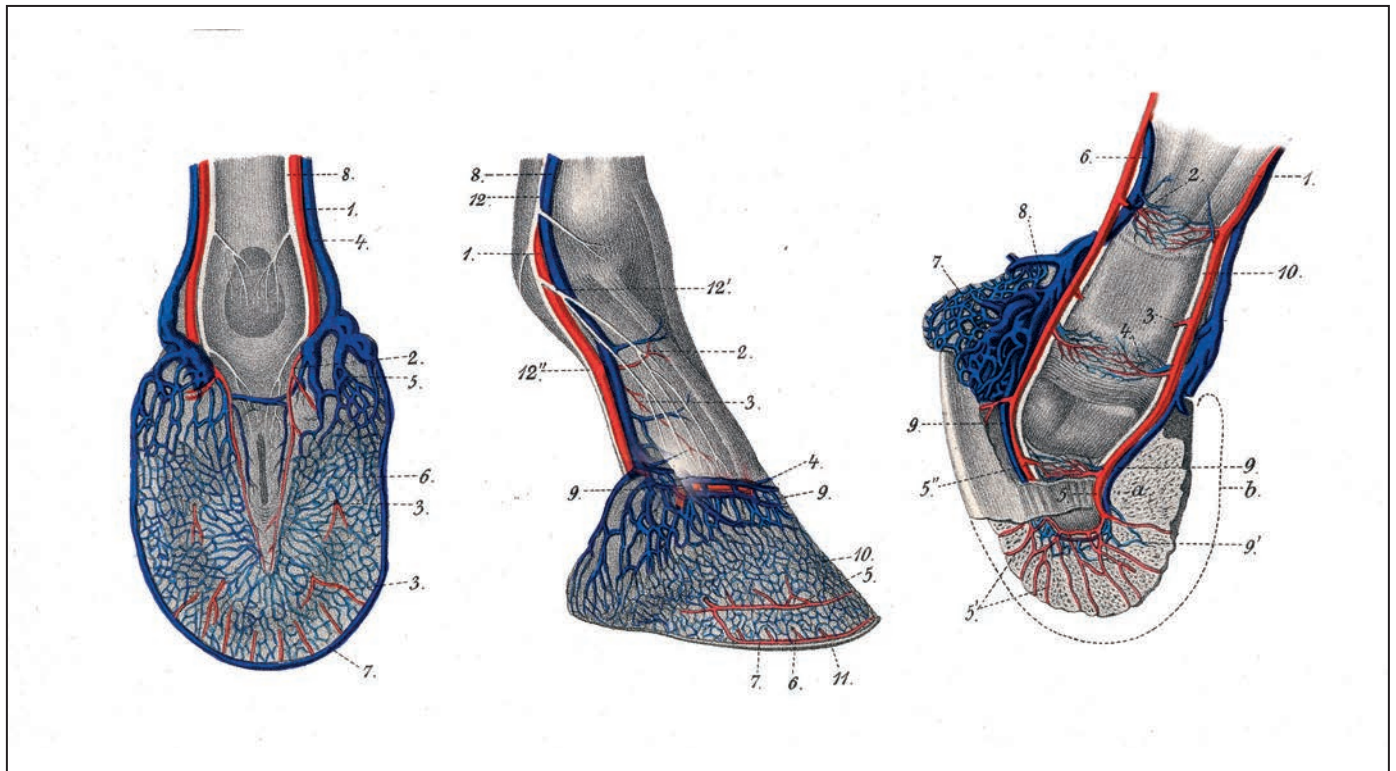
Εικ. I-7. Εξώφυλλο της πρώτης έκδοσης του Handbuch Der Vergleichenden Anatomie Der Haus-Säugethiere· Ernst Friedrich Gurlt, Βερολίνο, 1822.



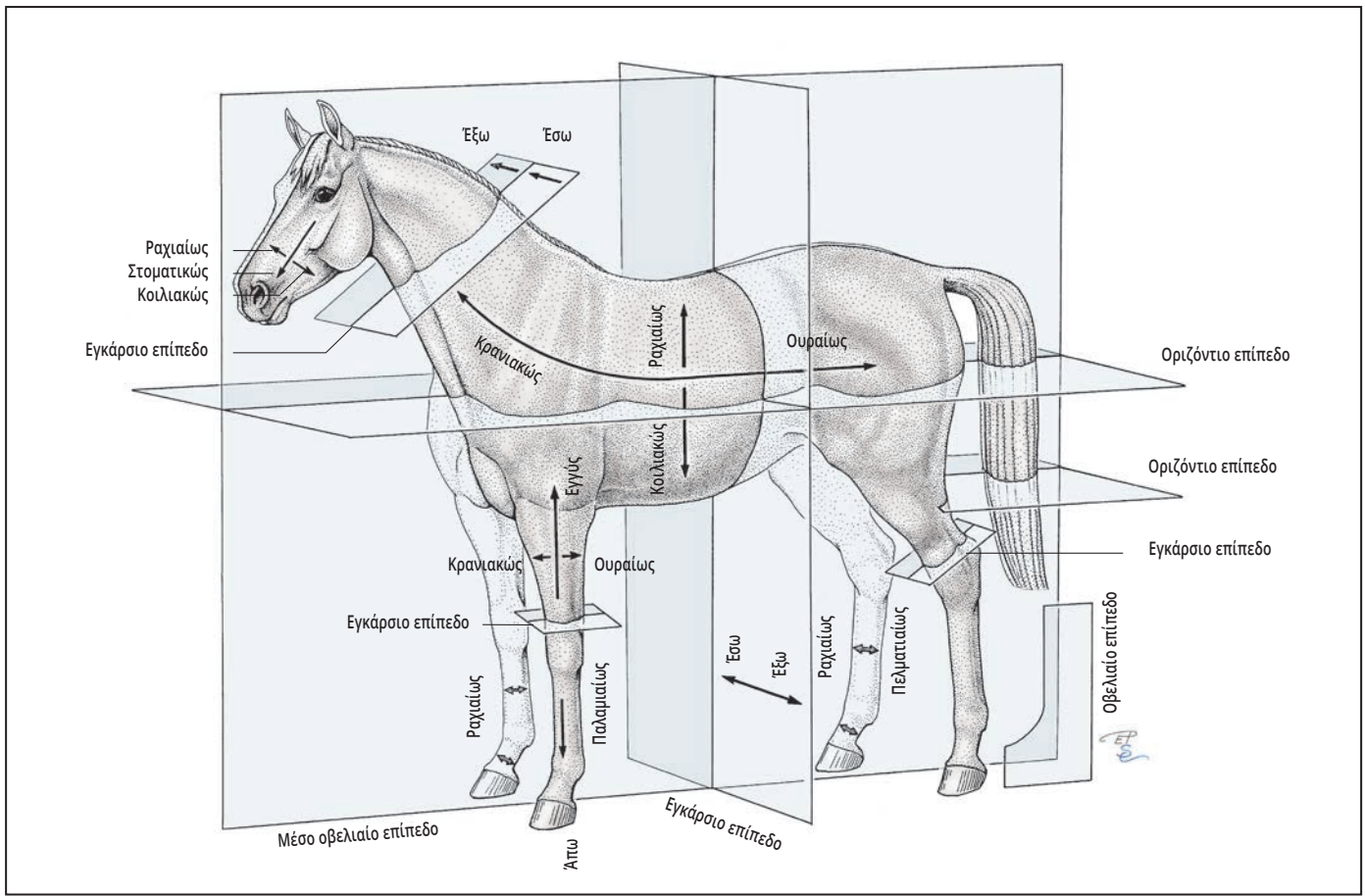
**Εικ. 1-8.** Έγχρωμη απεικόνιση της θωρακικής κοιλότητας ίππου από τον άτλαντα του εγχειρίδιου Συγκριτικής Ανατομικής των Κατοικίδιων Θηλαστικών· Emil Friedrich Gurlt, Βερολίνο, 1860.

μακράς Γερμανικής παράδοσης στην έρευνα της κτηνιατρικής ανατομικής η οποία γρήγορα κέρδισε διεθνή αναγνώριση και διήρκεσε αρκετά μέσα στον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Δέκα οκτώ εκδόσεις του έργου του Gurlt δημοσιεύθηκαν, με κάθε νέα να είναι αναθεωρημένη και βελτιωμένη

μέχρι την τελευταία έκδοση που πραγματοποιήθηκε το 1943. Ο **Wilhelm Ellenberger** και ο **Hermann Baum** ήταν υπεύθυνοι για την 9<sup>η</sup> έως τη 17<sup>η</sup> έκδοση καθιερώνοντας την τεχνοτροπία που μπορεί να παρατηρηθεί ακόμα και σήμερα στο βιβλίο αυτό (Εικ. 1-8 και 9). Ο όγκος των



**Εικ. 1-9.** Τα αγγεία της σπλής ίππου από τον άτλαντα Ανατομικής του ίππου και άλλων κατοικίδιων ζώων του Leisering · Wilhelm Ellenberger σε συνεργασία με τον Hermann Baum, Λειψία, 1899.



Εικ. 1-10. Όροι προσανατολισμού και επίπεδα του σώματος του ζώου (σχηματογράφημα) κατά Dyce, Sack και Wensing, 2002.

δημοσιεύσεων στην κτηνιατρική ανατομική που προέρχονταν από τη Γερμανία, Ελβετία και Αυστρία στα μέσα και το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα ήταν εντυπωσιακός. Αυτό αντανάκλα την σημαντικότητα του επιστημονικού πεδίου και την υψηλή εκτίμηση την οποία είχε κατακτήσει η κτηνιατρική ανατομική εκείνη την εποχή.

Μία απόφαση ορόσημο στην σύγχρονη εποχή της κτηνιατρικής ανατομικής ήταν η ίδρυση της Διεθνούς Επιτροπής Ονοματολογίας της Κτηνιατρικής Ανατομικής (International Comitee for Nomenclature in Veterinary Anatomy). Μιμούμενη την ανθρώπινη ιατρική έκδοση (Nomina Anatomica), η πρώτη έκδοση των Nomina Anatomica Veterinaria πραγματοποιήθηκε το 1968. Αυτή η εργασία προτυποποιεί παγκοσμίως την ανατομική ονοματολογία στην κτηνιατρική επιστήμη, παρέχοντας ένα χρήσιμο εργαλείο για να διατηρηθεί η σημαντικότητα της ανατομικής σε ένα διαρκώς διαφοροποιούμενο ιατρικό τοπίο.

Η **ανατομική** είναι ο κλάδος της μορφολογίας ο οποίος ασχολείται με τη μορφή, δομή, τοπογραφία και την λειτουργική αλληλεπίδραση των ιστών και των οργάνων που αποτελούν το σώμα. Η ανατομή νεκρών ζώων είναι ακόμα η πιο σημαντική και αποτελεσματική μέθοδος μελέτης και κατανόησης της ανατομικής. Με την εξέλιξη της κλασικής ανατομικής, η **микροσκοπική ανα-**

**τομική** και η **εμβρυολογία** αναπτύχθηκαν σε ξεχωριστά γνωστικά αντικείμενα. Αν και αδιαχώριστα, η διαίρεση διευκολύνει μία πιο δομημένη και έτσι ευκολότερη προσέγγιση για την απόκτηση της ανατομικής γνώσης.

Η **συστηματική ανατομική** έχει να κάνει με το “σύστημα”, με άλλα λόγια με δομές και όργανα τα οποία επιτελούν μία κοινή λειτουργία. Το αναπνευστικό σύστημα για παράδειγμα είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή αερίων, ενώ το νευρικό σύστημα λαμβάνει, μεταφράζει, μεταδίδει και απαντά σε ερεθίσματα. Οι διαφορές ανάμεσα στα ξεχωριστά είδη μπορούν να συγκριθούν. Έτσι, από ανατομικής πλευράς, η συστηματική ανατομική στη διδασκαλία επίσης αντιπροσωπεύει μία **συγκριτική ανατομική**, ειδικά στα κατοικίδια θηλαστικά και στα παραγωγικά πτηνά.

Είναι πολύ σημαντικό οι φοιτητές να αποκτήσουν μία βαθιά γνώση της συστηματικής ανατομικής, από την οποία μπορεί στη συνέχεια να προέλθει η ολική σύνδεση της δομής και λειτουργίας του σώματος του ζώου. Η γνώση της **συστηματικής ανατομικής** είναι η βασική υποδομή της **τοπογραφικής ανατομικής**, η οποία περιγράφει τη σχετική θέση και λειτουργική αλληλεπίδραση των οργάνων και κατασκευών των διαφόρων χωρών του σώματος. Προϋποθέτει μία βαθιά γνώση της συστηματικής ανατομικής. Τόσο η συστηματική όσο και η τοπο-

γραφική ανατομική αποτελούν τα θεμέλια της κλινικής πράξης.

Σύγχρονες τεχνολογίες, όπως οι ακτίνες X, η υπερηχογραφία, η υπολογιστική (αξονική) τομογραφία, η μαγνητική τομογραφία απαιτούν από τον κλινικό κτηνίατρο βαθύτερη γνώση της τοπογραφικής ανατομικής, η οποία αποκτάται διαμέσου της μελέτης τομών του σώματος. Η τομογραφική ανατομική αντιπροσωπεύει μία νέα κατεύθυνση στη διδασκαλία και την έρευνα της κτηνιατρικής ανατομικής. Ένα σύγχρονο εγχειρίδιο θα ήταν ατελές χωρίς αυτήν.

## Όροι προσανατολισμού και επίπεδα του σώματος

Ορισμένοι περιγραφικοί όροι χρησιμοποιούνται για να καταδείξουν ακριβώς και σαφώς τη θέση ή κατεύθυνση των χωρών του σώματος. Οι πιο σημαντικοί ανατομικοί όροι εμφανίζονται στην Εικ.Ι-10 και τον πίνακα Ι-1. Τα συστήματα του σώματος εμφανίζονται με μία σύντομη εξήγηση για το καθένα, στον πίνακα Ι-2.

Το σώμα ενός ζώου εμφανίζει μείζονες μοίρες οι οποίες είναι ξεκάθαρα διακριτές εξωτερικά: η κεφαλή (head), ο τράχηλος (neck), ο κορμός (trunk), η ουρά (tail) και τα άκρα (limbs). Κάθε μία από αυτές τις περιοχές με τη σειρά της διαιρείται σε χώρες οι οποίες αποτελούν περιοχές αναφοράς για την τοπογραφική ανατομική (για περισσότερες πληροφορίες βλέπε κεφάλαιο 19).

## Διαίρεση του σώματος του ζώου σε όργανα και συστήματα

Κύτταρα και ιστοί παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας, συνδέονται για να σχηματιστούν όργανα ή συστήματα οργάνων. Αυτά δρουν συνεργικά για να εκτελέσουν τις λειτουργίες που καθορίζουν τον οργανισμό και εξασφαλίζουν την επιβίωση. Τα συστήματα των οργάνων αποτελούνται από διαφορετικούς τύπους ιστών. Κάθε όργανο συγκροτείται από δύο τύπους ιστών:

- παρέγχυμα και
- διάμεσος ιστός

Τα **κύτταρα του παρεγχύματος** είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία του οργάνου (π.χ. ηπατικά κύτταρα για το ήπαρ, νεφρικά κύτταρα για τους νεφρούς, αδενικά κύτταρα για τους σιαλογόνους αδένες). Ο **διάμεσος ιστός** αποτελεί τον συνδετικό ιστό ο οποίος για παράδειγμα είτε περικλείει μία μικρή λειτουργική μονάδα είτε διαχωρίζει μεγαλύτερες περιοχές ενός οργάνου σε λόβια (lobules) ή λοβούς (lobes). Ο συνδετικός ιστός, επίσης, υποστηρίζει τη μεταφορά μεταβολιτών από και προς τα όργανα, περιβάλλοντας όχι μόνο αγγεία και λεμφαγγεία αλλά και περιφερικά νεύρα, με τα οποία εφοδιάζεται το όργανο. Όλες αυτές οι κατασκευές σχηματίζουν ένα σημαντικό

σύστημα το οποίο επηρεάζει τον δομικό και λειτουργικό χαρακτήρα ενός οργάνου. Η **συστηματική ανατομική** εξετάζει λεπτομερώς τα συστήματα των οργάνων του σώματος τα οποία αναφέρονται στον πίνακα Ι-2.

Η κτηνιατρική ανατομική περιγράφει λεπτομερώς τα **κατοικίδια ζώα**. Από αυτά, περιγράφονται λεπτομερέστερα κάποια είδη που ταξινομούνται ως *Canis lupus f. familiaris* (σκύλος), *Felis silvestris f. catus* (γάτα), *Sus scrofa f. domestica* (χοίρος), *Bos primigenious f. taurus* (βους), *Ovis ammon f. aries* (πρόβατο), *Capra aegagrus f. hircus* (αίγα) και *Equus przewalskii f. caballus* (ίππος). Επίσης, η κτηνιατρική ανατομική περιλαμβάνει τη μελέτη των πτηνών που χρησιμοποιούνται στην πτηνοτροφία, με κύριο εκπρόσωπο την όρνιθα *Gallus gallus f. domestica*. Η πτηνοτροφία είναι ένας σημαντικός κλάδος της κτηνιατρικής και καλύπτεται εκτενώς σε ένα ξεχωριστό διδακτικό βιβλίο που περιέχει μία αναθεωρημένη και επικαιροποιημένη εισαγωγή στην προπαιδευτική και κλινική ιατρική των πτηνών (Anatomie der Vögel, König, Korbel and Liebich, 2008).

## Κινητικό σύστημα (locomotor apparatus)

Το κινητικό σύστημα είναι ένα **σύνθετο οργανικό σύστημα** του οποίου η πρωταρχική λειτουργία είναι μηχανική. Ο σκελετός και οι μύες είναι τα σημαντικότερα στοιχεία τα οποία συγκροτούν το σύστημα αυτό, σχηματίζοντας και διατηρώντας το ξεχωριστό για κάθε ζώο σχήμα του σώματος και παρέχοντας τη δυνατότητα για την κίνηση κάποιων τμημάτων του σώματος ή ολόκληρου του οργανισμού.

Ο **σκελετός** αποτελείται από διακριτά στοιχεία: τα **οστά** (bones), τους **χόνδρους** (cartilages), τους **συνδέσμους** (ligaments) και τις **αρθρώσεις** (articulations ή joints) που όλα μαζί συγκροτούν το **σκελετικό σύστημα** (skeletal system) του ζώου.

Το **σκελετικό σύστημα** αποτελεί το **παθητικό τμήμα του κινητικού συστήματος**, ενώ το **μυϊκό σύστημα** (muscular system) αποτελεί το **ενεργητικό τμήμα**. Και τα δύο τμήματα συγκροτούν μία λειτουργική μονάδα η οποία συνδέεται με το κυκλοφορικό, λεμφικό και νευρικό σύστημα του σώματος.

Το σκελετικό σύστημα επιτελεί πολλές μεταβολικές λειτουργίες σε κυτταρικό επίπεδο. Οι ορμόνες ρυθμίζουν μία σταθερή διαδικασία ανάπτυξης, τροποποίησης, διάσπασης. Ο όρος **κινητικό σύστημα** δεν περιγράφει ακριβώς το πολυδιάστατο σύστημα: για αυτό, το σύστημα αναφέρεται καλύτερα ως σύστημα κίνησης, σταθερότητας και υποστήριξης.

Δυσλειτουργίες και παθήσεις του κινητικού συστήματος είναι από τις πιο συχνές στην κλινική κτηνιατρική πράξη. Η σημαντικότητα της γνώσης της ανατομικής του κινητικού συστήματος συχνά υποτιμάται.

**Πίνακας I-1.** Όροι προσανατολισμού και εικονικά επίπεδα του σώματος του ζώου.

Όρος	Σημασία	Χρήση
Κεφαλικώς	προς την κεφαλή	κορμός και ουρά, άκρα εγγύς του καρπού και του ταρσού
Ρυγχαίως Ουραίως	προς την άκρη του ρύγχους προς την ουρά	κεφαλή κεφαλή και κορμός, άκρα εγγύς του καρπού και του ταρσού
Ραχιαίως	προς τη ράχη	κορμός, κεφαλή και η πρόσθια μούρα των άκρων άπω του καρπού και του ταρσού
Κοιλιακώς	προς την κοιλιά	κάτω από τον κορμό, κεφαλή
Έσω	προς τα έσω	κεφαλή, κορμός και άκρα
Έξω	προς τα έξω	κεφαλή, κορμός και άκρα
Μέσος	στην μέση	κεφαλή, κορμός και άκρα
Εγγύς	προς τον κορμό	άκρα και άλλα τμήματα του σώματος που βρίσκονται κοντά στον κορμό ή προβάλλουν κοντά σ' αυτόν
Άπω	μακριά από τον κορμό	άκρα και άλλα τμήματα του σώματος που βρίσκονται μακριά από τον κορμό ή προβάλλουν μακριά από αυτόν
Παλαμιαίως	προς την παλάμη	πρόσθια άκρα άπω της διάρθρωσης του καρπού
Πελματιαίως	προς το πέλμα	οπίσθια άκρα άπω της διάρθρωσης του ταρσού
Αξονικώς	προς τον άξονα των δακτύλων	δάκτυλα
Εξωαξονικώς	μακριά από τον άξονα των δακτύλων	δάκτυλα
Εξωτερικώς	βρίσκεται εξωτερικά	τμήματα του σώματος και όργανα
Εσωτερικώς	βρίσκεται εσωτερικά	τμήματα του σώματος και όργανα
Επιφανειακώς ή επιπολής	βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια	τμήματα του σώματος και όργανα
Εν τω βάθει	βρίσκεται στο βάθος	τμήματα του σώματος και όργανα
Κροταφικώς	προς το κροταφικό οστό	οφθαλμός
Ρινικώς	προς τη ρίνα	οφθαλμός
Ανώτερος	άνω	βλέφαρο
Κατώτερος	κάτω	βλέφαρο
Ακραιώς	προς τα άκρα	ρίνα, δάκτυλα και ουρά
Στοματικώς	προς το στόμα	κεφαλή
<b>Εικονικά επίπεδα του σώματος του ζώου:</b> Μέσο οβελιαίο επίπεδο Παρά-οβελιαίο επίπεδο Οβελιαίο επίπεδο Ραχιαίο επίπεδο Εγκάρσιο επίπεδο	επίπεδο που χωρίζει το σώμα σε δύο ίσα τμήματα κάθε επίπεδο παράλληλο και εγγύς του μέσου οβελιαίου επιπέδου κάθε επίπεδο παράλληλο αλλά του μέσου οβελιαίου επιπέδου κάθε επίπεδο παράλληλο στην ραχιαία επιφάνεια κάθε επίπεδο κάθετο στον επιμήκη άξονα	

**Πίνακας I-2.** Συστήματα οργάνων.

Όνομα	Κύρια λειτουργία
Δέρμα	Κάλυψη και προστασία του σώματος του ζώου
Σκελετός και αρθρώσεις	Υποστηρικτικό πλαίσιο του σώματος
Σκελετικοί μύες	Κίνηση
Πεπτικό σύστημα	Πρόσληψη τροφής, μάσηση, πέψη, απορρόφηση, αποβολή
Αναπνευστικό σύστημα	Πρόσληψη οξυγόνου, αποβολή διοξειδίου του άνθρακα και παραγωγή ήχων
Ουρο-Γεννητικό σύστημα	Απέκκριση και αναπαραγωγή
Κυκλοφορικό σύστημα	Μεταφορά και ανταλλαγή διαφόρων ουσιών
Νευρικό σύστημα	Μεταφορά των εξωτερικών ερεθισμάτων και ρύθμιση της αντίδρασης σε αυτά
Αισθητήρια όργανα	Υποδοχή εξωτερικών ερεθισμάτων
Ενδοκρινείς αδένες	Ρύθμιση κυτταρικών λειτουργιών από τις ορμόνες
Ανοσιακό σύστημα	Απάντηση σε λοιμώξεις



## Σκελετικό σύστημα (skeletal system)

### Οστεολογία (osteology)

Η οστεολογία μελετά τα οστά (bones) τα οποία συνδυάζονται για να σχηματίσουν τον σκελετό των διαφόρων ζώων. Τα οστά αποτελούνται από:

- **οστίτη ιστό** ο οποίος περιβάλλεται από μέσα και από έξω από
- **ενδόστεο** και **περίστεο** αντίστοιχα, και το
- **μυελό των οστών** (bone marrow), όπως επίσης από
- **αιμοφόρα αγγεία** και **νεύρα** που τροφοδοτούν τις παραπάνω κατασκευές

Αυτά τα στοιχεία χαρακτηρίζουν τα οστά ως **όργανα**.

Η μορφή καθενός οστού είναι γενετικά καθορισμένη και παραμένει ακόμα και αν δυνάμεις έλξης και συμπίεσης ασκούνται στο οστό υποβάλλοντάς το σε διαρκή διαδικασία προσαρμογής. Εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε **ανόργανα άλατα** (60-70%), τα οστά δεν υφίστανται μεταθανάτιες αλλαγές και έτσι είναι χρήσιμα στοιχεία σε αρχαιολογικές μελέτες. Η **πέψη των οστών** είναι η διαδικασία απομάκρυνσης των **οργανικών συστατικών** με τη χρήση αραιού καυστικού νατρίου. Τα οστά που χρησιμοποιούνται για διδακτικούς λόγους, έχουν υποστεί μία τέτοια επεξεργασία. Η επεξεργασία των οστών με **οξέα** έχει αποτέλεσμα την απομάκρυνση των **ανόργανων** ή **μεταλλικών** αλάτων.

### Το σχέδιο του σκελετού

#### Ο ερειστικός ιστός πρόγονος του οστίτη ιστού

Όλα τα συστατικά στοιχεία του σκελετικού συστήματος αναπτύσσονται από τη **μέση εμβρυική βλαστική στιβάδα** (**μεσόδερμα**). Πρώιμα, κατά την εμβρυική ανάπτυξη, το μεσόδερμα διαφοροποιείται σε τρεις τύπους ερειστικού ιστού: εμβρυικό, δικτυωτό και ινώδη.

Οι ιστοί αυτοί αποτελούνται από:

- **κύτταρα** (π.χ. ινοκύτταρα)
- **μεσοκυττάρια** χώρους γεμάτους με υγρό των ιστών
- **ινώδη συστατικά** (κολλαγόνο και ελαστίνη).

Αυτοί οι ιστοί πληθαίνουν με την πρόοδο της ανάπτυξης και σε γενετικά καθορισμένες θέσεις μετατρέπονται σε τένοντες, συνδέσμους και περιτονίες. Οι αναπτυξιακές διαδικασίες στις εμβρυικές περιοχές του κορμού και των άκρων αρχίζουν νωρίς και οδηγούν σε δομικές και λειτουργικές εξειδικεύσεις του εμβρυικού ιστού. Τα δύο στοιχεία του στηρικτικού ιστού, ο **χονδρικός** και ο **οστίτης ιστός**, προέρχονται από τον πρωτογενή **χαλαρό συνδετικό ιστό** (primordial loose connective tissue).

Τόσο ο χονδρικός όσο και ο οστίτης ιστός προέρχονται από **πρόδρομα μεσεγχευματικά κύτταρα**, τις **χονδροβλάστες** και τις **οστεοβλάστες** αντίστοιχα, οι οποίες ωριμάζουν σε **χονδροκύτταρα** και **οστεοκύτταρα**. Αυτά

τα κύτταρα συνθέτουν την μεσοκυττάρια ουσία που αποτελείται από κολλαγόνες ίνες και θεμελιακή ουσία.

#### Ανάπτυξη και αύξηση του χονδρικού ιστού

Ο χονδρικός ιστός χαρακτηρίζεται από την υφή της **άμορφης θεμελιακής ουσίας**, τη **μεσοκυττάρια ουσία** η οποία αποτελείται καταρχήν από γλυκοζαμινογλυκάνες. Στην μεσοκυττάρια ουσία απαντώνται **κολλαγόνες ίνες** που αποτελούν το δομικό χαρακτηριστικό του χονδρικού ιστού. Μ' αυτή την ξεχωριστή κατασκευή, ο χονδρικός ιστός καθίσταται ισχυρός και εύκαμπτος. Λόγω της χημικής τους σύστασης, οι **γλυκοζαμινογλυκάνες** είναι ικανές να συνδέονται με μόρια νερού και αυτό έχει αποτέλεσμα την αυξημένη ελαστικότητα και ευκαμψία του χονδρικού ιστού.

Αιμοφόρα αγγεία και νεύρα λείπουν από τον χονδρικό ιστό. Τα θρεπτικά συστατικά διαχέονται στη μεσοκυττάρια ουσία από τα αιμοφόρα αγγεία τα οποία βρίσκονται στον περιβάλλοντα ερειστικό ιστό, τον αρθρικό υμένα, ή υποχόνδριο οστό.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των ινών της μεσοκυττάριας ουσίας διακρίνονται τρία είδη χονδρικού ιστού: **υαλοειδής χόνδρος**, **ελαστικός χόνδρος** και **ινώδης χόνδρος**.

Στα ενήλικα ζώα, ο **υαλοειδής χόνδρος** απαντάται στις αρθρικές επιφάνειες των μακρών οστών (articular cartilage), στους πλευρικούς χόνδρους (costal cartilage) των πλευρών και σε τμήματα των λαρυγγικών (laryngeal cartilage), τραχειακών (tracheal cartilage) και βρογχικών (bronchial cartilage) τοιχωμάτων.

Ο **ελαστικός χόνδρος** σχηματίζει τον σκελετό της επιγλωττίδας και του ωτός.

Ο **ινώδης χόνδρος** απαντάται στους μεσοσπονδύλιους δίσκους, στους μηνίσκους και στους διάρθιους χόνδρους. Με την πάροδο της ηλικίας, ο χονδρικός ιστός μπορεί να οστεωθεί με την εναπόθεση αλάτων ασβεστίου. Οστεώση του χόνδρου παρατηρείται συχνά στη γάτα, στον πλευρικό χόνδρο ή τους μηνίσκους.

Ο **σχηματισμός του χονδρικού ιστού** (χονδρογένεση) αρχίζει από το **μεσεγχευματικό** εμβρυικό ιστό (βλέπε παραπάνω), υπολείμματα του οποίου ακόμα περιβάλλουν το χόνδρο σε όσιμα στάδια της ανάπτυξης. Αυτά τα υπολείμματα συγκροτούν το **περιχόνδριο**, τα κύτταρα του οποίου, οι **ινοβλάστες**, διαφοροποιούνται σε **χονδροβλάστες**, οι οποίες παράγουν τη μεσοκυττάρια ουσία η οποία περιέχει νερό (70%), κολλαγόνες ή ελαστικές ίνες και γλυκοζαμινογλυκάνες.

Η **αύξηση του χονδρικού ιστού** συμβαίνει με πολλαπλασιασμό των χονδροβλαστών του περιχονδρίου. Αυτή η συνεχής διαδικασία οδηγεί στην **προσθετική αύξηση** του χονδρικού ιστού εκεί όπου νέος χονδρικός ιστός δημιουργείται στην περίμετρο του οστού, αμέσως κάτω από το περιχόνδριο. Αντίθετα, η **διάμεση** ή **παρενεθτική** αύξηση οφείλεται στον πολλαπλασιασμό των διαφοροποιημένων χονδροβλαστών εντός της μεσοκυττάριας ουσίας του χονδρικού ιστού, οι οποίες συνεχίζουν να διαιρούνται και να παράγουν νέα μεσοκυττάρια ουσία από τα έσω.



Εικ. I-11. Άπω τμήμα άκρου νεαρής γάτας κατά τη διάρκεια της χονδρογενούς οστέωσης (ιστολογική τομή, χρώση Goldner).

### Μορφές οστίτη ιστού

Τα οστά διαφέρουν σε σχήμα, μέγεθος και αντοχή, όχι μόνο ανάμεσα στα διάφορα είδη των ζώων αλλά και στο ίδιο το ζώο. Αυτά τα χαρακτηριστικά των οστών καθορίζονται κυρίως γενετικά αλλά και από στατικές-δυναμικές επιδράσεις, καθώς και δομικές αλλαγές εξαιτίας της διατροφής κατά τη νεαρή και ώριμη ηλικία.

Πλατείς μύες ή σχοινοειδείς τένοντες ασκούν μηχανικές δράσεις στα σημεία πρόσφυσής τους, οδηγώντας στη δημιουργία μορφωμάτων που ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθός τους ονομάζονται ογκώματα, κόνδυλοι, φύματα, αποφύσεις, άκανθες, τραχύσματα, ακρολοφίες, γραμμές, βόθροι-βοθρία, εντυπώματα, αύλακες, εντομές. Αιμοφόρα αγγεία, νεύρα ή όργανα (π.χ. ο εγκέφαλος, ο οφθαλμός, ο κοχλίας του έσω ωτός) μπορούν επίσης να επηρεάσουν την μορφολογία της επιφάνειας των οστών.

Παρά τη μεγάλη ποικιλία των οστών, αυτά μπορεί να ταξινομηθούν σύμφωνα με κοινά μορφολογικά χαρακτηριστικά, ως ακολούθως:

- μακρά οστά (long bones)
- βραχεία οστά (short bones)
- πλατέα οστά (flat bones)
- αεροδόχα-αεροφόρα οστά (pneumatic bones) και
- ακανόνιστα οστά (irregular bones).

Τα **μακρά οστά** χαρακτηρίζονται από την **διάφυση**, που σχηματίζεται από μία παχιά **εξωτερική στιβάδα συμπαγούς οστού** (outer layer of compact bone) και ένα **εσω-**

**τερικό μυελώδη αυλό** (medullary cavity, Εικ. I-12). Τα μακρά οστά έχουν δύο άκρα, την **εγγύς** και την **άπω επίφυση**, οι οποίες καλύπτονται από μία λεπτή στιβάδα **συμπαγούς οστίτη ιστού** (cortical substance). Και τα δύο άκρα περιέχουν **σπογγώδες οστό** το οποίο προσομοιάζει με οστεωμένο-τιτανωμένο σφουγγάρι με λεπτεπίλεπτους πόρους (spongy substance, Εικ. I-13 και 14). Τα μακρά οστά σχηματίζουν τον σκελετό των άκρων: βραχιόνια χώρα (βραχιόνιο οστό), κνημιαία χώρα (κνήμη) ή χώρα του μετακαρπίου (μετακάρπια οστά).

Τα **βραχεία οστά** μπορεί να έχουν διάφορες μορφές: κυλινδρική, κυβοειδή, ή στρόγγυλη. Τέτοια οστά περιέχουν εκτεταμένη σπογγώδη οστέινη ουσία στην οποία απαντάται μυελοειδής ιστός. Παραδείγματα βραχέων οστών είναι οι σπόνδυλοι και τα οστά του τάρσους.

Τα **πλατέα οστά** αποτελούνται από δύο πλάκες (*tabulae*) συμπαγούς οστίτη ιστού και περικλείουν είτε σπογγώδη οστέινη ουσία, τη διπλή (*diploe*), είτε αέρα και σχηματίζουν τους κόλπους (*sinus*). Αυτή η ομάδα οστών περιλαμβάνει για παράδειγμα την ωμοπλάτη, το λαγόνιο οστό ή τις πλευρές. Μερικά οστά του κρανίου είναι πλατέα οστά που περιβάλλουν **κοιλότητες που περιέχουν αέρα** (αεροφόρα οστά). Αυτά τα οστά σχηματίστηκαν μετά από απορρόφηση οστέινης ουσίας και επενδύονται με βλεννογόνο. Παράδειγμα αποτελούν η άνω γνάθος ή το ηθμοειδές οστό.

Παραδείγματα **ακανόνιστων** οστών είναι τα οξύληκτα οστά του κρανίου: το σφηνοειδές οστό, το προσφηνοειδές και το βασισφηνοειδές οστό. **Σησαμοειδή οστά** (sesamoid bones) απαντώνται κοντά σε αρθρώσεις (π.χ. αρθρώσεις των δακτύλων), από κάτω ή εντός ενός τένοντα (π.χ. επιγονατίδα) (Εικ. I-35).

Μία **απόφυση** είναι ένα οστέινο εξόγκωμα το οποίο σχηματίστηκε από ένα ανεξάρτητο πυρήνα οστέωσης. Αυτά τα μορφώματα παρέχουν πρόσφυση σε μυς και τένοντες. Ένα παράδειγμα είναι η ακανθώδης απόφυση των σπονδύλων ή ο μείζων τροχαντήρας στο μηριαίο οστό. Τα **οστά των οργάνων** δεν σχετίζονται με το κινητικό σύστημα. Τέτοια οστά απαντώνται στο πέος του γάτου και του σκύλου ή στην καρδιά των βοοειδών.

Οι εικόνες I-25 έως 29 απεικονίζουν σχηματικά τον σκελετό των κατοικίδιων θηλαστικών που μελετώνται σε αυτό το βιβλίο: γάτα, σκύλος, χοίρος, βους και ίππος. Αυτές οι εικόνες παρέχουν μία γενική άποψη της τοπογραφίας των οστών, δίνοντας τη δυνατότητα για συγκρίσεις ανάμεσα στα είδη. Τα οστά περιγράφονται ανεξάρτητα σε άλλα κεφάλαια του βιβλίου.

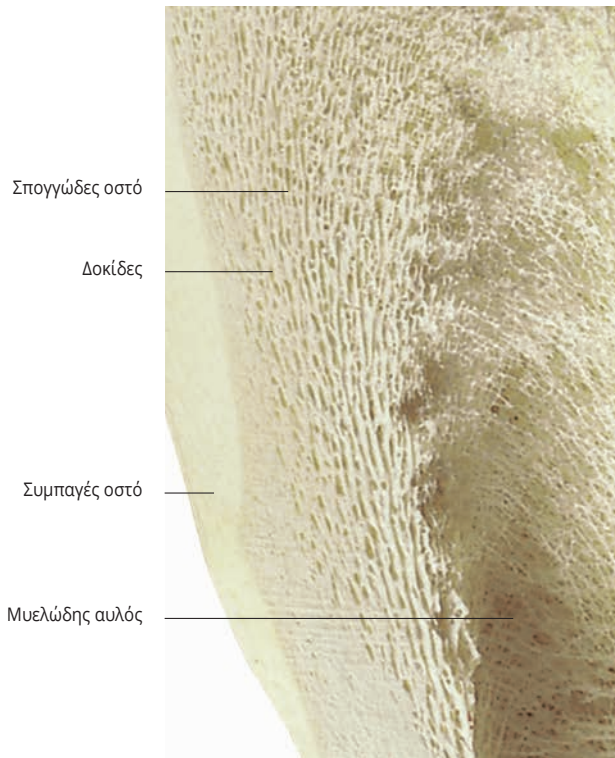
### Αρχιτεκτονική του οστού-οστίτη ιστού

Η υψηλή σταθερότητα των οστών επιτυγχάνεται χάρη στον οστίτη ιστό. Ο οστίτης ιστός δεν είναι συμπαγής και ομοιογενής αλλά μάλλον κάθε ένα οστό έχει μία ειδική αρχιτεκτονική η οποία επηρεάζεται από:

- τη δομή του **συμπαγούς οστίτη ιστού** (compact substance)
- τη διεύθετηση του **σπογγώδους οστίτη ιστού** (spongy substance)



**Εικ. I-12.** Οβελαία τομή μακρού οστού (Α), και οβελαία τομή μακρού οστού συμπεριλαμβανομένου του αρθρικού χόνδρου και του ερυθρού μυελού των οστών (Β).



**Εικ. I-13.** Αρχιτεκτονική του τοιχώματος ενός μακρού οστού όπου φαίνονται η συμπαγής και η σπογγώδης οστέινη ουσία.



**Εικ. I-14.** Εγκάρσια τομή πεταλώδους οστίτη ιστού.

- την μορφή-σχήμα του **μυελώδους αυλού** (medullary cavity)
- τις **αρχές του εφελκυσμού** και της **συμπίεσης**
- τον σχηματισμό των **τροχιών τάσης** και
- τις απαιτήσεις **κάμψης** ολόκληρου του οστού

Η επιφάνεια του οστού είναι κατασκευασμένη από **οστέινα πετάλια** τα οποία αποτελούν τη βάση της συμπαγούς οστέινης ουσίας. Αυτή η συμπαγής στιβάδα περικλείει τη σπογγώδη οστέινη ουσία, ένα λεπτό δίκτυο οστέινων δοκίδων και πετάλων. Οι δοκίδες και τα πετάλια διατάσσονται ανάλογα με το **πρότυπο των τροχιών τάσης** οι οποίες σχηματίστηκαν σε απάντηση εξωτερικών μηχανικών παραγόντων, και τις μέγιστες δυνάμεις εφελκυσμού και πίεσης που ασκούνται στο οστό. Οι τροχιές τάσης είναι γραμμές εφελκυσμού ή συμπίεσης. Οι καμπύλες που ανήκουν στις τροχιές εφελκυσμού πορεύονται παράλληλα η μία με την άλλη, όπως και οι τροχιές συμπίεσης μεταξύ τους. Αυτές οι δύο ομάδες τροχιών τάσης πάντα διακλαδώνονται σε ορθές γωνίες η μία με την άλλη.

Στον οστίτη ιστό παρατηρούνται:

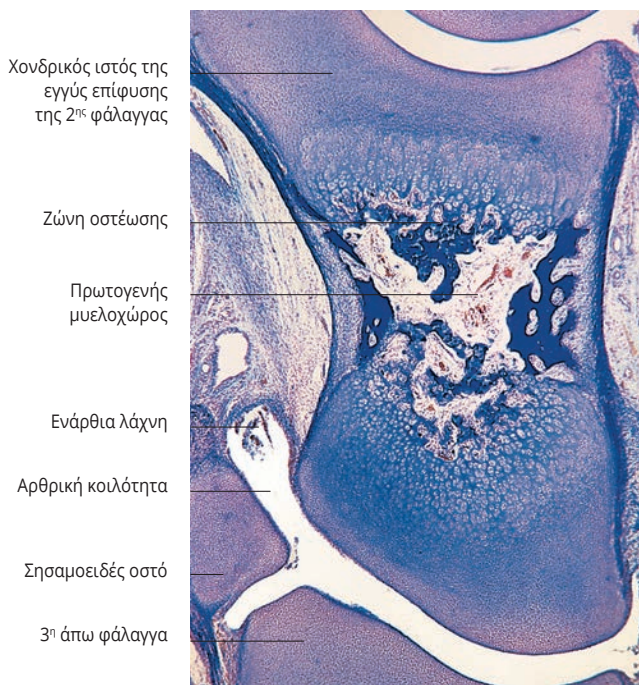
- οστικά σωληνάρια
- οστέινες δοκίδες και
- οστέινα πετάλια (Εικ. I-13 και I-14).

Η **τάση που εφαρμόζεται** στην διάφυση των μακρών οστών δεν επηρεάζει τη σταθερότητα αλλά οδηγεί σε δυνάμεις εφελκυσμού στην κυρτή πλευρά του οστού και σε δυνάμεις συμπίεσης στην κοίλη πλευρά του οστού. Στο κέντρο, αυτές οι δύο δυνάμεις αλληλο-εξουδετερώνονται και η καθαρή δύναμη είναι αμελητέα. Έτσι το οστό

δεν οφείλει να περιέχει στιβαρές κατασκευές στο κέντρο του: το ιδεώδες σχήμα του οστού είναι ένας μακρύς, κοίλος σωλήνας με ενισχυμένα τοιχώματα, όπως η διάφυση.

Αντί για σπογγώδη οστίτη ιστό που απαντάται στις επιφύσεις, η διάφυση περικλείει τον **μυελώδη αυλό** (medullary cavity). Εδώ η συμπαγής οστέινη ουσία ενισχύεται με στιβάδες πεταλιώδους οστίτη ιστού (Εικ. I-12). Ο μυελώδης αυλός περιέχει τον **ερυθρό μυελό των οστών** όπου παράγονται τα κύτταρα του αίματος (**αιμοποίηση**), καθιστώντας τα οστά **αιμοποιητικά όργανα**.

Ο οστίτης ιστός διαθέτει μεγάλη σκληρότητα και αντοχή ενώ ταυτόχρονα είναι κατασκευασμένος με τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία υλικού κατασκευής και συνεπώς ελάχιστο βάρος. Η οργάνωση του οστίτη ιστού δημιουργεί τις άριστες προϋποθέσεις: ο κοίλος σωλήνας είναι ανθεκτικός σε δυνάμεις τάσης και ο σπογγώδης οστίτης ιστός εξοικονομεί υλικά και είναι πολύ ελαφρύς. Το πάχος της διάφυσης προσαρμόζεται στο μέγιστο φορτίο που εξασκείται στο οστό. Τα έσω τοιχώματα των μακρών οστών δέχονται μεγαλύτερο φορτίο και έτσι είναι παχύτερα από τα έξω τοιχώματα. Τα επίπεδα οστά όπως η ωμοπλάτη είναι πυκνότερα στην περιφέρεια και λεπτότερα στο κέντρο. Οι ανόργανες ουσίες συνιστούν περίπου τα δύο τρίτα του βάρους ενός οστού. Το υπόλοιπο ένα τρίτο είναι οι οργανικές ουσίες του οστού, που περιλαμβάνουν κυρίως κολλαγόνες πρωτεΐνες και λιπίδια (5%-10%). Η απασβέστωση του οστού με τη βοήθεια οξέων απομακρύνει τις ανόργανες ουσίες αφήνοντας το οστό μαλακό και εύκαμπτο. Η καύση του οστού καταστρέφει τα οργανικά στοιχεία του, αφήνοντας ως υπόλειμμα στάχτη.



Εικ. I-15. 2η φάλαγγα εμβρύου ίππου (ιστολογική τομή, χρώση Azan).



Εικ. I-16. Εμβρυϊκοί σπόνδυλοι (ιστολογική τομή, χρώση Azan).

## Ενδόστεο-περιόστεο

Τα οστά περιβάλλονται εσωτερικά και εξωτερικά από μία μεμβράνη πυκνού συνδετικού ιστού η οποία ονομάζεται **ενδόστεο** και **περιόστεο** αντίστοιχα. Το ενδόστεο επαλείφει την μυελική κοιλότητα και καλύπτει τον σπογγώδη οστίτη ιστό δημιουργώντας ένα σύνορο ανάμεσα στον οστίτη ιστό ή τον σπογγώδη οστίτη ιστό και τον μυελό των οστών (Εικ.Ι-17). Το περιόστεο καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια του οστού, αλλά απουσιάζει από τις αρθρικές επιφάνειες και από τα σημεία στα οποία προσφύονται τένοντες και σύνδεσμοι. Κοντά στις αρθρώσεις το περιόστεο αποκολλάται από την επιφάνεια του οστού και συγχωνεύεται με τον **αρθρικό θύλακο**. Στην άλλη πλευρά της άρθρωσης, το περιόστεο αφήνει τον θύλακο και προσφύεται ξανά στην επιφάνεια του παρακείμενου οστού. Στα όρια οστού/χόνδρου, για παράδειγμα στις πλευρές, το περιόστεο συνεχίζει πάνω στον χόνδρο ως περιχόνδριο. Το **περιόστεο** είναι απαραίτητο όχι μόνο για την αιμάτωση, αύξηση, αναγέννηση και επούλωση των καταγμάτων των οστών, αλλά επίσης για τη μετάδοση της μυϊκής ενέργειας στο οστό. Το περιόστεο αποτελείται από δύο στιβάδες, την

- **εσωτερική κυτταρώδη, οστεογόνο στιβάδα** (inner cellular, osteogenic layer) και την
- **εξωτερική ινώδη στιβάδα** (outer protective fibrous layer)

Η **οστεογόνος στιβάδα** (Εικ.Ι-16 και 17) επαλείφει το οστό και **παράγει οστίτη ιστό**. Ένας μεγάλος αριθμός αισθητικών νευρικών ινών όπως επίσης και ένα δίκτυο αιμοφόρων και λεμφοφόρων αγγείων περιέχονται σε αυτή τη στιβάδα. Αυτή η στιβάδα περιλαμβάνει επίσης **προγονικά κύτταρα**, τις **προ-οστεοβλάστες** οι οποίες μπορούν να διαφοροποιηθούν σε οστεοβλάστες, που παράγουν οστίτη ιστό και είναι υπεύθυνες για την **προσθητική ανάπτυξη** των οστών. Αυτή η στιβάδα διατηρεί για όλη την ζωή την ικανότητα να σχηματίζει οστίτη ιστό, γεγονός σημαντικό για την φυσιολογική αναμόρφωση των οστών και την επούλωση των καταγμάτων. Η οστεογόνος στιβάδα σχηματίζει τον **υπερπλαστικό χόνδρο** (cartilage callus) και το **υπερπλαστικό οστό** (bone callus) και ο παρατεταμένος μηχανικός ερεθισμός του περιόστεου μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό **εξοστώσεων** (exostoses).

Πυκνός συνδετικός ιστός αναμεμιγμένος με ελαστικές ίνες συγκροτεί την εξωτερική στιβάδα, την **ινώδη στιβάδα** (Εικ.Ι-16 και 17), η οποία είναι πολύ ανθεκτική σε δυνάμεις τάσης. Δεμάτια κολλαγόνων ινών που προέρχονται από αυτή τη στιβάδα (**διατιτραίνουσες ίνες**) προσφύονται στα επιφανειακά πετάλια της οστέινης ουσίας (**ίνες Sharpey**). Αυτές οι ίνες συνδέουν σταθερά το περιόστεο στην επιφάνεια του οστού. Η **ινώδης στιβάδα** είναι επίσης υπεύθυνη για την πρόσφυση των μυών, τενόντων και συνδέσμων στο οστό. Στο σημείο της πρόσφυσης, οι ίνες που προέρχονται από τον τένοντα ή τον σύνδεσμο επεκτείνονται στην ινώδη στιβάδα και συνεχί-

ζουν ως ίνες Sharpey, καθιστώντας ισχυρή την πρόσφυση στο οστό.

Το **ενδόστεο** (Εικ.Ι-17) αποτελείται από μία στιβάδα πεπλατυσμένων, ανενεργών οστεοπρογονικών κυττάρων. Αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν είτε σε **οστεοβλάστες** είτε σε **οστεοκλάστες**. Το ενδόστεο οριοθετεί το αγγειακό δίκτυο του μυελού των οστών και όπως το περιόστεο είναι **ικανό να παράγει οστίτη ιστό (οστεογεννητικό δυναμικό)**.

## Αναγέννηση του οστού

Τα **οστεοπρογονικά κύτταρα** στο περιόστεο και το ενδόστεο είναι υπεύθυνα για τις διαδικασίες αναγέννησης του οστίτη ιστού. Η αναγέννηση είναι δυνατή κάτω από δύο προϋποθέσεις:

1. υπάρχουν διαθέσιμα **μεσεγγυματικά κύτταρα** και,
2. τα **προγονικά κύτταρα των οστοβλαστών** μπορούν να πολλαπλασιασθούν.  
Ο νέος ιστός γεφυρώνει το χάσμα που προκύπτει από το κάταγμα.

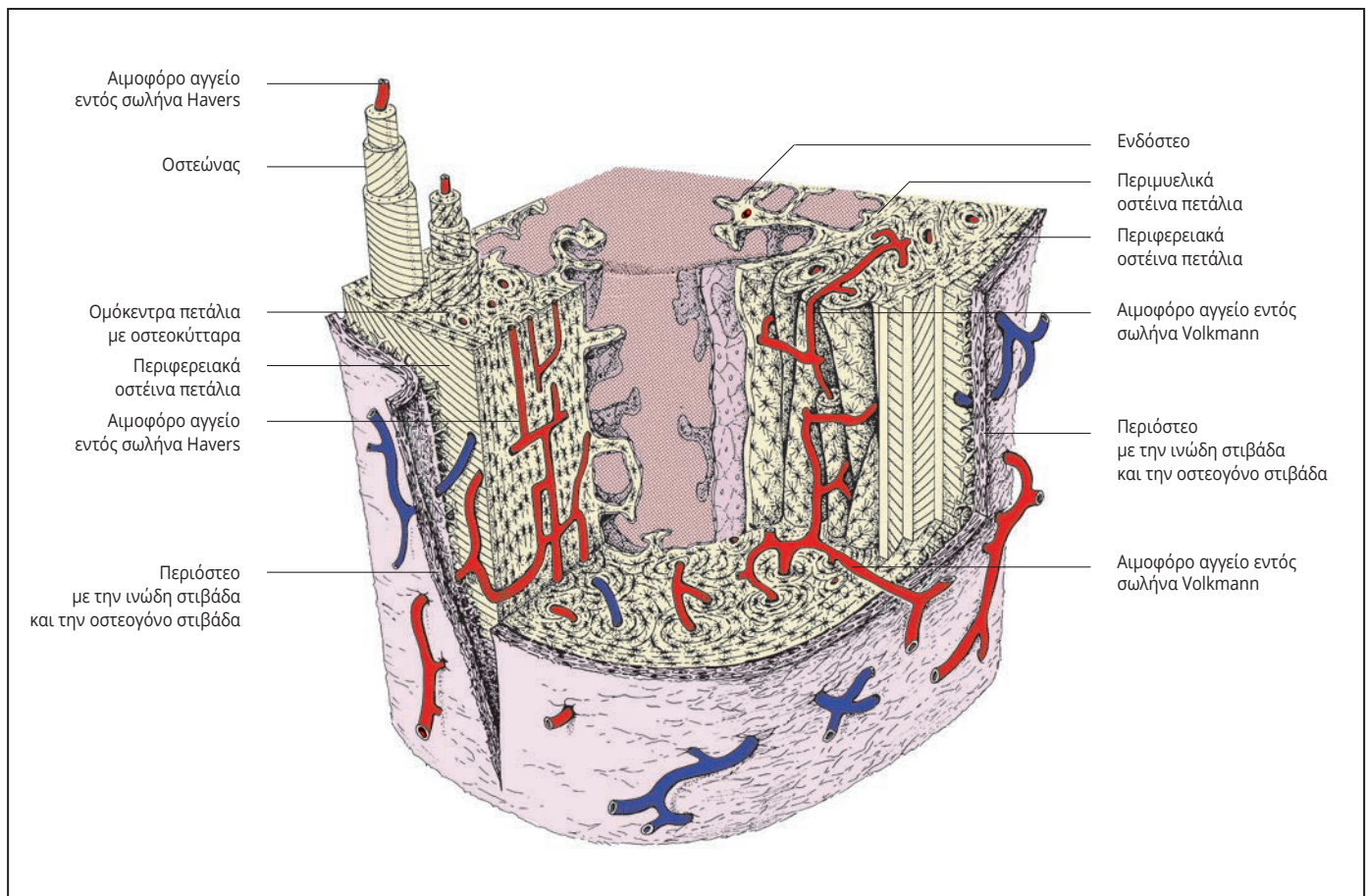
Η **πρωτογενής επούλωση κατάγματος** συμβαίνει όταν η κινητικότητα ανάμεσα στα τμήματα είναι αμελητέα και η μεταξύ τους απόσταση πολύ μικρή. Πεταλιώδης οστίτης ιστός σχηματίζεται στο χάσμα ενώνοντας τα δύο τμήματα του οστού. Όταν τα δύο τμήματα απέχουν αρκετά συμβαίνει η **δευτερογενής επούλωση**. Ινώδης συνδετικός ιστός αρχικά γεφυρώνει το χάσμα σχηματίζοντας ένα μαλακό τύλο. Ο τύλος οστεώνεται με τιτάνωση μέχρι να σχηματιστεί συμπαγές οστό.

## Αιμάτωση και νεύρωση των οστών

Το οστό είναι ένας πολύ καλά αιματωμένος ιστός και αυτό υπογραμμίζει την μεταβολική σπουδαιότητά του. Ένα πυκνό δίκτυο αγγείων εφοδιάζει όχι μόνο τον οστίτη ιστό αλλά τον μυελό των οστών, το περιόστεο και το ενδόστεο. Τραυματισμός του οστού ή κάταγμα μπορεί να διακόψει την αγγείωση οδηγώντας σε ακραίες καταστάσεις σε νέκρωση του ιστού.

Η αγγείωση του οστού επιτυγχάνεται διαμέσου μιας μοναδικής συστηματικής κατανομής των αιμοφόρων αγγείων. Οι **τροφικές αρτηρίες** (nutrient arteries) αποσπάζονται από τις μεγαλύτερες αρτηρίες των άκρων και εισέρχονται στα μακρά οστά διαμέσου των **τροφοφόρων τρημάτων** (nutrient foramens) της διάφυσης. Αυτά τα αγγεία φτάνουν στον μυελώδη αυλό αφού διαπεράσουν τη συμπαγή οστέινη στιβάδα. Εδώ διακλαδίζονται σε αρκετούς ανιόντες και κατιόντες κλάδους που αρδεύουν τις εγγύς και άπω επι-και μετα-φύσεις (Εικ.Ι-23). Στις επιφύσεις τα αγγεία σχηματίζουν **ελικοειδείς αρτηρίες** που φτάνουν διαμέσου του επιφυσιακού υποχόνδριου οστού να τροφοδοτήσουν με αίμα την οστεωμένη ζώνη του αρθρικού χόνδρου.

Από τον μυελώδη αυλό τα αιμοφόρα αγγεία τροφοδοτούν τον συμπαγή οστίτη ιστό διαμέσου των σωλήνων Volkman (βλέπε παρακάτω). Ο σπογγώδης οστίτης ιστός δεν περιέχει αγγεία αλλά τροφοδοτείται με διάχυση



Εικ. Ι-17. Σχηματική απεικόνιση τομής συμπαγούς οστού διάφυσης.

από τον μυελό των οστών. Η φλεβική επιστροφή πραγματοποιείται διαμέσου του αξονικού συστήματος του μυελού των οστών.

Ο οστίτης ιστός δεν περιέχει λεμφαγγεία. Ένα πυκνό δίκτυο λεμφαγγείων απαντάται μόνο στο περίοστεο. Ο οστίτης ιστός από μόνος του δεν είναι ευαίσθητος στον πόνο. Μεμονωμένες φυτικές νευρικές ίνες ακολουθούν την πορεία των αιμοφόρων αγγείων στους σωλήνες Havers.

### Το οστό ως όργανο

Το οστό ως όργανο αποτελείται από:

- οστεωμένα στοιχεία
- αρθρικό χόνδρο (όπου υπάρχει)
- περίοστεο και ενδόστεο
- μυελό των οστών
- νευρικές ίνες

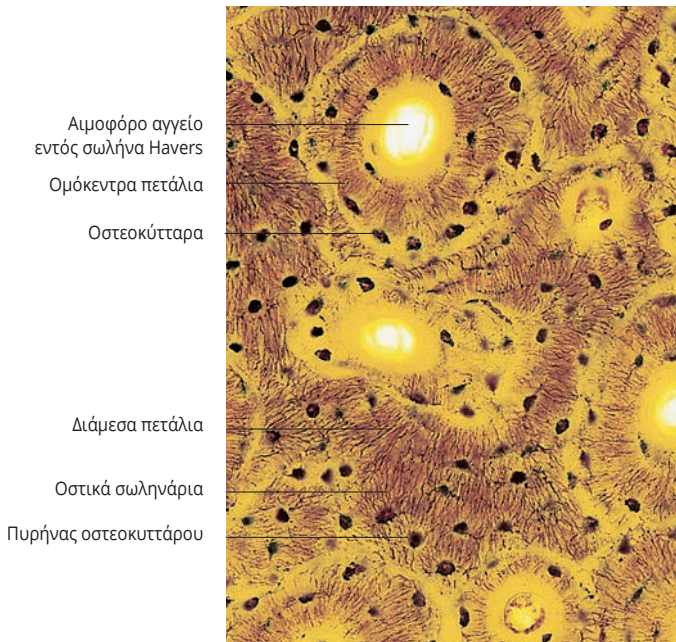
Η αρχιτεκτονική των οστών και η μεσοκυττάρια ουσία (οργανική και ανόργανη) παρέχουν τα σταθεροποιητικά συστατικά του παθητικού συστήματος της κίνησης, σταθερότητας και υποστήριξης του ζωικού οργανισμού. Η οργάνωση των κολλαγόνων ινών τύπου I, η τιτανωμένη

μεσοκυττάρια ουσία και η δομή του οστίτη ιστού παίζουν βασικό ρόλο στην σταθερότητα. Ένα οστό μπορεί να αντέξει την εφαρμογή μηχανικής πίεσης, το σωματικού βάρους, την μυϊκή ένταση ή επιτάχυνση. Αυτές οι δυνάμεις ενεργούν με τη μορφή συμπίεσης, έλξης, φορτίου, ροπής και διάτμησης και δεν προκαλούν κάταγμα όταν βρίσκονται εντός κάποιων ορίων. Ενώ το οστό ανθίσταται σε διαλείπουσα εφαρμογή δύναμης, το οστό που υφίσταται συνεχώς δυνάμεις φορτίου ατροφεί. Από την άλλη πλευρά, το οστό που υφίσταται σταθερά δυνάμεις εφελκυσμού υπερτροφεί.

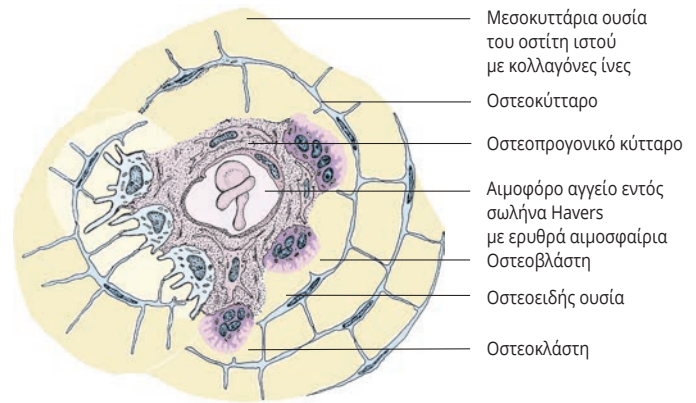
Η αρχιτεκτονική του οστίτη ιστού ελέγχεται καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής από τις λειτουργικές ανάγκες. Οι κατασκευές του συμπαγούς και του σπογγώδη οστίτη ιστού προσαρμόζονται διαρκώς σε αλλαγές των εμβιομηχανικών δυνάμεων. Το ενδόστεο είναι υπεύθυνο για την επαγωγή των δομικών αλλαγών που συμβαίνουν σαν συνέπεια των φυσιολογικών αρχών της κατασκευής και απορρόφησης του οστίτη ιστού (βλέπε οστεογένεση).

### Οστεογένεση

Κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης, σχηματίζεται ένα **χόνδρινο πρόπλασμα σκελετού** το οποίο παρέχει σχήμα και υποστήριξη (**πρωτογενής σκελετός**) για το



**Εικ. I-18.** Συμπαγής οστέινη ουσία από ένα μακρό οστό (ιστολογική εγκάρσια τομή, χρώση Schmorl).



**Εικ. I-19.** Σχηματική απεικόνιση εγκάρσιας τομής ενός αναπτυσσόμενου οστέων.

αναπτυσσόμενο έμβρυο. Μέχρι την έναρξη της οστέωσης, αυτός ο πρωτογενής σκελετός υφίσταται γρήγορες διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις, που τελικά καθορίζουν την αύξηση και τη μορφή ολόκληρου του οργανισμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, κάθε τμήμα του πρωτογενούς σκελετού λειτουργεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξοικονομεί χώρο για τον οστίτη ιστό ο οποίος τελικά θα αντικαταστήσει τον χονδρικό ιστό. Οι **επαγωγικοί μεσολαβητές** (π.χ. μορφογενετική πρωτεΐνη οστού, μιτογόνοι παράγοντες) συνεργούν στην παραγωγή οστίτη ιστού. Σε κάποιο αναπτυξιακό στάδιο, ο χονδρικός ιστός του πρωτογενή σκελετού υφίσταται αναμόρφωση με αργό ρυθμό. Ο χονδρικός ιστός απορροφείται και **αντικαθίσταται από οστίτη ιστό**. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται **χονδρογενής ή έμμεση οστέωση**. Το νεοδημιουργηθέν οστό αναφέρεται ως **πρωτογενής οστίτης ιστός** εξαιτίας της τυχαίας κυψελοειδούς αρχιτεκτονικής των δοκίδων. Τελικά, τόσο το απορροφηθέν όσο και ο πρωτογενής οστίτης ιστός αντικαθίστανται από **πεταλιώδη οστίτη ιστό**. Η πλειοψηφία των οστών των ενηλίκων (π.χ. οι σπόνδυλοι και τα οστά των άκρων) σχηματίζονται με **χονδρογενή οστέωση**.

Η αντικατάσταση του χονδρικού ιστού με οστίτη ιστό αρχίζει κατά τη διάρκεια του μέσου της εμβρυϊκής ανάπτυξης, σε σημεία που αναφέρονται ως **πυρήνες πρωτογενούς οστέωσης**. Σε μερικά οστά αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται μόνο όταν το ζώο έχει φτάσει την φυσική ωρίμανση. Ακτινογραφίες ανώριμων (εφήβων) ζώων συχνά δείχνουν εναπομεινάντα χονδρικό ιστό που δεν έχει ακόμα οστεωθεί, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες διαγνώσεις και δεν πρέπει να παραβλέπεται.

## Οστέωση (ossification)

Το οστό μπορεί επίσης να δημιουργηθεί άμεσα από μεσεγχυματικό ιστό χωρίς να περάσει από το στάδιο του χονδρικού ιστού. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως υμενογενής ή άμεση οστέωση. Τα υμενογενή οστά του κρανίου, το περι-οστέινο έλυτρο των μακρών οστών και η επούλωση των καταγμάτων δημιουργούνται διαμέσου αυτής της διαδικασίας. Υπάρχουν δύο μορφές οστέωσης:

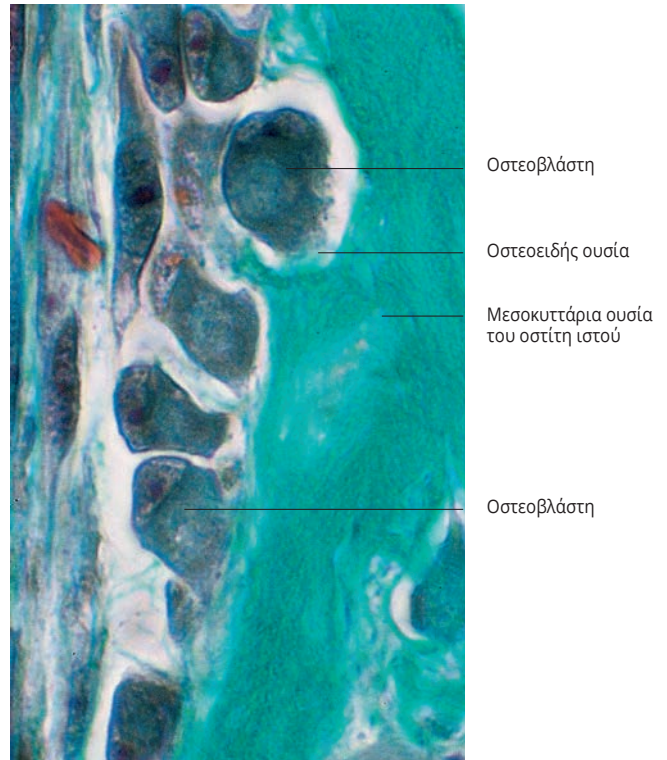
- υμενογενής ή άμεση οστέωση και
- χονδρογενής ή έμμεση οστέωση, η οποία διακρίνεται σε:
  - περιχόνδρια οστέωση και
  - ενδοχόνδρια οστέωση.

### Υμενογενής οστέωση

Τα οστά που αναπτύσσονται με υμενογενή οστέωση αναφέρονται ως **υμενογενή οστά**. Τα υμενογενή οστά είναι οστά τα οποία δημιουργούνται άμεσα από το μεσεγγυμα του έξω και μέσου βλαστικού δέρματος (π.χ. τα περισσότερα από τα οστά του κρανίου). Η υμενογενής ανάπτυξη των οστών επισυμβαίνει όταν **μεσεγγυματικά κύτταρα** διαφοροποιούνται **άμεσα** σε κύτταρα που παράγουν οστίτη ιστό. Αυτά τα κύτταρα είναι διαφόρων ειδών και εμφανίζονται σε ποικίλες μορφές (Εικ. I-20 και 21). Αδιαφοροποίητα μεσεγγυματικά κύτταρα διαφοροποιούνται σε **οστεοπρογονικά κύτταρα**, τα οποία με τη σειρά τους αναπτύσσονται σε **οστεοβλάστες**, δηλαδή κύτταρα που δημιουργούν **οστίτη ιστό**. Κατά τη διάρκεια της οστέωσης, οι οστεοβλάστες παράγουν μία **οργανική, χωρίς μέταλλα, ουσία** που ονομάζεται **οστεοειδής ουσία** η οποία περικυκλώνει τα κύτταρα. Η οστεοειδής ουσία



**Εικ. I-20.** Υμενογενής οστέωση με κεντρικό τριχοειδές στο χαλαρό συνδετικό ιστό με οστεοβλάστες και οστεοκύτταρα (ιστολογική τομή, χρώση αιματοξυλίνη - εωσίνη).



**Εικ. I-21.** Υμενογενής οστέωση με οστεοβλάστες, οστεοειδή ουσία και μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού (ιστολογική τομή, χρώση Goldner).

αποτελείται κυρίως από **ίνες κολλαγόνου τύπου I** (95%). Το υπόλοιπο 5% αποτελείται από γλυκοζαμινογλυκάνες, πρωτεογλυκάνες, θεική 4 χονδροϊτίνη, θεική 6 χονδροϊτίνη, θεική κερατάνη, και δύο οστικές πρωτεΐνες, την οστεονεκτίνη και την οστεοκαλσίνη. Η βιταμίνη C είναι αναγκαία για την παραγωγή της οστεοειδούς ουσίας. Κατά τη διάρκεια της επακόλουθης διαδικασίας τιτάνωσης, οι κολλαγόνες ίνες χρησιμεύουν ως υπόβαθρο για την εναπόθεση **ανόργανου ασβεστίου** και **χημικών ενώσεων φωσφόρου**.

Μέσα σε 8-10 ημέρες η οστεοειδής ουσία μετατρέπεται με την τιτάνωση σε **μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού**. Αυτή η μετατροπή ελέγχεται από αυξητικές ορμόνες και μεταβολίτες της βιταμίνης D. Τα συστατικά του **ανόργανου οστίτη ιστού** όπως φωσφορικό ασβέστιο (85%-95%), ανθρακικό ασβέστιο (8%-10%), φωσφορικό μαγνήσιο (1.5%) και φθοριούχο ασβέστιο (0.3%) μεταφέρονται με τα αιμοφόρα αγγεία και εναποτίθενται στην οστεοειδή ουσία. Με αυτή τη διαδικασία η μη οστεωμένη οστεοειδής ουσία μετατρέπεται σε **οστεωμένη μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού** (Εικ. I-20 και 21). Προϊούσης της οστέωσης, οι οστεοβλάστες απομονώνονται στον αναπτυσσόμενο οστίτη ιστό και διαφοροποιούνται σε **οστεοκύτταρα**.

Διάφορες λειτουργικές δυνάμεις αρχίζουν να επηρεάζουν τον οστίτη ιστό οδηγώντας σε απορρόφηση και αναδιαμόρφωση του νεότευκτου οστίτη ιστού ακόμα και

όταν η διαδικασία οστέωσης συνεχίζεται. Τα κύτταρα τα οποία διασπούν τον οστίτη ιστό ονομάζονται **οστεοκλάστες** (Εικ. I-20 και 21).

### Χονδρογενής οστέωση (chondral ossification)

Η χονδρογενής οστέωση εμπλέκει τον **υαλοειδή χόνδρο** ο οποίος χρησιμεύει ως υπόστρωμα και παρέχει τη βάση για την επιμήκη αύξηση των οστών. Ο πρωτογενής σκελετός αποτελείται από υαλοειδή χόνδρο, μέχρις ότου αρχίσει η χονδρογενής οστέωση, διαμέσου της βαθμιαίας απορρόφησης του χονδρικού ιστού και της αντικατάστασής του με μόνιμο οστίτη ιστό. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται οι σπόνδυλοι, οι πλευρές, το στέρνο, τα άκρα και η βάση του κρανίου. Αυτή η διαδικασία που δημιουργεί καινούργιο οστίτη ιστό από πρόδρομο υαλοειδή χόνδρο είναι η χονδρογενής οστέωση. Η **χονδρογενής οστέωση** περιλαμβάνει την περιχόνδρια και την ενδοχόνδρια οστέωση (Εικ. I-15 και 24).

### Περιχόνδρια οστέωση (perichondral ossification)

Η περιχόνδρια οστέωση είναι παρόμοια με την υμενογενή οστέωση μιας και σχηματίζεται οστεοειδής ουσία η οποία βαθμιαία τιτανώνεται. **Οστεοπρογονικά κύτταρα**, κύτταρα που έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν νέο οστίτη ιστό, βρίσκονται στην **εσωτερική στιβάδα του περιχόνδριου** και διαφοροποιούνται σε **οστεοβλάστες** (πρωτογενής οστέωση). Αυτή η μετατροπή μαλακού



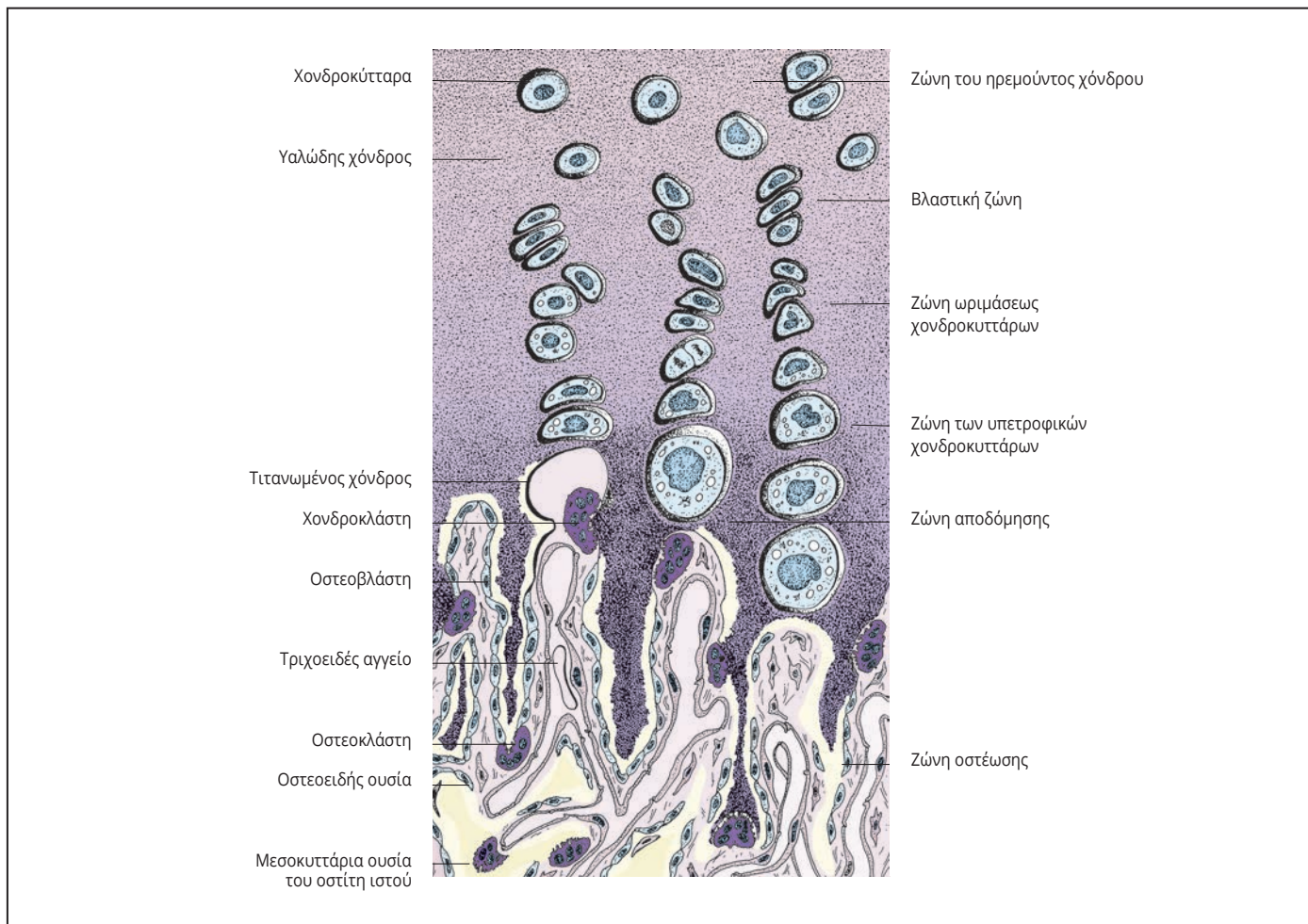
ιστού σε οστίτη ιστό αρχίζει στο μέσο της διάφυσης και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός οστέινου ελύτρου, του **περιχόνδριου** ή **περιόστεου οστού**. Η οστέωση του περιχόνδριου συνεχίζεται με κατεύθυνση τα άκρα του οστού, τις **επιφύσεις**. Έτσι το περιχόνδριο μετατρέπεται σε περιόστεο. Η περιχόνδρια οστέωση οδηγεί στην ανάπτυξη του περιosteού των μακρών οστών.

Ο σχηματισμός του περιosteού αναστέλλει μηχανικά τον μεταβολισμό του υαλοειδή χόνδρου, προάγοντας ουσιαστικά την **τιτάνωση της μεσοκυττάριας ουσίας** του χονδρικού ιστού. Παράλληλα, αιμοφόρα αγγεία εισδύουν διαμέσου του περιόστεου ελύτρου και εισβάλλουν στον οστεωμένο χονδρικό ιστό. Τα κύτταρα που απομακρύνουν τον υπάρχοντα υαλοειδή χόνδρο, οι **χονδροκλάστες**, εισέρχονται στην οστεωμένη μεσοκυττάρια ουσία διαμέσου των πολλαπλασιαζόμενων αιμοφόρων αγγείων, και ακολουθεί η απορρόφηση του εναπομείναντα χονδρικού ιστού. Οι χονδροκλάστες δημιουργούν κενούς χώρους οι οποίοι σύντομα γεμίζουν με συνδετικό ιστό και αιμοφόρα τριχοειδή, τα οποία μεταφέρουν όχι μόνο θρεπτικές ουσίες αλλά και ουσίες απαραίτητες για τη δημιουργία νέου οστίτη ιστού. Οι **οστεοβλάστες** φθάνουν στον μυελώδη αυλό διαμέσου αυτών των αιμοφόρων αγγείων και αρχίζουν από μέσα να δημιουργούν καινούργιο

οστίτη ιστό (**ενδοχόνδρια οστέωση**). Η συνεχής διαδικασία οστικής απορρόφησης και αντικατάστασης της μεσοκυττάριας ουσίας οδηγεί στην ανάπτυξη του πρωτογενούς μυελώδους αυλού, ο οποίος γεμίζει με ένα λεπτό δίκτυο το οποίο μοιάζει με ένα μερικώς οστεωμένο σπόγγο (**ανάπτυξη του σπογγώδους οστίτη ιστού**).

Ο δαιδαλώδης **δευτερογενής μυελώδης αυλός** (Εικ. I-16) δημιουργείται όταν συνδετικός ιστός στον πρωτογενή μυελώδη αυλό διαφοροποιείται σε δικτυο-αιμοποιητικό ιστό υπεύθυνο για την παραγωγή αιμοσφαιρίων (**αιμοποίηση**). Αυτό επισυμβαίνει κατά τα τελευταία στάδια της εμβρυικής ανάπτυξης, και ο νεοσχηματισθείς δικτυο-αιμοποιητικός ιστός ονομάζεται **ερυθρός μυελός των οστών** (red bone marrow).

Ο **μυελός των οστών** (bone marrow) ο οποίος απαντάται στις μυελικές κοιλότητες και των δύο επιφύσεων και ανάμεσα στις δοκίδες της σπογγώδους οστέινης ουσίας, παραμένει εφόρου ζωής ένα **αιμοποιητικό όργανο** (Εικ. I-12B). Στους ενήλικες οργανισμούς ο ερυθρός μυελός των οστών της διάφυσης βαθμιαία αντικαθίσταται από **ωχρό ή λιπώδη μυελό**, ο οποίος ξανά μετατρέπεται σε **ζελατινώδη μυελό** σε γερασμένα ζώα ή, πρώιμα, σε άρρωστα ζώα.



**Εικ. I-22.** Σχηματική απεικόνιση δομικής αναμόρφωσης κατά τη διάρκεια χονδρογενούς οστέωσης σε μακρό οστό.

**Ενδοχόνδρια οστέωση (endochondral ossification)**

Ανάμεσα στη διάφυση και σε κάθε μία από τις δύο επιφύσεις ενός μακρού οστού, παραμένει μία περιοχή οστεωμένου χόνδρου ως **εγγύς και άπω μετάφυση**. Οι δύο μεταφύσεις οριοθετούν σε κάθε άκρο του οστού μία περιοχή ξεχωριστής ενδοχόνδριας οστέωσης που ονομάζεται **συζευκτικός χόνδρος** (epiphyseal growth plate) (Εικ. I-12B). Οι συζευκτικοί χόνδροι έχουν πολύ μεγάλη σημασία γιατί είναι υπεύθυνοι για την **κατά μήκος αύξηση των οστών**.

Το περίοστεο έλυτρο περιβάλλει το οστό και, στην περιοχή της **μετάφυσης**, εμποδίζει την κατά πάχος αύξηση του χονδρικού ιστού. Τα χονδροκύτταρα πολλαπλασιάζονται με μιτωτικές διαιρέσεις και υπερτροφούν, ενώ παράλληλα οργανώνονται σε στήλες δηλωτικές **προοδευτικής ανάπτυξης** τους (Εικ. I-22 και 24). Αυτή η οργάνωση είναι η βάση για την κατά μήκος αύξηση του χονδρικού ιστού η οποία είναι απαραίτητη για την αύξηση των οστών.

Η ενδοχόνδρια οστέωση του χονδρικού ιστού της μετάφυσης επισυμβαίνει σε **διάφορες ζώνες** (Εικ. I-22 και 24). Τα κύτταρα της στιβάδας του συζευκτικού χόνδρου που συνορεύει με την επίφυση βρίσκονται διασκορπισμένα στον υαλοειδή χόνδρο και δεν διαιρούνται (**ζώνη του ηρεμούντος χόνδρου**) (Εικ. I-22). Κάτω από τη ζώνη αυτή, προς την κατεύθυνση της μυελικής κοιλότητας βρίσκεται η ευρεία **βλαστική ζώνη**, όπου τα χονδροκύτταρα πολλαπλασιάζονται συνεχώς. Η μηχανική επίδραση του περίοστεου ελύτρου πιέζει τα ώριμα χονδροκύτταρα στη **ζώνη ωριμάσεως** να σχηματίσουν σαφείς στήλες. Τα χονδροκύτταρα αρχίζουν να εκφυλίζονται. Αυτή εί-

ναι μία διαδικασία που χαρακτηρίζεται από αύξηση του όγκου λόγω της πρόσληψης νερού και της τιτάνωσης της μεσοκυττάριας ουσίας (**ζώνη των υπερτροφικών κυττάρων**).

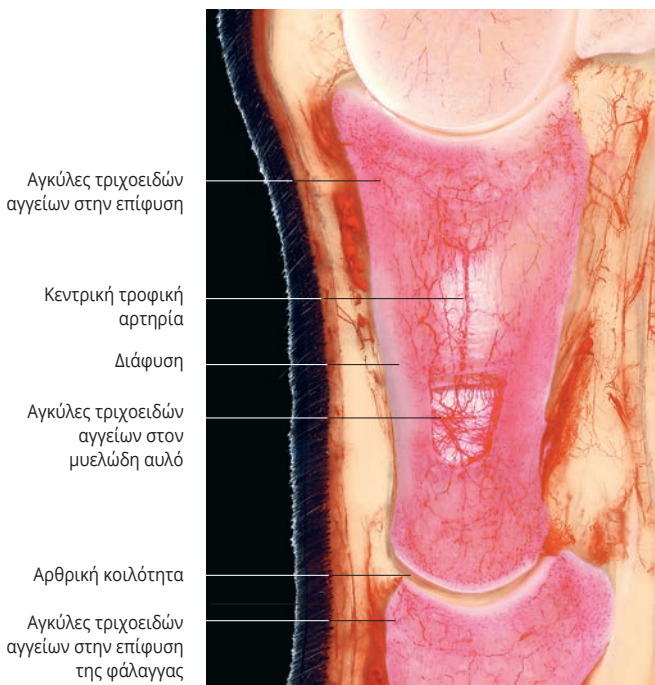
Όσο η τιτάνωση συνεχίζεται, οι χονδροκλάστες με τα ένζυμά τους διαβρώνουν τον εναπομείναντα τιτανωμένο χονδρικό ιστό (**ζώνη αποδόμησης**), (Εικ. I-22 και 24). Οι χονδροκλάστες εισέρχονται σε αυτή τη ζώνη με τα αιμοφόρα αγγεία και τον ερειστικό ιστό από την **μυελική κοιλότητα**, φτάνοντας μέχρι τη ζώνη της τιτάνωσης. Στα όρια ανάμεσα στις ζώνες αποδόμησης και τιτάνωσης, η διαδικασία απορρόφησης του χόνδρου έχει ολοκληρωθεί. Στην τελευταία προς τη διάφυση ζώνη, η μεσοκυττάρια ουσία εμποτίζεται με μεταλλικά στοιχεία και ολοκληρώνεται η οστέωση (**ζώνη οστέωσης**).

Τα αιμοφόρα αγγεία που εισβάλλουν στην περιοχή επιτρέπουν επίσης σε δευτερογενείς οστεοβλάστες να εισέλθουν στην ζώνη αποδόμησης. Τα κύτταρα αυτά παράγουν νέα **μεσοκυττάρια ουσία** (οστεοειδής ουσία) διαμέσου υμενογενούς οστέωσης. Τελικά, ο πρωτογενής οστίτης ιστός αντικαθίσταται από ώριμο πεταλιώδη οστίτη ιστό (βλέπε παρακάτω).

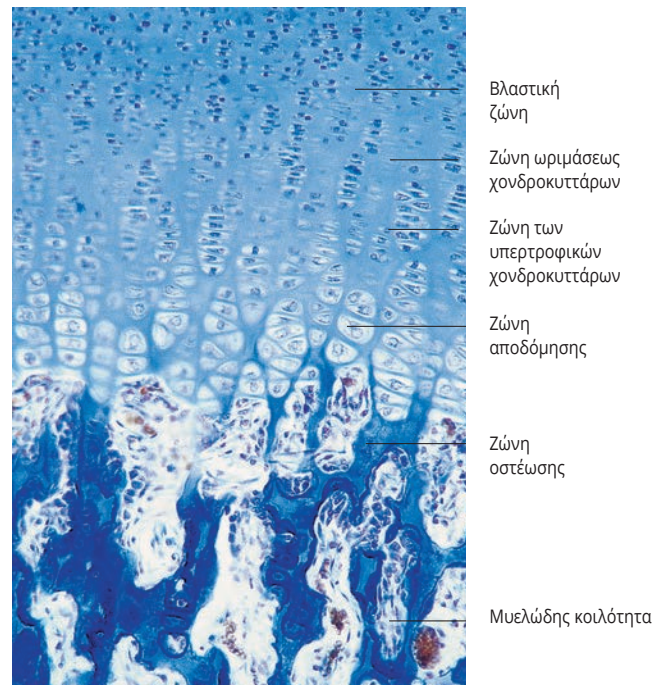
**Είδη του οστίτη ιστού**

Διακρίνονται δύο μορφές οστίτη ιστού: **ινώδης οστίτης ιστός** (primary ή woven bone) και **πεταλιώδης οστίτης ιστός** (secondary ή lamellar bone).

Από εξελικτικής πλευράς, ο ινώδης οστίτης ιστός θεωρείται ως φυλογενετικά παλιότερος από τον πεταλιώδη οστίτη ιστό. Για αυτό το λόγο συχνά ταξινομείται ως οστεωμένος συνδετικός ιστός. Κατά τη διάρκεια της



**Εικ. I-23.** Αγγείωση της 1<sup>η</sup> φάλαγγας ίππου (ύστερα από έγχυση πολυμερούς ουσίας)-ευγενική προσφορά Η. Obermayer, Μόναχο.



**Εικ. I-24.** Ιστολογική τομή επίφυσης ενός μακρού οστού όπου φαίνεται χονδρογενής οστέωση (χρώση Azan).

εμβρυϊκής ανάπτυξης κάθε οστό αρχικά αποτελείται από ινώδη οστίτη ιστό και μόνο μετά τη γέννηση ο ινώδης οστίτης ιστός αντικαθίσταται από τον πολύπλοκο πεταλιώδη οστίτη ιστό. Όμως, κάποια οστά με ινώδη οστίτη ιστό παραμένουν κατά τη διάρκεια της ζωής. Για παράδειγμα, ο οστέινος λαβύρινθος του έσω ωτός, ο έξω ακουστικός πόρος και οι θέσεις πρόσφυσης μυών στα μακρά οστά παραμένουν με ινώδη οστίτη ιστό.

Ο **πεταλιώδης οστίτης ιστός** χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη παράλληλων ή ομόκεντρων στιβάδων κολλαγόνων ινών, που ονομάζονται πετάλια. Τα περισσότερα οστά των ενήλικων ζώων αποτελούνται από πεταλιώδη οστίτη ιστό, ο οποίος συγκροτεί τα μακρά, τα βραχέα και τα πλατέα οστά. Η δομική μονάδα του πεταλιώδους οστίτη ιστού είναι ο **οστεώνας (Haversian system)**.

Κάθε οστεώνας (Εικ.Ι-17) είναι ένα σύνολο ομόκεντρων δακτυλίων που σχηματίζονται από στιβάδες μεσοκυττάριας ουσίας του οστίτη ιστού γύρω από ένα **κεντρικό σωλήνα** (σωλήνας Havers), διαμέσου του οποίου διέρχονται **αιμοφόρα αγγεία, λεμφοφόρα αγγεία και νευρικές ίνες**. Οι κολλαγόνες ίνες στην μεσοκυττάρια ουσία της κάθε στιβάδας είναι ελικοειδώς διευθετημένες και με αντίθετη κατεύθυνση από ό,τι στην προηγούμενη στιβάδα. Οι οστεώνες συνδέονται με εγκάρσιες οστέινες κατασκευές, σχηματίζοντας μία δομή η οποία παρέχει τη δυνατότητα στο οστό να αντέχει δυνάμεις εφελκυσμού και συμπίεσης (Εικ.Ι-17 έως 19). Τα οστεοκύτταρα (osteocytes) βρίσκονται ανάμεσα στα **ομόκεντρα πετάλια** (Εικ. Ι-18) που περιβάλλουν το σωλήνα Havers. Η δικυτταρική σύνδεση επιτυγχάνεται με επιμήκεις προεκβολές του κυτταροπλάσματος οι οποίες αναστομώνονται με αντίστοιχες προεκβολές γειτονικών κυττάρων μέσα στα **οστικά σωληνάκια** (bony channels) (Εικ.Ι-18).

Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη μεταφορά θρεπτικών ουσιών ανάμεσα στα αιμοφόρα αγγεία των σωληνών Havers και τη μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού η οποία είναι ουσιώδης για τη θρέψη των οστεοκυττάρων. Τα κεντρικά αιμοφόρα αγγεία των οστεώνων επικοινωνούν με το περίοστεο, το ενδόστεο και την μυελική κοιλότητα διαμέσου των εγκάρσιων **αγγείων Volkmann** (Εικ.Ι-17). Με αυτό το πυκνό αγγειακό δίκτυο, το κάθε οστό είναι ένας πλούσιος αιματούμενος ιστός.

Οι στιβάδες των οστέινων πεταλίων σχηματίζουν το **περιφερικό σύστημα του οστίτη ιστού** (outer circumferential lamellae), ακριβώς κάτω από το περίοστεο. Το **εσωτερικό (περιμυελικό) σύστημα των οστέινων πεταλίων** (inner circumferential lamellae) οριοθετεί τη μυελική κοιλότητα, και το ενδόστεο καλύπτει την εσώτερη στιβάδα του (Εικ.Ι-17). Οι **ίνες Sharpey** σταθεροποιούν το περίοστεο στο περιφερικό σύστημα του οστίτη ιστού. Αυτές οι **κολλαγόνες ίνες** προέρχονται από τένοντες με τους οποίους οι μύες προσφύονται στα οστά και είναι σημαντικές για τη μεταβίβαση δυνάμεων που προέρχονται από τους μυς στα οστά.

### Λειτουργίες του οστίτη ιστού

Τα οστά και οι χόνδροι σχηματίζουν τον υποστηρικτικό και προσταπτικό σκελετό του σώματος. Δεν εξασφαλί-

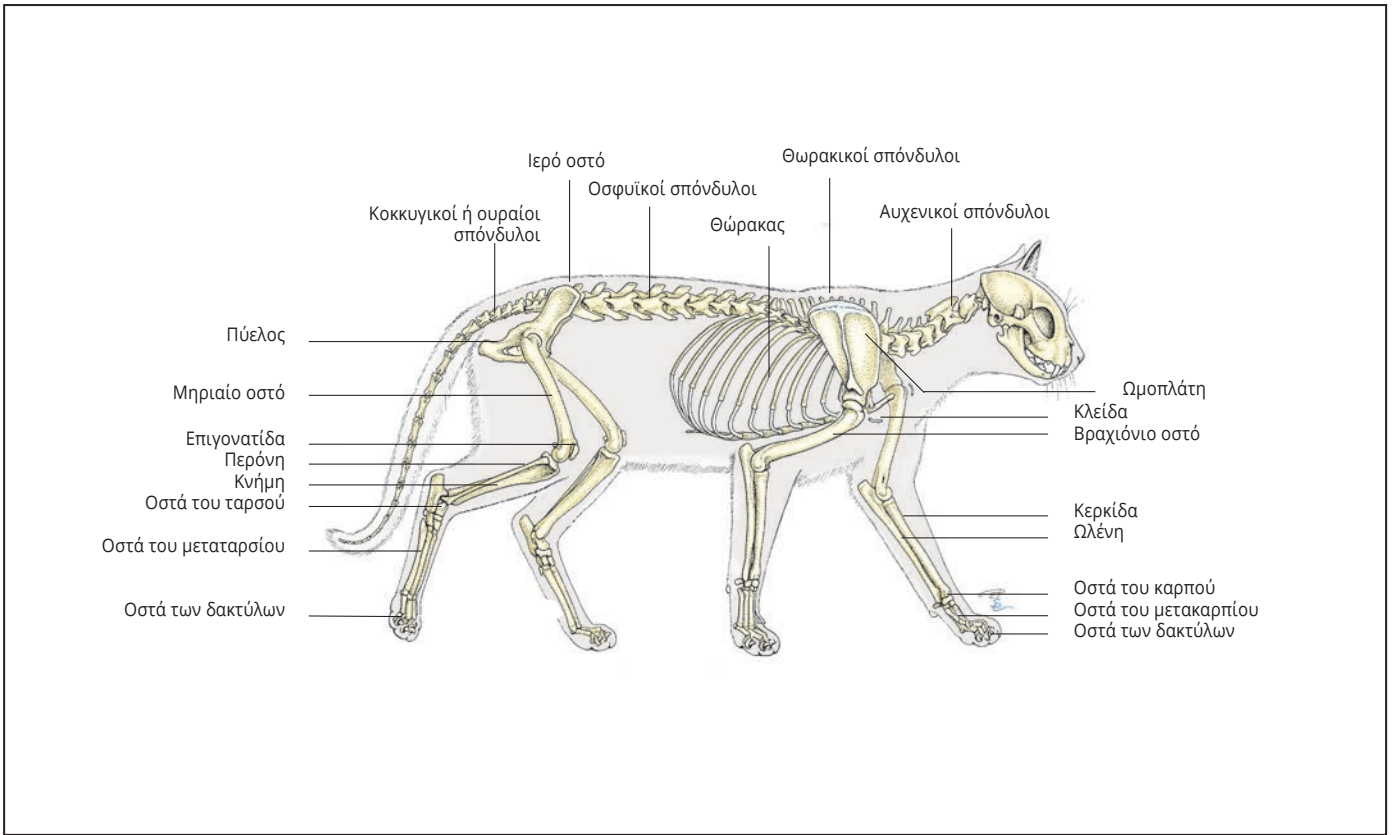
ζουν μόνο την κίνηση αλλά προστατεύουν και τα μαλακά μόρια της θωρακικής και της πυελικής κοιλότητας, όπως επίσης και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Τα οστά περιέχουν τον ερυθρό μυελό των οστών ο οποίος είναι υπεύθυνος για την παραγωγή των κυττάρων του αίματος (**αιμοποίηση**) και αποθηκεύουν **ασβέστιο και φωσφόρο** (Εικ.Ι-12). Έτσι οι τρεις μείζονες λειτουργίες των οστών είναι η **υποστήριξη**, η **προστασία** και ο **μεταβολισμός**. Αυτές οι τρεις λειτουργίες μαζί επηρεάζουν την δομή του κάθε οστού και κατά συνέπεια την **αρχιτεκτονική του σώματος**. Η δομή των οστών προσαρμόζεται στις μηχανικές ανάγκες διαμέσου αλλαγών του μεταβολισμού. Η προσαρμογή επιτελείται με συνεχή απορρόφηση και εναπόθεση οστέινου υλικού.

Κάθε οστό υπόκειται σε αυτές τις **προσαρμοστικές αλλαγές σε όλη τη διάρκεια της ζωής**. Οι αλλαγές στις φυσιολογικές δυνάμεις συμπίεσης, τάσης, διάτμησης οδηγούν γρήγορα σε αναμόρφωση του οστού. Τα οστά των άκρων, οι σπόνδυλοι ή τα οστά της πυελικής ζώνης υπόκεινται σε πιο έντονες δομικές αλλαγές σε σύγκριση με άλλα οστά όπως π.χ. τα οστά του κρανίου.

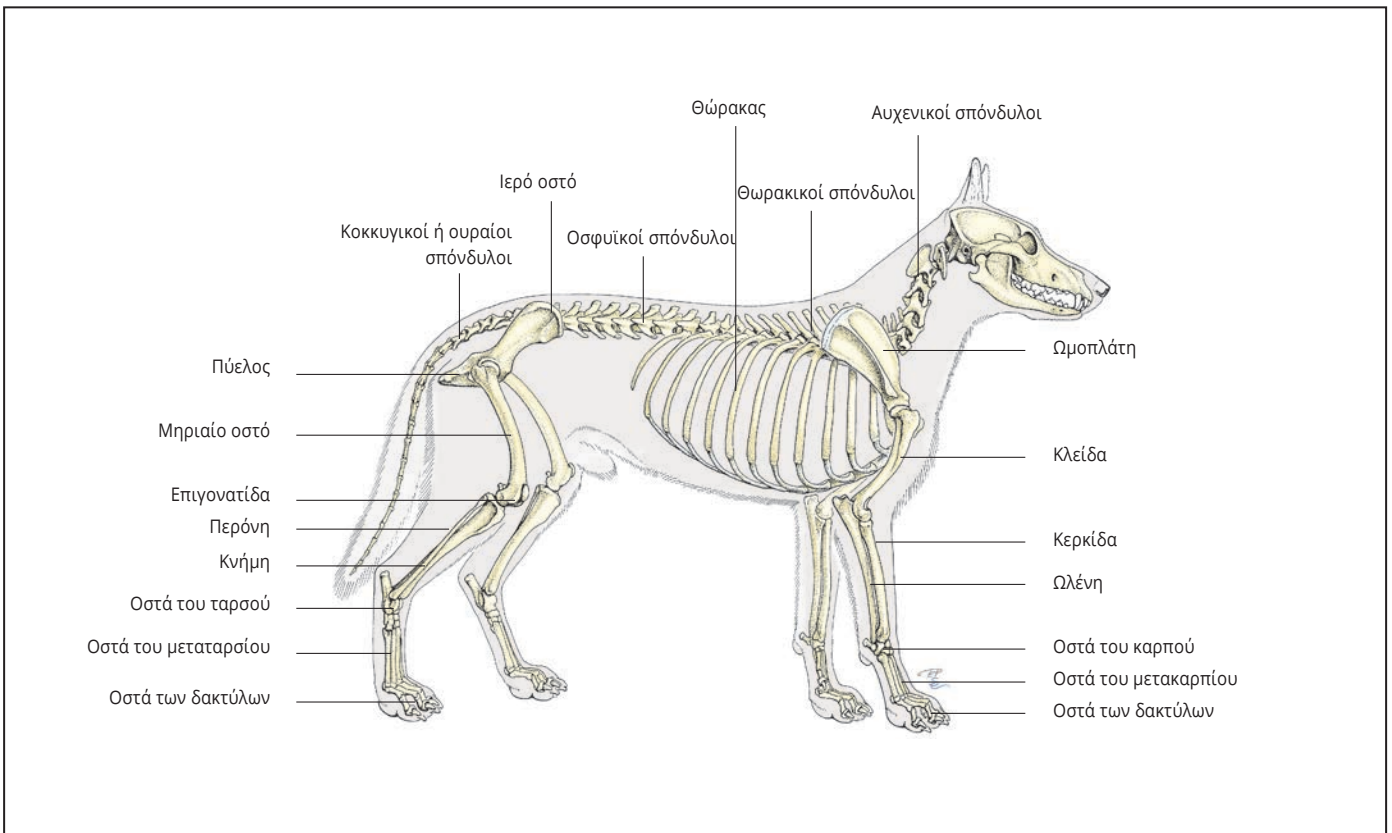
Ο συμπαγής οστίτης ιστός αναπτύσσεται ανάλογα με την ποσότητα του φυσιολογικού φορτίου που πρέπει να αντέξει. Ο φλοιός (cortical substance) των μακρών οστών είναι παχύτερος στη διάφυση γιατί σε αυτή την περιοχή ασκούνται οι περισσότερες δυνάμεις. Οι επιφύσεις δεν δέχονται μεγάλες δυνάμεις και ο φλοιός βαθμιαία λεπταίνει (Εικ.Ι-12). Φυσιολογικά, συνεχείς δυνάμεις έλξης προκαλούν πάχυνση του οστού εκεί που ασκούνται, για παράδειγμα, στο σημείο όπου προσφύεται ένας τένοντας.

Μία άλλη σημαντική λειτουργία του οστίτη ιστού είναι η αποθήκευση **ασβεστίου και φωσφόρου**. Ο σπογγώδης οστίτης ιστός (spongy substance) αποθηκεύει ασβέστιο το οποίο μπορεί γρήγορα να κινητοποιήσει στην αιματική κυκλοφορία για να συντηρηθούν ζωτικές λειτουργίες. Ο μεταβολισμός του ασβεστίου και του φωσφόρου ρυθμίζεται με **ενδογενείς και εξωγενείς μηχανισμούς**.

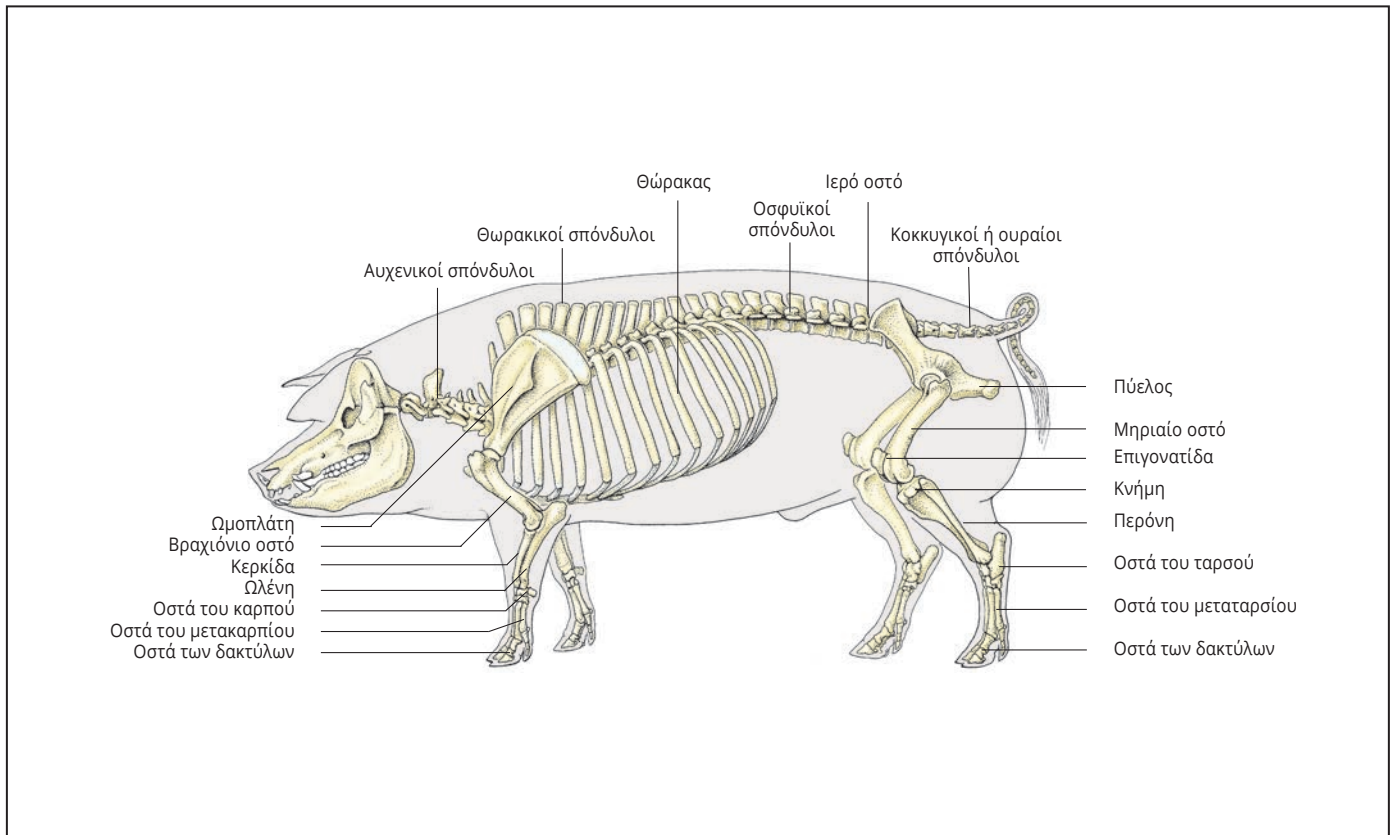
Η **παραθορμόνη**, που παράγεται από τους παραθυροειδείς αδένες, **ενεργοποιεί τις οστεοκλάστες**, αυξάνοντας έτσι την ποσότητα του ασβεστίου στο αίμα, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την απέκκριση ασβεστίου από τους νεφρούς. Μαζί με την **βιταμίνη D3 (1,25 διυδροξυχολεκαλσιφερόλη)**, η παραθορμόνη βελτιώνει την **απορρόφηση του ασβεστίου** από το λεπτό έντερο. Τα **C κύτταρα του θυροειδή αδένος** παράγουν την **καλσιτονίνη** η οποία ενεργοποιεί τις οστεοβλάστες και **ανταγωνίζεται την παραθορμόνη**. Οι οστεοβλάστες παράγουν οστεοειδή ουσία που εμποτίζεται με άλατα ασβεστίου. Έτσι αποθηκεύεται ασβέστιο και μειώνεται η ποσότητα ασβεστίου που κυκλοφορεί στον οργανισμό. Η **αύξηση του οστίτη ιστού** επηρεάζεται θετικά από την αυξητική ορμόνη (STH), την επινεφριδιοφλοιοτρόπο ορμόνη (ACTH), την θυροειδοτρόπο ορμόνη (TSH), όπως επίσης από τις γοναδοτρόπες ορμόνες.



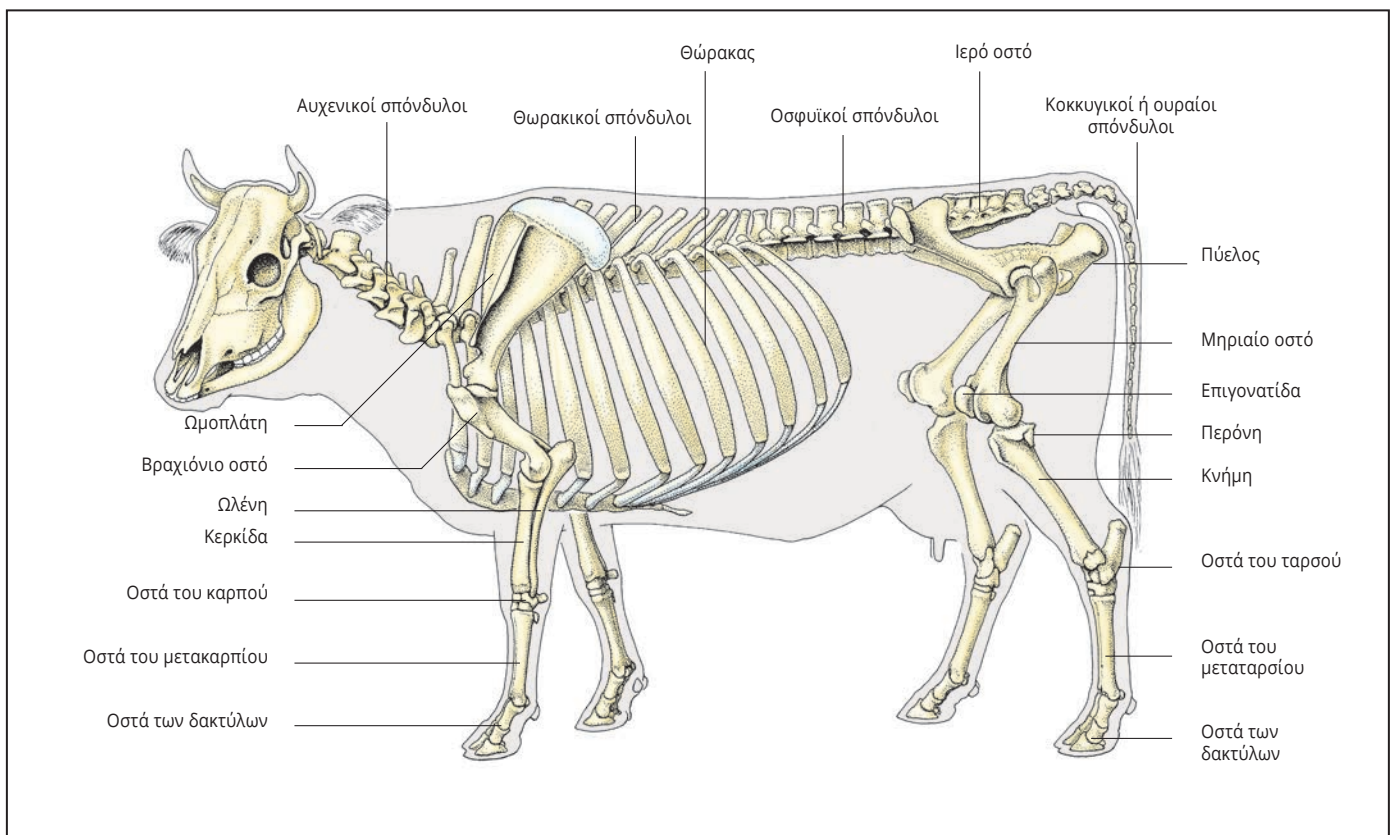
Εικ. I-25. Σχηματική απεικόνιση σκελετού γάτας.



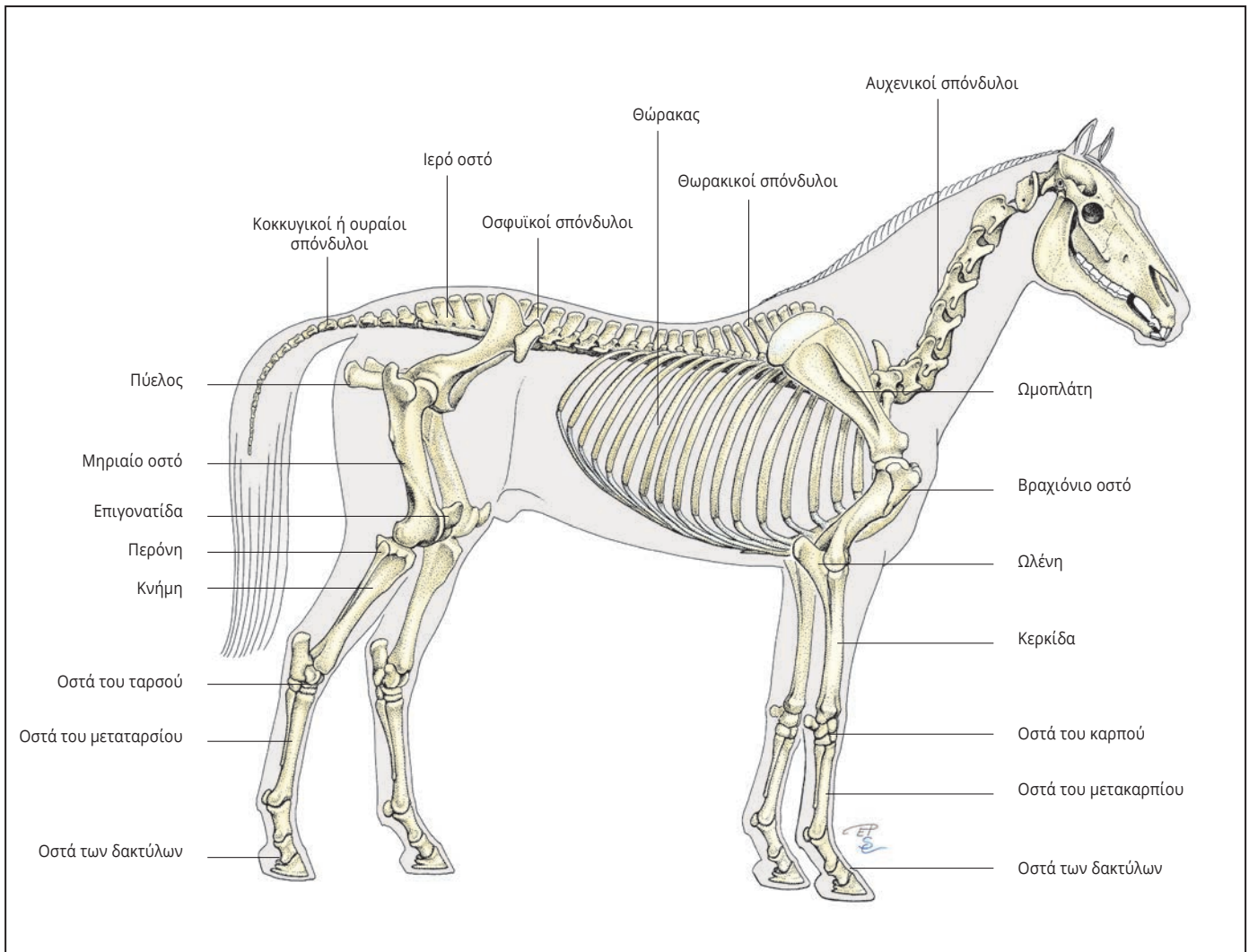
Εικ. I-26. Σχηματική απεικόνιση σκελετού σκύλου.



Εικ. I-27. Σχηματική απεικόνιση σκελετού χοίρου.



Εικ. I-28. Σχηματική απεικόνιση σκελετού αγελάδας.



Εικ. I-29. Σχηματική απεικόνιση σκελετού ίππου.

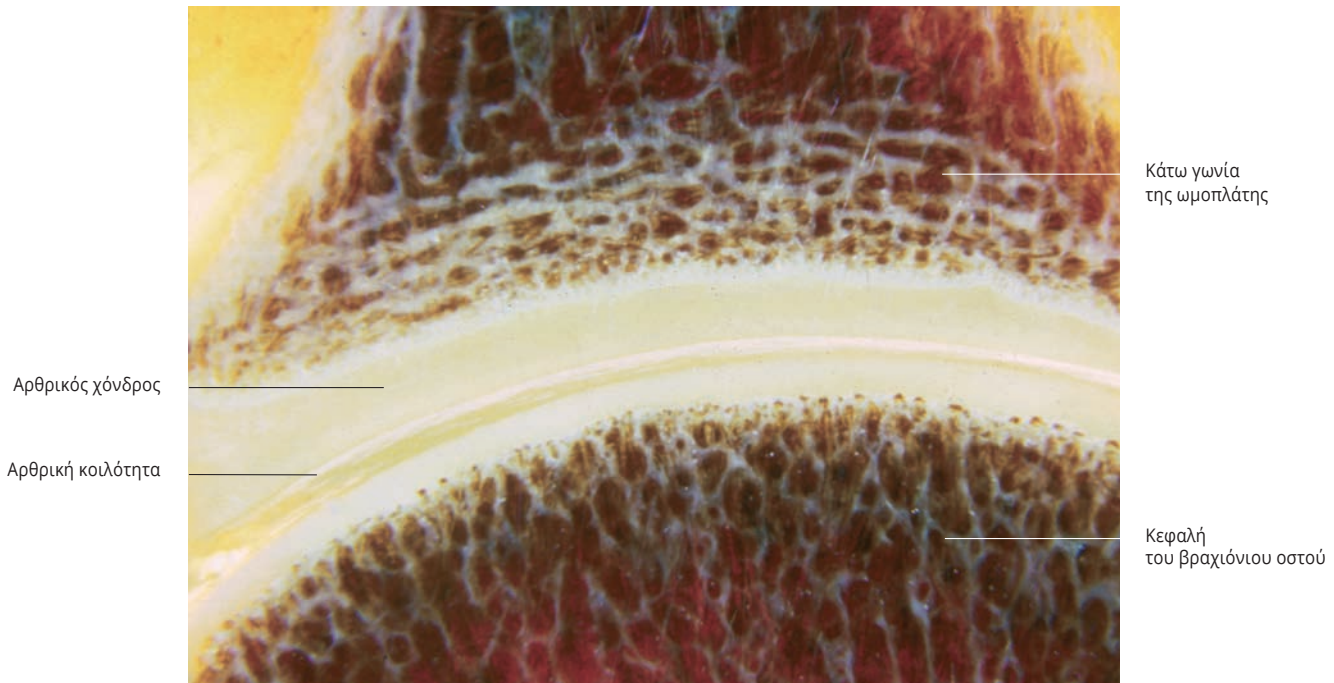
## Αρθρολογία (Arthrology)

Ο βαθμός της κινητικότητας ανάμεσα σε δύο οστά εξαρτάται εξ'ολοκλήρου από το σχήμα-μορφή του χώρου που υπάρχει ανάμεσα σε αυτά. Η **συνάρθρωση** είναι μία συνεχής κατασκευή η οποία γεφυρώνει δύο παρακείμενα οστά. Μπορεί να δημιουργηθεί από **συνδετικό ιστό** ο οποίος είτε συγκροτεί μία **ινώδη σύνδεση** (fibrous union) είτε μία **ινώδη άρθρωση** (fibrous joint). Ομοίως, μία συνάρθρωση μπορεί να δημιουργηθεί από **χονδρικό ιστό** που σχηματίζει μία **χόνδρινη σύνδεση** (cartilaginous union) ή **άρθρωση** (cartilaginous joint). Το εύρος της κίνησης ανάμεσα σε δύο οστά μπορεί να αυξηθεί όταν μεταξύ τους παρεμβάλλεται χώρος (**διάρθρωση**). Μία **αληθινή άρθρωση** ή **διάρθρωση** χαρακτηρίζεται από ένα **σχισμοειδή χώρο** και μία **αρθρική κοιλότητα** (articular cavity) η οποία περιέχει **αρθρικό υγρό**.

## Συναρθρώσεις

Οι ινώδεις συνδέσεις (fibrous unions) διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- **συνδεσμώνσεις** (syndesmoses) στις οποίες ανάμεσα στα οστά παρεμβάλλεται πυκνός συνδετικός ιστός π.χ. η πρόσφυση των ατροφικών δακτύλων στα μετακάρπια-μετατάρσια των μεγάλων μηρυκαστικών
- **ραφές** (sutures), οι οποίες ενώνουν για παράδειγμα τα οστά του θόλου του κρανίου και διακρίνονται σε:
  - **πριονωτή ραφή** (serrate suture),
  - **αρμονία** (plane suture),
  - **λεπιδοειδή ραφή** (squamous suture),
  - **φυλλοειδή ραφή** (foliate suture) και
- **γομφώσεις** (impactions) πχ. η αγκύρωση της ρίζας του δοντιού στο τοίχωμα του φατνίου με μία στιβάδα από πυκνό συνδετικό ιστό, το ενδοφατνίο.



Εικ. Ι-30. Ομοβραχιόνια διάρθρωση σκύλου (οβελιαία τομή, πλαστινοποίηση)

Οι **χόνδρινες συνδέσεις** (cartilaginous unions) είναι:

- **συνδέσεις υαλοειδούς χόνδρου** (συγχονδρώσεις) (synchondroses) π.χ. ανάμεσα στη βάση του κρανίου και το υοειδές οστό
- **συνδέσεις ινώδους χόνδρου** (συμφύσεις) (symphyses) π.χ. η σύμφυση της πυέλου

Η συνάρθρωση στην οποία οστίτης ιστός ενώνει δύο κατασκευές λέγεται **συνοστέωση**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συνοστέωσης αποτελεί η ένωση της κερκίδας και της ωλένης στον ίππο.

### Αληθινές αρθρώσεις ή διαρθρώσεις (synovial articulations)

Οι διαρθρώσεις διαφοροποιούνται ανάλογα με τον αριθμό των οστών που αρθρώνονται, το βαθμό κινητικότητας της άρθρωσης και τη μορφή των επιφανειών της άρθρωσης. Παρά τις διαφορές τους, οι διαρθρώσεις έχουν μερικά κοινά μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά (Εικ.Ι-30 και 33):

- εκτεταμένο **αρθρικό θύλακο** (joint capsule )
- **αρθρική κοιλότητα** (articular cavity)
- υαλοειδή **χόνδρο της άρθρωσης** (articular cartilage), ο οποίος καλύπτει τα άκρα των οστών που εμπλέκονται στην άρθρωση.

Ο **αρθρικός θύλακος** (Εικ.Ι-33) αποτελείται από δύο στιβάδες: εξωτερικά από τον **ινώδη θύλακο** (fibrous layer) και εσωτερικά από τον **αρθρικό υμένα** (synovial membrane). Το πάχος και η ανάπτυξη του ινώδους θυ-

λάκου ποικίλει και καθορίζεται κυρίως από το μηχανικό φορτίο που ασκείται στην περιοχή. Ο ινώδης θύλακος επίσης μπορεί να περιέχει συνδέσμους (βλέπε παρακάτω) οι οποίοι ενδυναμώνουν εξωτερικά την άρθρωση. Οι ίνες του **ινώδους θυλάκου** συνεχίζουν στο γειτονικό περίοστεο ή περιχόνδριο (Εικ.Ι-33). Επειδή η αιμάτωση του θυλάκου είναι φτωχή, οι βλάβες που μπορεί να υποστεί απαιτούν πολύ χρόνο για να ιαθούν. Όμως, η πληθώρα των αισθητικών νευρικών ινών που νευρώνουν τον ινώδη θύλακο εξηγεί τον πόνο που προκαλείται μετά από βλάβη του θυλάκου ή μετά από διόγκωση της άρθρωσης.

Ο **αρθρικός υμένας** (synovial membrane) επενδύει τον θύλακο και περιέχει κύτταρα, αγγεία και νεύρα. Έχει χρώμα ελεφαντοστού απαλό κίτρινο και σχηματίζει **ενάρθριες λάχνες** (synovial villi) και **ενάρθριες πτυχές** (synovial folds). Ακόμα και μέσα στην ίδια άρθρωση αυτές οι κατασκευές μπορεί να διαφέρουν σε αριθμό, μέγεθος, σχήμα και θέση (Εικ.Ι-31 και 32). Ο αρθρικός υμένας αποτελείται εσωτερικά από μία κυτταρώδη στιβάδα (intimal layer) και εξωτερικά από μία λεπτή στιβάδα συνδετικού ιστού (subintimal layer). Στην κυτταρώδη στιβάδα απαντώνται δύο τύποι κυττάρων:

Τα κύτταρα τύπου Α τα οποία έχουν χαρακτηριστικά και ιδιότητες μακροφάγων κυττάρων και τα κύτταρα τύπου Β τα οποία παράγουν και εκκρίνουν πρωτεΐνες.

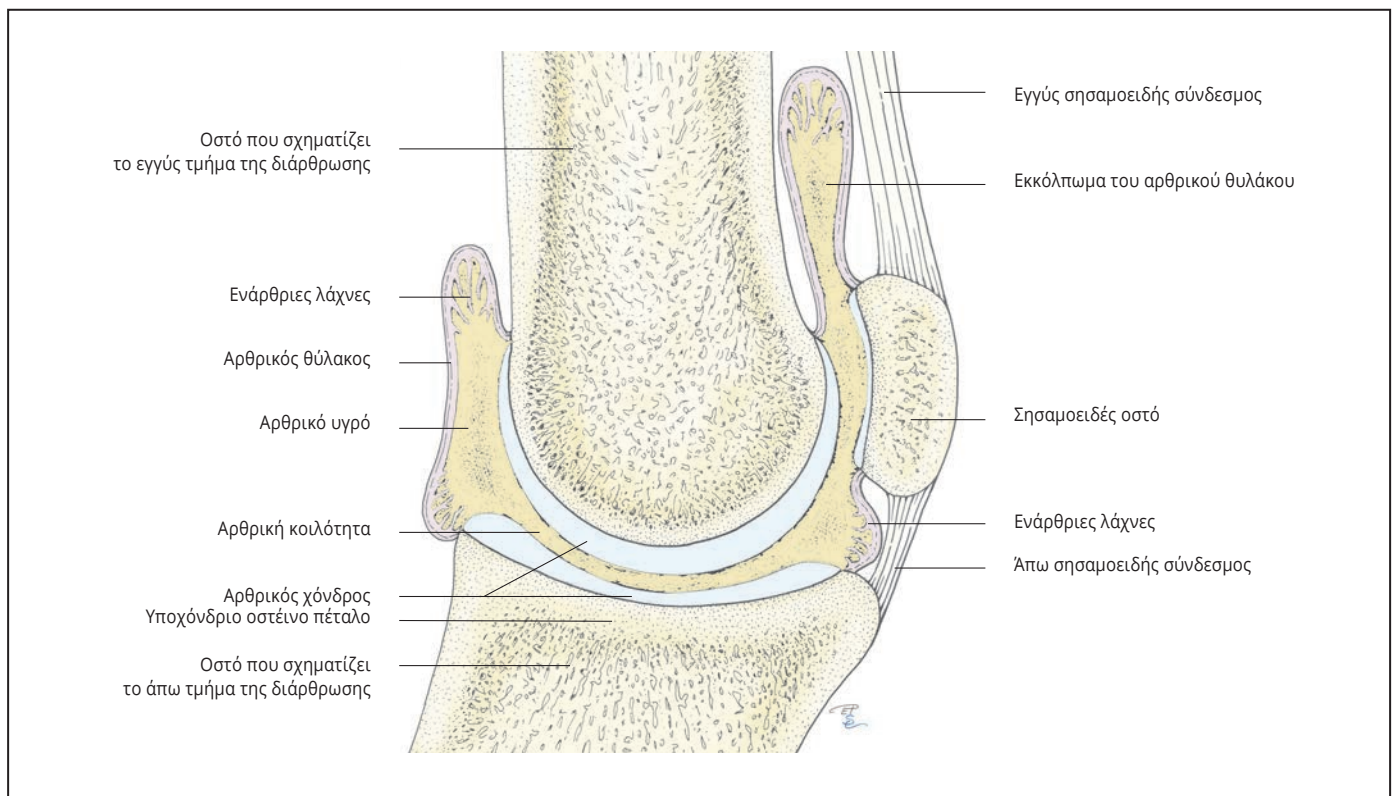
Οι αρθρώσεις περιέχουν ένα απαλά κίτρινο, ιξώδες υγρό, το **αρθρικό υγρό**, το οποίο χρησιμεύει ως λιπαντικό μειώνοντας την τριβή ανάμεσα στις αρθρικές επιφάνειες. Το αρθρικό υγρό εκκρίνεται από τον αρθρικό υμένα μέσα στην αρθρική κοιλότητα αλλά, επίσης, γεμίζει τα τενόντια έλυτρα και απαντάται στους ορογόνους θυλάκους (βλέπε επικουρικά μόρια των μυών). Το αρ-



**Εικ. I-31.** Ενάρθριες λάχνες που προβάλλουν μέσα στην αρθρική κοιλότητα· ευγενική προσφορά Dr. M. Teufel, Βιέννη.

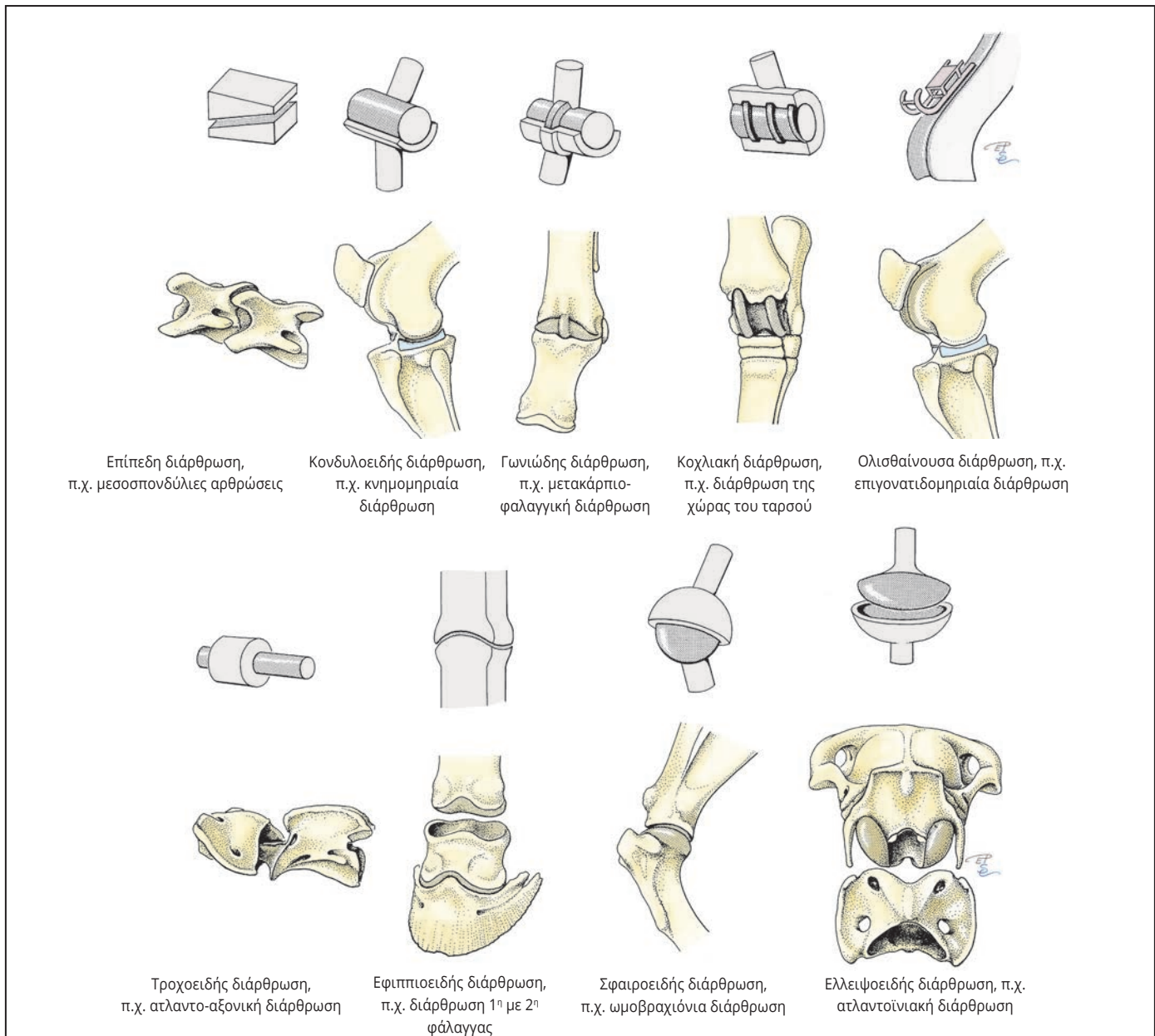


**Εικ. I-32.** Ενάρθριες λάχνες με τριχοειδή αγγεία στα οποία προηγήθηκε έγχυση σκιαστικής ουσίας· ευγενική προσφορά Dr. M. Teufel, Βιέννη.



**Εικ. I-33.** Σχηματική απεικόνιση διάρθρωσης που περιλαμβάνει τα σησαμοειδή οστά.





Εικ. I-34. Σχηματική απεικόνιση των τύπων των διαρθρώσεων.

θρικό υγρό αποτελείται από υαλουρονικό οξύ, σάκχαρα, ηλεκτρολύτες και ένζυμα τα οποία εμπλέκονται στην διατροφή του χόνδρου. Υδράρθρωση συμβαίνει εξαιτίας αυξημένης παραγωγής αρθρικού υγρού.

**Ελεύθερα ενδοαρθρικά σωμάτια** απαντώνται τυχαία στις διαρθρώσεις και είναι μικρά τεμάχια χόνδρου ή οστού, ως αποτέλεσμα κατάγματος ή οστέωσης αρθρικών λαχνών αντίστοιχα. Ανάλογα με την θέση τους τα σωμάτια αυτά μπορεί να είναι πολύ επώδυνα.

Ο **χόνδρος της άρθρωσης** συνδέεται πάρα πολύ στενά σε μία λεπτή, υποχόνδρια οστέινη στιβάδα της επιφύσης. Δεν καλύπτεται από περιχόνδριο και η αρθρική επιφάνεια είναι πολύ λεία (Εικ. I-30 και 35). Ο αρθρικός χόνδρος είναι λεπτός στο κέντρο μιας κοίλης επιφάνειας

και παχύς στο κέντρο μιας κυρτής επιφάνειας. Μερικές περιοχές της αρθρικής επιφάνειας μία άρθρωσης στα οπληφόρα ή χηλοφόρα ζώα διαθέτουν λιγότερο ή καθόλου χονδρικό ιστό, δημιουργώντας τα **αρθρικά βοθρία** (synovial grooves).

Δεμάτια ινών της **μεσοκυττάριας ουσίας του χονδρικού ιστού** διευθετούνται ανάλογα με τις μηχανικές δυνάμεις της συμπίεσης και τάσης. Η μεσοκυττάρια ουσία του υαλοειδούς χόνδρου απορροφά κραδασμούς, είναι ελαστική και έχει ιξωδοελαστικές ιδιότητες. Ο αρθρικός χόνδρος δεν διαθέτει νευρικές ίνες και, εκτός μερικών εξαιρέσεων, ούτε αιμοφόρα αγγεία. Ο αρθρικός χόνδρος αποτελείται από :

- την επιφανειακή ζώνη,
- την ενδιάμεση ζώνη,
- την ακτινωτή ζώνη και
- την τιτανωμένη ζώνη

Η **επιφανειακή ζώνη** αποτελείται από πυκνά πλεγμένες κολλαγόνες ίνες κοντά στην επιφάνεια του αρθρικού χόνδρου. Αυτές οι ίνες κάμπτονται προς την επιφάνεια, όπου τοποθετούνται παράλληλα η μία με την άλλη. Αυτό το πρότυπο διευθέτησης των ινών αυξάνει τη σταθερότητα της επιφάνειας του αρθρικού χόνδρου. Η μέση στιβάδα του αρθρικού χόνδρου, η **ενδιάμεση ζώνη** είναι δομικά ομοιογενής. Η **ακτινωτή ζώνη** αποτελείται από ίνες χονδρικού ιστού που μερικώς ενώνονται για να σχηματίσουν ακτινωτά δεμάτια. Στην **τιτανωμένη ζώνη**, κολλαγόνες ίνες ενώνουν τον αρθρικό χόνδρο με το οστό και είναι στην πλειοψηφία τους τιτανωμένες. Αυτή η κατασκευή εξασφαλίζει μία ισχυρή σύνδεση του αρθρικού χόνδρου με το οστό.

Κάτω από τον αρθρικό χόνδρο, βρίσκεται ένα **οστέινο πέταλο** το οποίο περιλαμβάνει τμήματα του οστεωμένου αρθρικού χόνδρου, όπως επίσης και μία στιβάδα πεταλιώδους οστίτη ιστού (Εικ.Ι-33). Αυτό το πέταλο υποστηρίζει δυναμικές λειτουργίες της άρθρωσης, ενεργεί ως απορροφητήρας κραδασμών, προστατεύοντας τον χόνδρο από αξονικές δυνάμεις, και προάγει τη μεταβολική τροφοδοσία των βαθύτερων στιβάδων του χόνδρου. Ο μεταβολισμός του αρθρικού χόνδρου είναι **αναερόβιος**. Ο χόνδρος τροφοδοτείται με θρεπτικά συστατικά κυρίως **βραδυτροπικά**, με διάχυση. Σε ένα μικρότερο βαθμό, τα θρεπτικά συστατικά φτάνουν στον χόνδρο από τον αρθρικό υμένα ή από τα αιμοφόρα αγγεία του μυελού των οστών. Η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεογλυκάνες προάγει σημαντικά την ικανότητα σύνδεσης με μόρια νερού τα οποία διευκολύνουν την διαχονδρική μεταφορά μεταβολιτών.

Οι αρθρώσεις ενισχύονται με ενδοαρθρικούς, διααρθρικούς και εξωαρθρικούς **συνδέσμους** (ligaments). Μερικές αρθρώσεις περιέχουν **ινοχόνδρινες κατασκευές** (διάρθριους μηνίσκους στην άρθρωση του γόνατος, διάρθριους χόνδρους στην κροταφογοναθική διάρθρωση) που χρησιμεύουν για να σταθεροποιούν την άρθρωση ή να αντισταθμίζουν **ασύμπτωτες αρθρικές επιφάνειες**. Λιπώδης ιστός μπορεί να δημιουργήσει ενδοαρθρικές αποθήκες που παρέχουν πρόσθετη απορρόφηση κραδασμών.

Οι διαρθρώσεις ταξινομούνται **ανάλογα με τον αριθμό των οστών που συμμετέχουν σε αυτές σε:**

- **απλές διαρθρώσεις** (simple joints), στη διαμόρφωση των οποίων συμβάλλουν δύο οστά (π.χ. ωμοβραχιόνια διάρθρωση)
- **σύνθετες διαρθρώσεις** (composite joints), στη διαμόρφωση των οποίων συμβάλλουν περισσότερα από δύο οστά (π.χ. η διάρθρωση του καρπού)

Οι διαρθρώσεις ταξινομούνται **ανάλογα με τον τύπο της κίνησης** που επιτελούν (Εικ.Ι-34) σε:

- **αξονικές διαρθρώσεις:**
  - γωνιώδης διάρθρωση (ginglymus): ο άξονας της διάρθρωσης είναι κάθετος στον μείζονα άξονα των οστών (π.χ. διάρθρωση του αγκώνα)
  - τροχοειδής διάρθρωση (pivot joint): ο άξονας της διάρθρωσης είναι παράλληλος στον μείζονα άξονα των οστών (π.χ. ατλαντοαξονική διάρθρωση)
- **διαξονικές διαρθρώσεις:**
  - επιπιοειδής διάρθρωση (saddle joint): π.χ. μεσοφαλαγγικές διαρθρώσεις
  - ελλειψοειδής διάρθρωση (ellipsoidal joint): π.χ. ατλαντοϊνιακή διάρθρωση
- **πολυαξονικές διαρθρώσεις:**
  - σφαιροειδής διάρθρωση (spheroidal joint): π.χ. ωμοβραχιόνια διάρθρωση
- **αμφιάρθρωση** (amfiarthrosis): π.χ. ιερολαγόνια άρθρωση

Οι διαρθρώσεις ταξινομούνται **ανάλογα με τη μορφή των αρθρικών επιφανειών τους σε:**

- **σφαιροειδείς διαρθρώσεις** (spheroidal joints): π.χ. ωμοβραχιόνια διάρθρωση ή διάρθρωση του ισχίου
- **κοτυλοειδείς διαρθρώσεις** (cotyloid joints) : σφαιροειδής διάρθρωση όπου ο επιχείλιος χόνδρος του οστού καλύπτει περισσότερο από το μισό της σφαιρικής κεφαλής του άλλου οστού, π.χ. διάρθρωση του ισχίου των πτηνών,
- **ελλειψοειδείς διαρθρώσεις** (ellipsoidal joints), π.χ. ατλαντο-ϊνιακή διάρθρωση,
- **επιπιοειδείς διαρθρώσεις** (saddle joints), π.χ. μεσοφαλαγγικές διαρθρώσεις
- **κονδύλοειδείς διαρθρώσεις** (condyloid joints), π.χ. κνημομηριαία διάρθρωση.

Οι διαρθρώσεις ταξινομούνται **ανάλογα με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους σε:**

- **γωνιώδεις διαρθρώσεις** (hinge joints): π.χ. μετακάρπιο-φαλαγγική διάρθρωση
- **κοχλιακές διαρθρώσεις** (cochlear joints): Διαρθρώσεις της χώρας του ταρσού στον ίππο.
- **γιγγλυμοειδείς διαρθρώσεις** (ginglymus): σύνθετες διαρθρώσεις που συνδυάζουν χαρακτηριστικά συσκευής ανάρτησης και γωνιώδους, κοχλιακής διάρθρωσης. Οι πλάγιοι σύνδεσμοι προσφύονται έκκεντρα στον άξονα περιστροφής και εγγύς στον άξονα της διάρθρωσης (στην ουδέτερη θέση της διάρθρωσης, οι πλάγιοι σύνδεσμοι βρίσκονται σε μέγιστη τάση; Κατά τη διάρκεια της έκτασης ή της κάμψης, η τάση των συνδέσμων μειώνεται, προκαλώντας μία αλλαγή της θέσης της διάρθρω-

σης διαφορετικής από αυτή της ουδέτερης θέσης, π.χ. διάρθρωση του αγκώνα στον ίππο)

- **ολισθαίνουσες διαρθρώσεις** (sledge or gliding joints) π.χ. επιγονατιδομηριαία διάρθρωση
- **σπειροειδείς διαρθρώσεις** (spiral joints): Οι πλάγιοι σύνδεσμοι προσφύονται έκκεντρα, περιφερικά από τον άξονα περιστροφής (οι σύνδεσμοι βραχύνονται στην ουδέτερη θέση· κατά την έκταση ή κάμψη, η τάση στους συνδέσμους αυξάνει, επιβραδύνοντας την κίνηση, π.χ. διάρθρωση του γόνατος στον ίππο)
- **επίπεδες διαρθρώσεις** (plane joints): αρθρώσεις ολίσθησης, π.χ. οι αρθρώσεις ανάμεσα στις αρθρικές αποφύσεις των σπονδύλων,
- **ασύμπτωτες διαρθρώσεις** (incongruent joints): αρθρώσεις όπου οι αρθρικές επιφάνειες των οστών δεν συμπίπτουν ακριβώς η μία με την άλλη, όπως συμβαίνει στην κνημομηριαία διάρθρωση ή στην κροταφογναθική διάρθρωση. Οι αρθρικές επιφάνειες εξομαλύνονται με τη βοήθεια διάρθριων χόνδρων, των διάρθριων μηνίσκων στην κνημομηριαία διάρθρωση και του διάρθριου δίσκου στην κροταφογναθική διάρθρωση

## Μυϊκό σύστημα (Muscular system)

### Μυολογία (Myology)

Σε φυλογενετικά εξελιγμένους ζωικούς οργανισμούς, τα κύτταρα του **μέσου βλαστικού δέρματος (mesoderm)** διαφοροποιούνται σε ομάδες κυττάρων ικανές να συσπώνται, και στα παράγωγά τους. Αυτός ο κυτταρικός πληθυσμός διαφοροποιείται στον μυϊκό ιστό ο οποίος μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια και θερμότητα. Δύο τύποι μυϊκού ιστού διακρίνονται ανάλογα με την μορφολογία και τη λειτουργία τους (Εικ.Ι-35 και 36):

- **λείος μυϊκός ιστός:** υπεύθυνος για τις συσπάσεις των εσωτερικών οργάνων, συστατικό στοιχείο των πόρων των εξωκρινών αδένων και των τοιχωμάτων των αιμοφόρων αγγείων και λεμφαγγείων.
- **γραμμωτός μυϊκός ιστός:** διακρίνεται περαιτέρω σε σκελετικό μυϊκό ιστό και καρδιακό μυϊκό ιστό (βλέπε ένα βιβλίο ιστολογίας για περισσότερες πληροφορίες)

Ο **σκελετικός μυϊκός ιστός** είναι το ενεργητικό τμήμα του κινητικού συστήματος. Γενικά αναφέρεται ως μύες (muscles). Οι σκελετικοί μύες αιματώνονται και νευρώνονται από νεύρα τόσο του **κεντρικού νευρικού συστήματος (αισθητικά και κινητικά)** όσο και του **αυτόνομου νευρικού συστήματος (συμπαθητικά και παρασυμπαθητικά)**, τα οποία μαζί συγκροτούν μία λει-

τουργική μονάδα. Εκτεταμένα πέταλα συνδετικού ιστού, οι περιτονίες ή απονευρώσεις, καθώς και αρθρικές κατασκευές, όπως τενόντια έλυτρα και ορογόνοι θύλακοι, υποστηρίζουν και προστατεύουν τους μύς στις διάφορες λειτουργίες τους.

Οι μύες παρέχουν τη δύναμη για να κινηθεί ο σκελετός· τα άκρα των μυών πάντα προσφύονται σε οστά ή χόνδρους. Οι μύες ενεργούν ως μοχλοί, με αποτέλεσμα την κίνηση κάποιων τμημάτων του σώματος ή ολόκληρου του οργανισμού (βλέπε επίσης το κεφάλαιο 5. Στατική και δυναμική του σώματος). Οι μύες επίσης μεταφέρουν μέρος του σωματικού βάρους, συνεισφέρουν στη συγκρότηση των τοιχωμάτων της θωρακικής και κοιλιακής κοιλότητας και υποστηρίζουν τη λειτουργία των εσωτερικών οργάνων (π.χ. αναπνευστικοί μύες, διάφραγμα).

### Ανάπτυξη, εκφύλιση, αναγέννηση και προσαρμογή των μυϊκών ινών

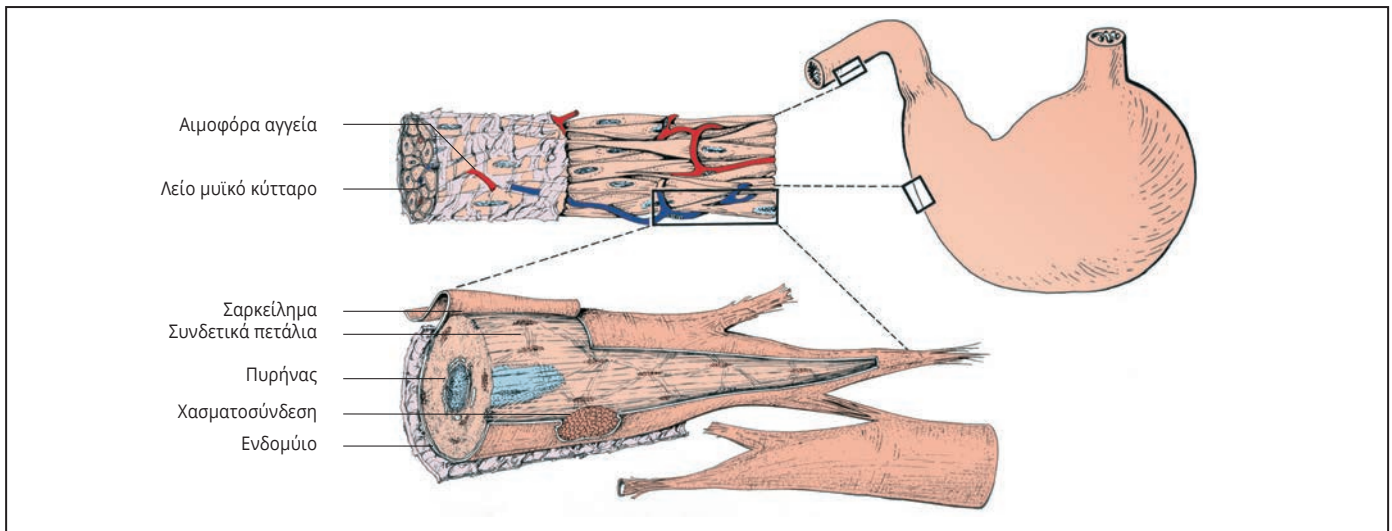
Τα κύτταρα των σωματιών του μέσου βλαστικού δέρματος διαφοροποιούνται σε **μεσεγγυματικά κύτταρα**, σηματοδοτώντας την έναρξη της παραγωγής των μυϊκών κυττάρων. Τα πρόδρομα μεσεγγυματικά κύτταρα διαφοροποιούνται περαιτέρω σε **προμυοβλάστες** και στην συνέχεια σε **συσταλτές μυοβλάστες**. Οι μυοβλάστες περιέχουν πρωτεΐνες, τα νημάτια **μυοσίνης** και **ακτίνης** οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη συσταλτικότητα του κυττάρου. Οι πρωτεΐνες αυτές διατάσσονται με ένα συγκεκριμένο τρόπο στο κυτταρόπλασμα ανάλογα με τον τύπο του μυϊκού κυττάρου σχηματίζοντας μία χαρακτηριστική γράμμουση. Γειτονικά κύτταρα τείνουν να συγχωνευθούν σχηματίζοντας μακρά κυλινδρικά πολυπύρηννα συγκύτια που ονομάζονται μυϊκές ίνες οι οποίες σε ένα ενήλικο ζώο μπορεί να έχουν μήκος μέχρι 10cm και διάμετρο έως 100μm.

Ένας αριθμός μεσεγγυματικών-αδιαφοροποίητων κυττάρων παραμένουν εφ'όρου ζωής ως **δορυφόρα κύτταρα** και παίζουν σημαντικό ρόλο στην **αναγέννηση του μυϊκού ιστού**. Διάφοροι παράγοντες, όπως τοπική ισχαιμία, νευρογενής ατροφία, θλάση ή τοξίνες μπορούν να προκαλέσουν μία τοπική εκφύλιση του μυϊκού ιστού. Η αναγέννηση του μυϊκού ιστού εξαρτάται από την ενεργητικότητα και τον αριθμό των άθικτων δορυφόρων κυττάρων. Η δύναμη ενός μύος και οι διαστάσεις του μυϊκού ιστού εξαρτώνται εξ' ολοκλήρου από την άσκηση τους.

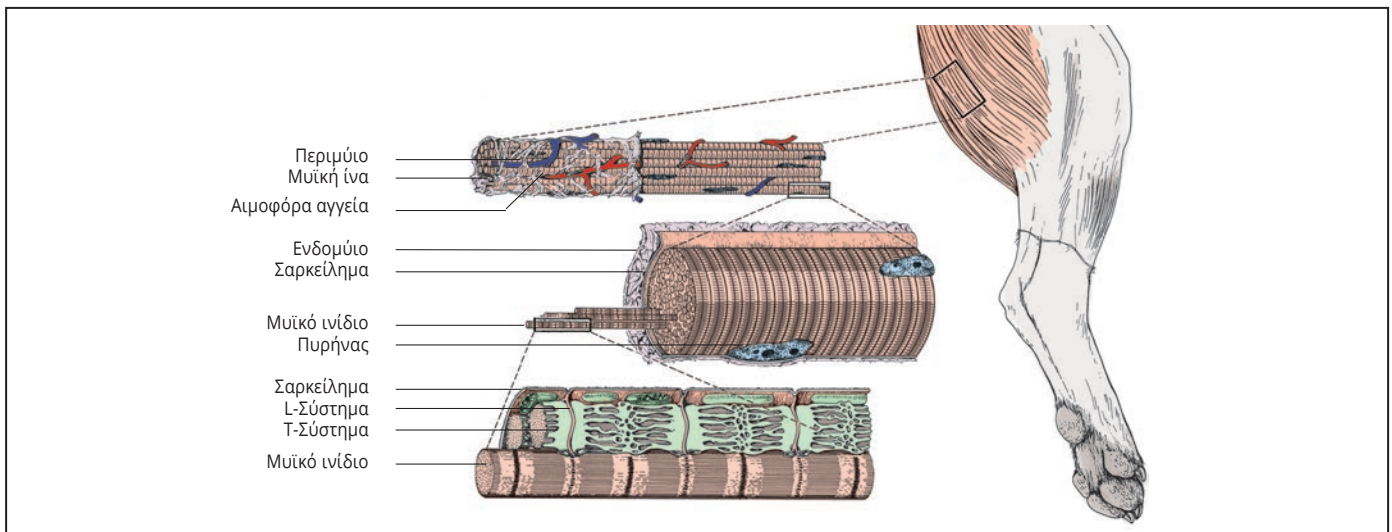
Ακνησία, έλλειψη άσκησης και διακοπή της νέυρωσης προκαλούν μυϊκή ατροφία. Οι μύες αυξάνουν σε μάζα (υπερπλασία) με ενίσχυση του συνδετικού ιστού που περιβάλλει τις μυϊκές ίνες, με αύξηση του πάχους των μυϊκών ινών και με αυξημένη αιμάτωση, και όλα αυτά μπορούν να επιτευχθούν με κανονική άσκηση,

### Αρχιτεκτονική των σκελετικών μυών και τενόντων

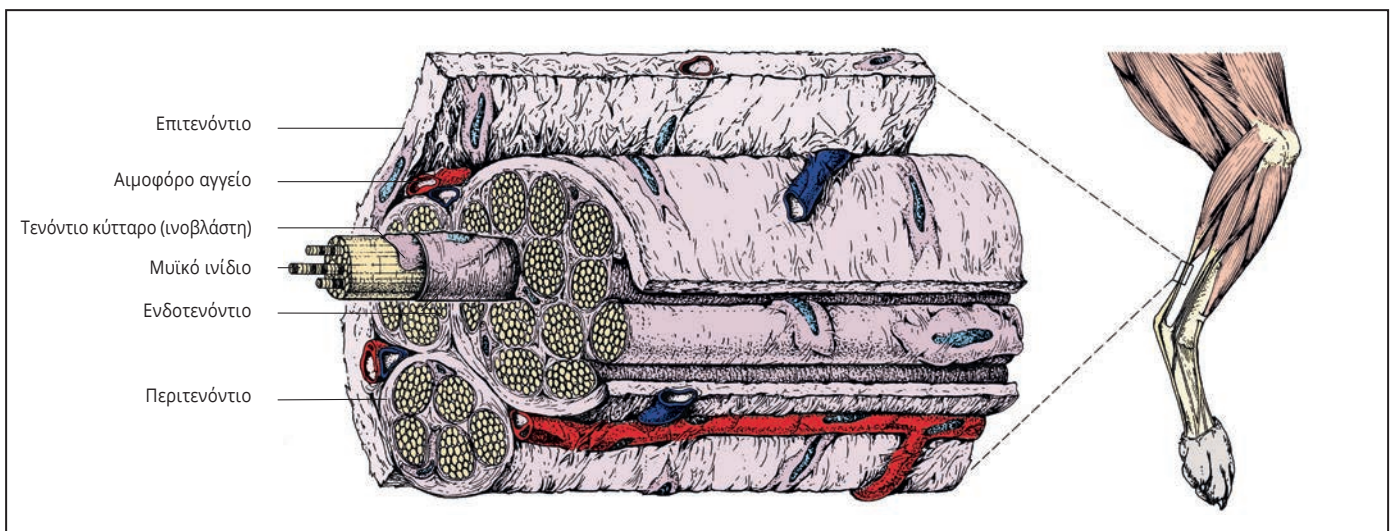
Οι σκελετικοί μύες διαιρούνται σε τρία τμήματα: τη **συσταλή γαστέρα**, τον **εκφυτικό τένοντα** και τον **καταφυτικό τένοντα**. Οι τένοντες προσφύονται σε κάθε άκρο



Εικ. I-35. Σχηματική απεικόνιση λείου μυϊκού ιστού· Liebich, 2004.



Εικ. I-36. Σχηματική απεικόνιση γραμμωτού μυϊκού ιστού· Liebich, 2004.



Εικ. I-37. Σχηματική απεικόνιση τένοντα· Liebich, 2004.

της γαστέρας και μεταφέρουν τη δύναμη που παράγεται από τη σύσπαση της γαστέρας στο σκελετό (Εικ.Ι-37). Μικροσκοπικά, ο σκελετικός μυς διαθέτει **εγκάρσιες γραμμώσεις** ως αποτέλεσμα της παράλληλης και περι-οδικής διάταξης των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης. Τα νημάτια ακτίνης και μυοσίνης μαζί με τον συνδετικό ιστό που περιβάλλει τις μυϊκές ίνες και το λίπος σχηματίζουν τον **μυϊκό ιστό**.

Τα **μυϊκά κύτταρα** διαφέρουν ανάλογα με τον αριθμό και το πάχος των συσταλών μυϊκών νηματίων. Όταν το κυτταρόπλασμα του μυϊκού κυττάρου, το σαρκόπλασμα, περιέχει αναλογικά περισσότερα μυϊκά νημάτια, τότε ο μυς αποθηκεύει λιγότερη μυοσφαιρίνη και εμφανίζεται ανοιχτόχρωμος (τύπος **λευκού μυός**). Σε αυτό τον τύπο του μυός, ο μυϊκός κάματος επέρχεται γρήγορα αλλά η συσταλτική ισχύς είναι μεγάλη. Ο δεύτερος τύπος του μυός (τύπος **ερυθρού μυός**) περιέχει λιγότερα μυϊκά νημάτια και για αυτό μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερη μυοσφαιρίνη στο σαρκόπλασμα (π.χ. σε ηλικιωμένα ζώα). Λεπτομέρειες για τη μυϊκή σύσπαση μπορεί να αναζητηθούν σε εγχειρίδια Φυσιολογίας και Ιστολογίας.

Η **νεύρωση** του μυός πραγματοποιείται με τις νευρομυϊκές συνδέσεις. Ο μυς και το νεύρο μαζί συνιστούν μία λειτουργική μονάδα. Κάθε μυϊκή ίνα νευρώνεται από **τουλάχιστον έναν κινητικό νευράξονα του κεντρικού νευρικού συστήματος**. Η επαφή ανάμεσα στον μυ και το νεύρο επιτυγχάνεται με την **κινητική τελική πλάκα** (motor end-plate), μία ειδική μορφή **σύναψης** (νευρομυϊκή σύναψη). Η νευρική ώση μεταφέρεται στη μυϊκή ίνα με ένα **νευροδιαβιβαστή (ακετυλοχολίνη)**.

Επίσης στους μυς συναντώνται **αισθητικοί νευρικοί υποδοχείς** οι οποίοι ομαδοποιούνται σχηματίζοντας τις **νευρομυϊκές ατράκτους** και περιβάλλονται από έλυτρο συνδετικού ιστού. Αυτοί οι **μηχανοϋποδοχείς** παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον μυϊκό τόνο και το βαθμό τάσης των τενόντων και του αρθρικού θυλάκου. Επιπρόσθετα, οι νευρομυϊκές ατράκτοι είναι υπεύθυνες για το **συντονισμό των κινήσεων** και την αντίληψη της **θέσης των τμημάτων του σώματος** μεταξύ τους στο χώρο. Τα τενόντια όργανα έχουν παρόμοια κατασκευή με τις νευρομυϊκές ατράκτους και λειτουργούν ως υποδοχείς για την τάση στο μυϊκό-τενόντιο σύστημα.

Τα τοιχώματα των ενδομυϊκών αιμοφόρων και λεμφοφόρων αγγείων νευρώνονται από **συμπαθητικές και/ή παρασυμπαθητικές** ίνες του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα εξασφαλίζει απρόσκοπτη αιματική ροή και λεμφική αποχέτευση προκειμένου να διατηρηθεί η λειτουργία.

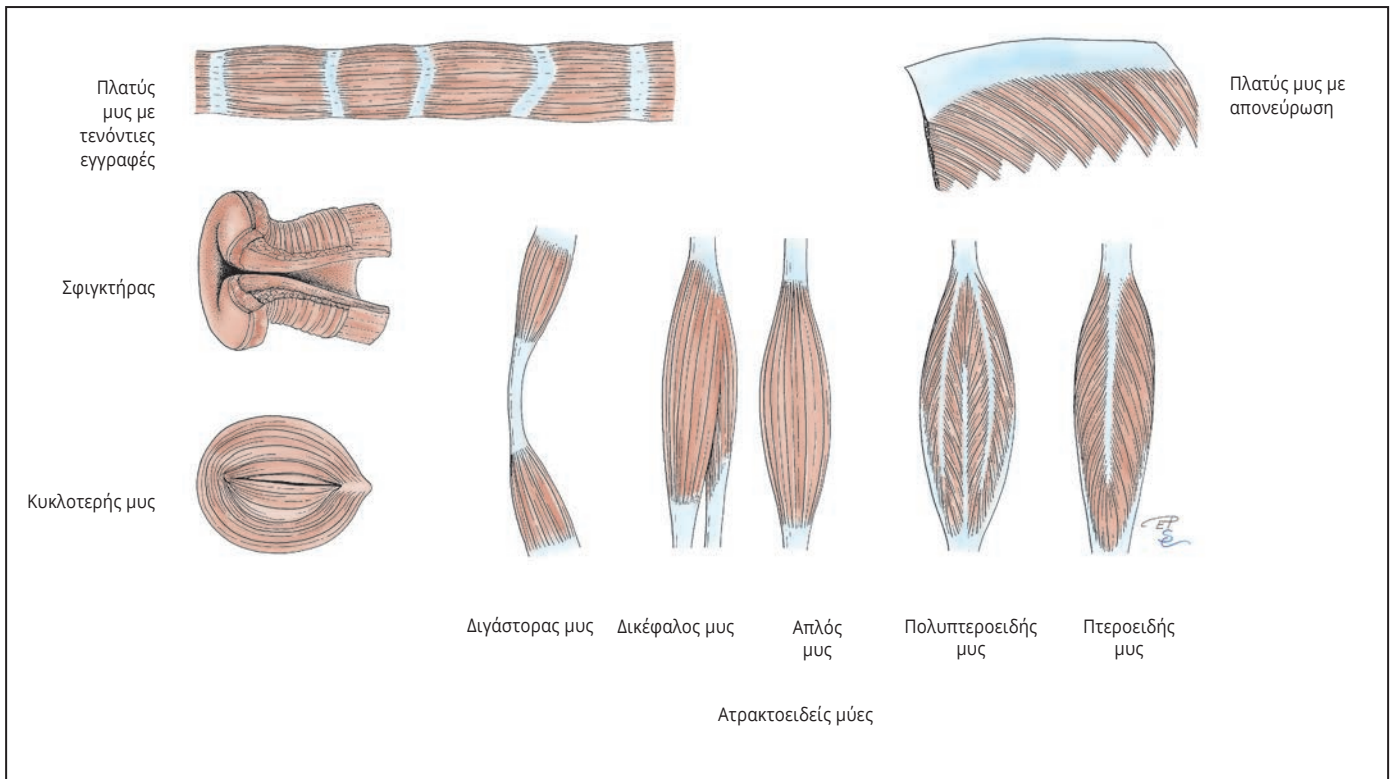
Η γαστέρα του μυός περιβάλλεται από μία στιβάδα πυκνού ινώδους συνδετικού ιστού, το **επιμύιο**, το οποίο συνεχίζεται με το αντίστοιχο έλυτρο που περιβάλλει τους τένοντες, το **επιτενόντιο**. Το επιμύιο ή το επιτενόντιο είναι ορατά μικροσκοπικά και διαχωρίζουν τους παρακείμενους μύες μεταξύ τους δημιουργώντας μία λεία επιφάνεια που επιτρέπει την κίνηση τους χωρίς τριβές. Τα μεγάλα αγγεία και τα νεύρα που τροφοδοτούν τους μυς πορεύονται στο επιμύιο. Το σημείο από το οποίο εισχωρούν ή εξέρχονται τα αγγεία και τα νεύρα λέγεται **πύλη**. Σε ένα μυ, οι μυϊκές ίνες σχηματίζουν δεσμίδες

που περιβάλλονται από μία στιβάδα ενδομυϊκού συνδετικού ιστού, το **περιμύιο**, σχηματίζοντας ένα δίκτυο μικρότερων λειτουργικών μονάδων (εικ. Ι-36). Το δίκτυο των κολλαγόνων ινών δημιουργεί ένα αλληλοσυνδεδεμένο πλέγμα ινών για να συντονίσει τη σύσπαση του μυός και για να παρέχει το υπόστρωμα για τα αγγεία και τα νεύρα. Κάθε μυϊκή ίνα είναι τυλιγμένη με ένα λεπτό δίκτυο κολλαγόνων ινιδίων, το **ενδομύιο**. Το ενδομύιο σχηματίζει ένα πλέγμα που περικλείει κύτταρα του συνδετικού ιστού, μικρά αιμοφόρα αγγεία και νευρικό πλέγμα (Εικ.Ι-36). Τα προαναφερθέντα έλυτρα ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος των μυϊκών δεματίων που περιβάλλουν, σε πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες δέσμες. Συγκροτούν μία λειτουργική μονάδα και συνδέονται σε κάθε άκρο της γαστέρας με τους **τένοντες**.

Τα διάφορα έλυτρα συνδετικού ιστού που περιβάλλουν τους μύες εκτείνονται πέρα από τα άκρα του μυός και ενώνονται για να σχηματίσουν τον **τένοντα** (tendon), μία λευκή σχινοειδή κατασκευή που προσφύεται στο οστό. Η μεταφορά της ενέργειας του μυός στον τένοντα συμβαίνει στα άκρα των μυϊκών ινών, όπου δακτυλιοειδείς προεκβολές των μυϊκών ινών συμπλέκονται με αντίστοιχες των κολλαγόνων ινών του τένοντα. Αυτή η κατασκευή ενισχύει την σύνδεση ανάμεσα στον μυ και τον τένοντα. Οι ίνες του τένοντα διατάσσονται παράλληλα μεταξύ τους και διαφέρουν σε διάμετρο και μήκος (Εικ. Ι-37).

Επίσης, ομαδοποιούνται σε δέσμες (**πρωτεύουσες, δευτερεύουσες, τριτεύουσες**) οι οποίες περιβάλλονται από έλυτρα συνδετικού ιστού, τα οποία αναφέρονται ως **επιτενόντιο** και **περιτενόντιο**. Εκτεταμένες μυϊκές πλάκες, οι οποίες εξαιτίας του επίπεδου και ευρέως σχήματος τους δεν διαθέτουν γαστέρα, προσφύονται με αποπλατυσμένα πέταλα συνδετικού ιστού, τις **απονευρώσεις**. Οι ίνες τόσο των σχινοειδών τενόντων όσο και των απονευρώσεων έχουν προσανατολισμό ίδιο με τις μηχανικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτές. Σε σύγκριση με το μυϊκό ιστό, οι τένοντες διαθέτουν πολύ μεγαλύτερο **δυναμικό τάσης** εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε κολλαγόνες ίνες και της χαμηλής περιεκτικότητας σε ελαστικές ίνες.

Οι μακροί τένοντες των άπω μοιρών των άκρων διαθέτουν μεγάλη ελαστικότητα σε όλο το μήκος τους. Κατά την κίνηση, η ελαστικότητα των τενόντων αποθηκεύει ενέργεια, απορροφά κραδασμούς και λειτουργεί ως αποσβεστήρας ταλαντώσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ελαστικότητας αποτελεί ο σύνδεσμος αναρτήρας του κνήποδα στον ίππο. Αυτός ο μυς είναι επιμήκης ινώδης χορδή που προσομοιάζει σε τένοντα. Στην ουσία δεν περιέχει μυϊκές ίνες και λειτουργεί ως τένοντας. Όταν ο ίππος κινείται, ο τένοντας τεντώνεται από το φορτίο που εφαρμόζεται στο άκρο, αποθηκεύοντας ενέργεια ως ελαστική ενέργεια τάσης. Κατά το δεύτερο μισό του βήματος, το φορτίο του βάρους του σώματος στο άκρο μειώνεται, και ο τένοντας ο οποίος τεντώθηκε και μίκρυνε απελευθερώνει την αποθηκευμένη ενέργεια. Όταν ένα υπερβολικό φορτίο εξασκείται σε αυτή την κατασκευή μπορεί να τεντωθεί μέχρι του σημείου να ακουμπήσει ο κνήποδας στο έδαφος.



Εικ. I-38. Σχηματική απεικόνιση των κατηγοριών σκελετικών μυών ανάλογα με την διάταξη των μυϊκών ινών τους· κατά Putz και Pabst, 1993.

Στα σημεία πρόσφυσης, οι ίνες του τένοντα συνεχίζουν στο **περιόστεο** ή το **περιχόνδριο** ως **ίνες Sharpey**. Η πρόσφυση μπορεί να περιλαμβάνει μία μεγάλη οστική επιφάνεια ή μπορεί να περιορίζεται σε ένα μόνο σημείο, σχηματίζοντας οξεία ή αμβλεία γωνία. Οι τένοντες που συνεχίζουν με το δέρμα ή τους γλωσσικούς μύες περιέχουν υψηλότερα ποσοστά ελαστικών ινών, αυξάνοντας έτσι την τάση αυτών των οργάνων.

Μακροσκοπικά, οι μυϊκές ίνες προσφύονται στις απονευρώσεις με ποικίλα ανοίγματα (γωνίες) ή στα οστά με τένοντες διαφόρων μηκών. Ο τένοντας μπορεί να διαχωρισθεί και να ακτινοβολήσει μέσα στο μυ έτσι ώστε ο μυς να διασχίζεται από τενόντιο ιστό. Η εξάπλωση του τενόντιου ιστού στους μύς έχει ως αποτέλεσμα κάποιοι μύες να έχουν όψη φύλλων ή πτερών. Οι μύες ταξινομούνται με βάση την **δομή** τους και την κατεύθυνση των **τενόντιων ινών** (Εικ. I-38) σε :

- **ημιπτεροειδείς μύς** (unipennate muscles) οι μυϊκές ίνες προσφύονται στην επέκταση του τένοντα λοξά και μονόπλευρα, και ο μυς μοιάζει με ημιμόριο πτερού.
- **πτεροειδείς μύς** (bipennate muscles) οι μυϊκές ίνες προσφύονται λοξά στις δύο επιφάνειες της προεκτάσεως αυτής του τένοντα, η οποία μοιάζει με κάλαμο πτερού.
- **πολυπτεροειδείς μύς** (multipennate muscles) οι οποίοι αποτελούνται από πολλαπλούς πτεροειδείς μύες.

Οι παραπάνω μύες συγκροτούνται από λοξές μυϊκές ίνες ως προς τη γραμμή της δύναμης που παράγεται από τον μυ. Η μέγιστη δύναμη που παράγεται από ένα μυ είναι ανάλογη της συνολικής επιφάνειας εγκάρσιας τομής όλων των μυϊκών ινών του. Η μορφολογική εγκάρσια τομή είναι η επιφάνεια της τομής που διέρχεται κάθετα στον άξονα της γαστέρας στο παχύτερο της σημείο. Η φυσιολογική εγκάρσια τομή ενός μυ αντιπροσωπεύει την επιφάνεια τομής όλων των μυϊκών ινών του, κάθετα στον επιμήκη άξονα κάθε μυϊκής ίνας. Η μυϊκή δύναμη εξαρτάται από τον αριθμό των ινών στη φυσιολογική εγκάρσια τομή. Όσες περισσότερες ίνες είναι παρούσες τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση και η μέγιστη δύναμη που παράγεται. Η τάση που απαιτείται από έναν μυ εξαρτάται από την εγκάρσια τομή των ινών και από το μήκος σύσπασης του μύος. Το μήκος αυτό είναι ανάλογο της αλλαγής στην γωνία πρόσφυσης και του μήκους των μυϊκών δεσμίδων. Το μυϊκό έργο είναι η **ταχύτητα της σύσπασης**.

Εντός μιας ισχυρής γαστέρας, οι μυϊκές ίνες προσφύονται στους τένοντες ή στην επιφάνεια του οστού υπό οξεία γωνία, παρέχοντας χώρο στον μυ να διευρυνθεί όταν συσπάται. Κατά τη διάρκεια της σύσπασης, η γωνία πρόσφυσης ευρύνεται. Αυτό το μοναδικό κατασκευαστικό χαρακτηριστικό αυξάνει τη ροή του αίματος, υποστηρίζοντας κατά αυτό τον τρόπο τον μεταβολισμό. Η σύσπαση και η χαλάρωση των μυών παίζουν σημαντικό ρόλο στην κυκλοφορία του αίματος σε ολόκληρο το σώμα.

## Τύποι μυών

Οι μύες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη μορφή, τη θέση και το μέγεθος. Στους ατρακτοειδείς μυς, διακρίνεται η παθητική **κεφαλή** (head) στην έκφυση, η ενεργητική **γαστέρα** (belly) στη μέση και η παθητική **ουρά** (tail) στην κατάφυση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε μυς να έχει μία ορισμένη έκφυση (origin) και κατάφυση (insertion). Η έκφυση και η κατάφυση ορίζονται κατά συνθήκη. Κανονικά, η έκφυση είναι το εγγύτερο άκρο του μυ, ή το πλησιέστερο άκρο στο κέντρο του κορμού ή στον άξονα του κορμού. Το άπω άκρο του μυ είναι η κατάφυση.

Υπάρχουν διάφοροι **τύποι μυών** (Εικ. I-38):

- ατρακτοειδείς μύες (fusiform muscles)
- πλατείς μύες (των οποίων οι τένοντες σχηματίζουν απονευρώσεις) (wide muscles)
- δικέφαλοι μύες (two-headed muscles)
- τρικέφαλοι μύες (three-headed muscles)
- τετρακέφαλοι μύες (four-headed muscles)
- διγαστροειδείς μύες (two-bellied muscles)
- κυκλοτερείς μύες (circular muscles)
- σφιγκτήρες μύες (sphincter muscles)

## Κίνηση

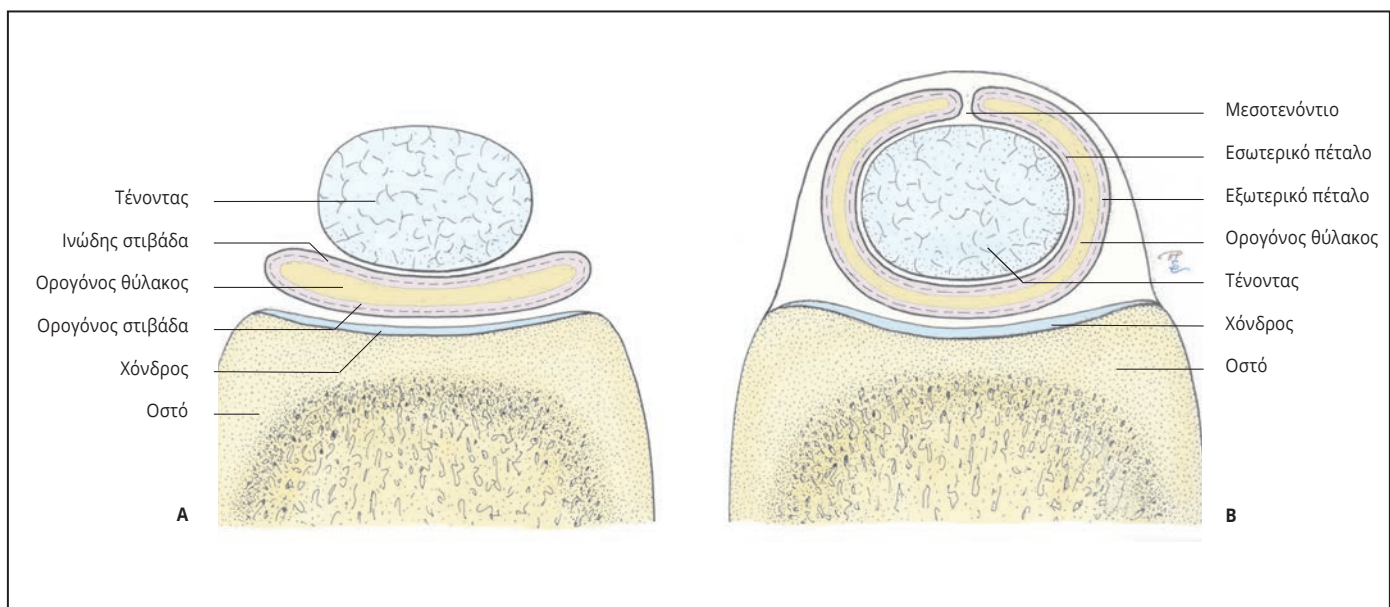
Οι φυσικές κινήσεις εμπλέκουν πολλούς μύες οι οποίοι εργάζονται ταυτόχρονα ή διαδοχικά. Όταν δυο μύες ενεργούν μαζί ονομάζονται **συναγωνιστές**. Αν ενεργούν ενάντια ο ένας στον άλλον ονομάζονται **ανταγωνιστές**. Κατά τη διάρκεια της κίνησης, ένα τμήμα του μυός είναι το **σταθερό σημείο** και το άλλο είναι το **κινητό σημείο**. Το σταθερό σημείο είναι κάθε τμήμα του μυός που παρα-

μένει ακίνητο λόγω της πρόσφυσης του στον κορμό. Το κινητό σημείο πρέπει να είναι μικρότερο και ελαφρύτερο σε σχέση με το σταθερό σημείο. Η λειτουργία του μυός μπορεί να οφείλεται αφενός μεν στην έκφυση, τη θέση και την κατάφυση και αφετέρου στο **σημείο περιστροφής** (υπομόχλιο).

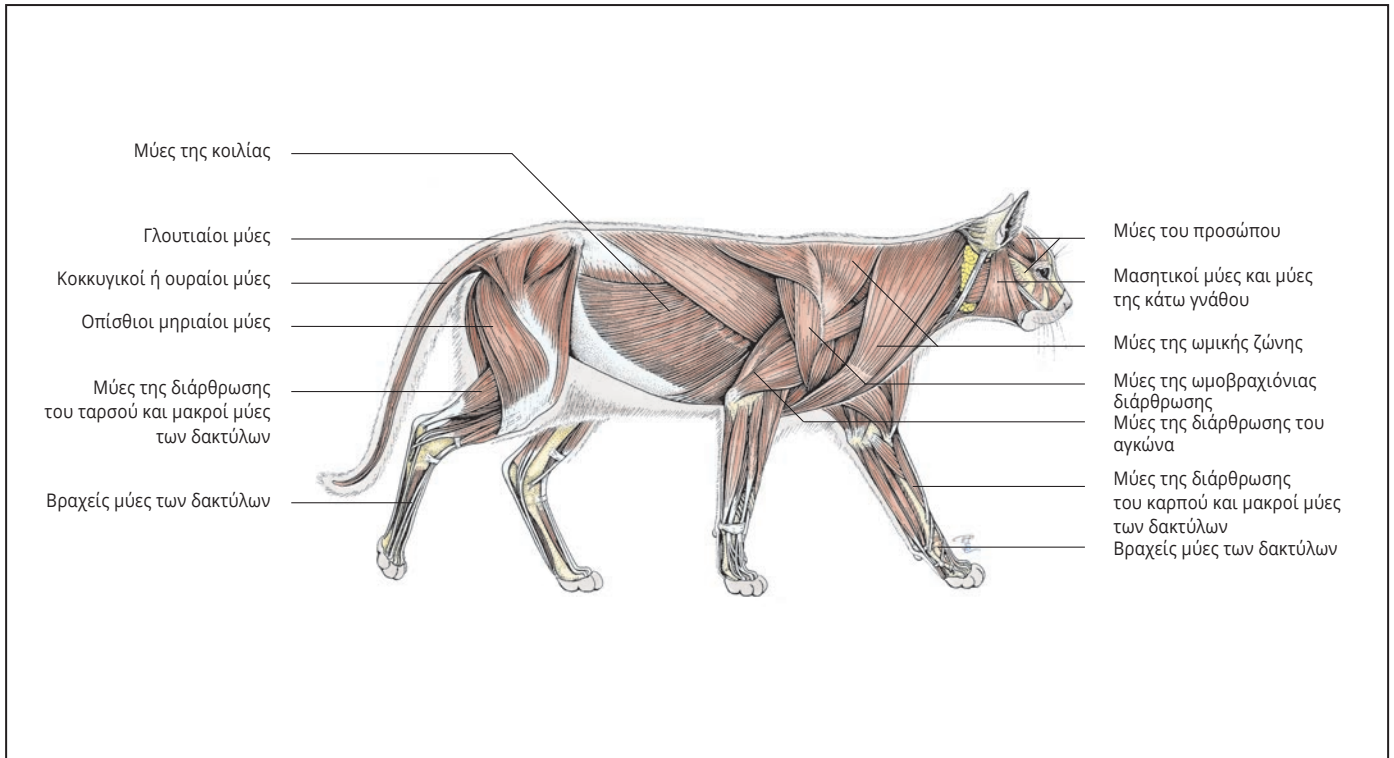
Οι περισσότερες από τις φυσικές κινήσεις του σώματος, για παράδειγμα, η αναπνοή, το περπάτημα, ο τροχασμός ή ο καλπασμός, είναι ρυθμικοί κύκλοι σύσπασης και χαλάρωσης ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων. Ακόμα και κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης, κάθε μυς βρίσκεται κάτω από την δράση κάποιου βαθμού ελάχιστης τάσης, τον **μυϊκό τόνο**. Αυτή η κατάσταση προκαλείται από ένα αντακλαστικό και σταθερά διεγερτικό ερέθισμα που προέρχεται από τις μυϊκές ατράκτους. Η αναισθησία προκαλεί **υποτονία**, δηλ. μείωση του μυϊκού τόνου. Πολλοί μύες χρησιμεύουν για να συγκρατούν ένα τμήμα του σώματος σε ετοιμότητα και για αυτό το λόγο διαθέτουν πάντα ένα ελάχιστο μυϊκό τόνο. Αυτοί οι μύες μερικές φορές υποστηρίζονται παθητικά από ιστό που μοιάζει με τένοντα ο οποίος είναι ενσωματωμένος στην γαστέρα.

Προκειμένου να αρχίσει μία κίνηση, τόσο ο μυϊκός τόνος του/των ανταγωνιστή/ών μυός/μυών όσο και η δύναμη της βαρύτητας πρέπει να υπερνικηθούν. Η μυϊκές συσπάσεις ταξινομούνται σύμφωνα με το τι συμβαίνει κατά μήκος των μυών κατά τη διάρκεια της κίνησης. Μία συνεχής αύξηση στην ενδογενή μυϊκή τάση χωρίς αλλαγή στο μήκος του μυός είναι μία **ισομετρική** σύσπαση. Σε κάποιο βαθμό τάσης, ο μυς αργά αρχίζει να συσπάται και βραχύνεται (**ισοτονική σύσπαση**), με αποτέλεσμα την κίνηση.

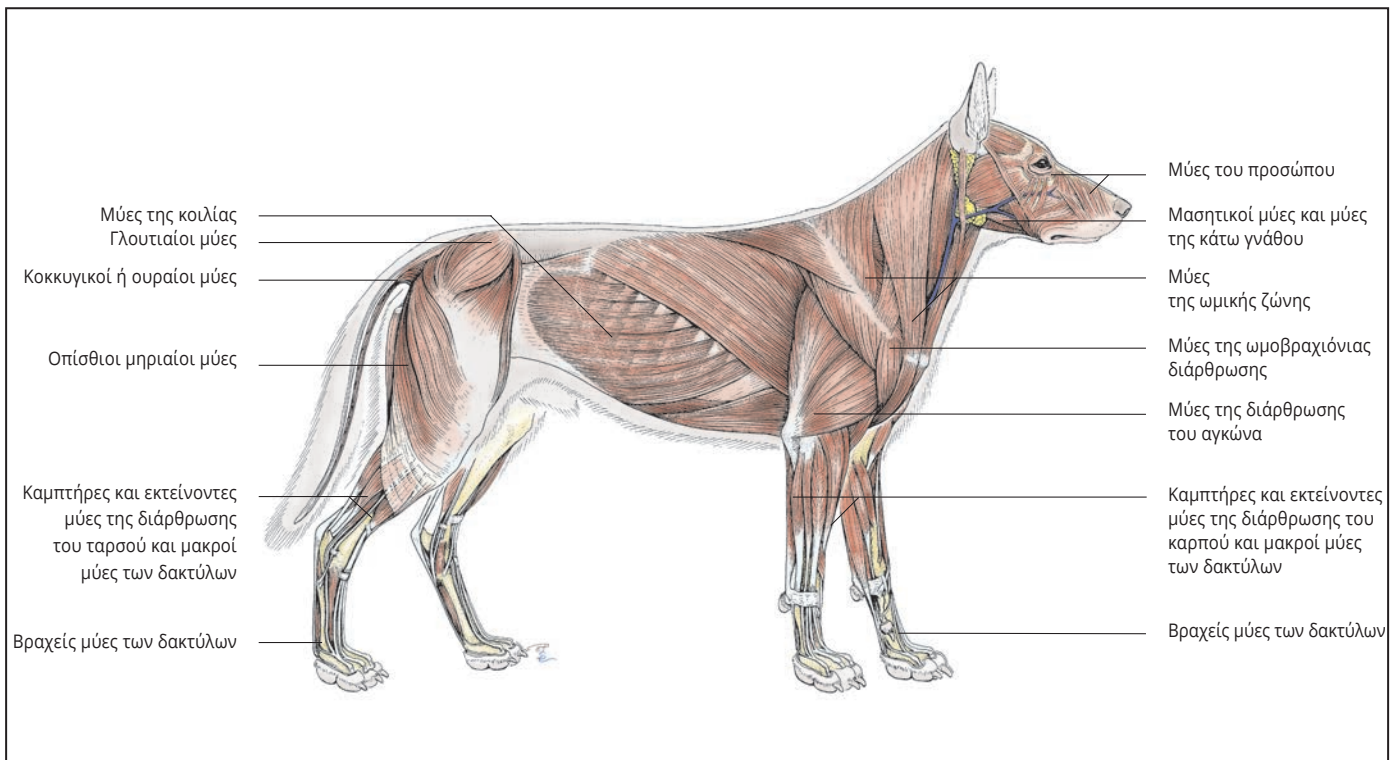
Ένας μυς εξασκεί δύναμη σε μία άρθρωση σύμφωνα με την αρχές των μοχλών. Ανάλογα με τον **αριθμό των**



Εικ. I-39. Σχηματική απεικόνιση επικουρικών μορίων των μυών, (Α) ορογόνος θύλακος και (Β) τενόντιο έλυτρο.

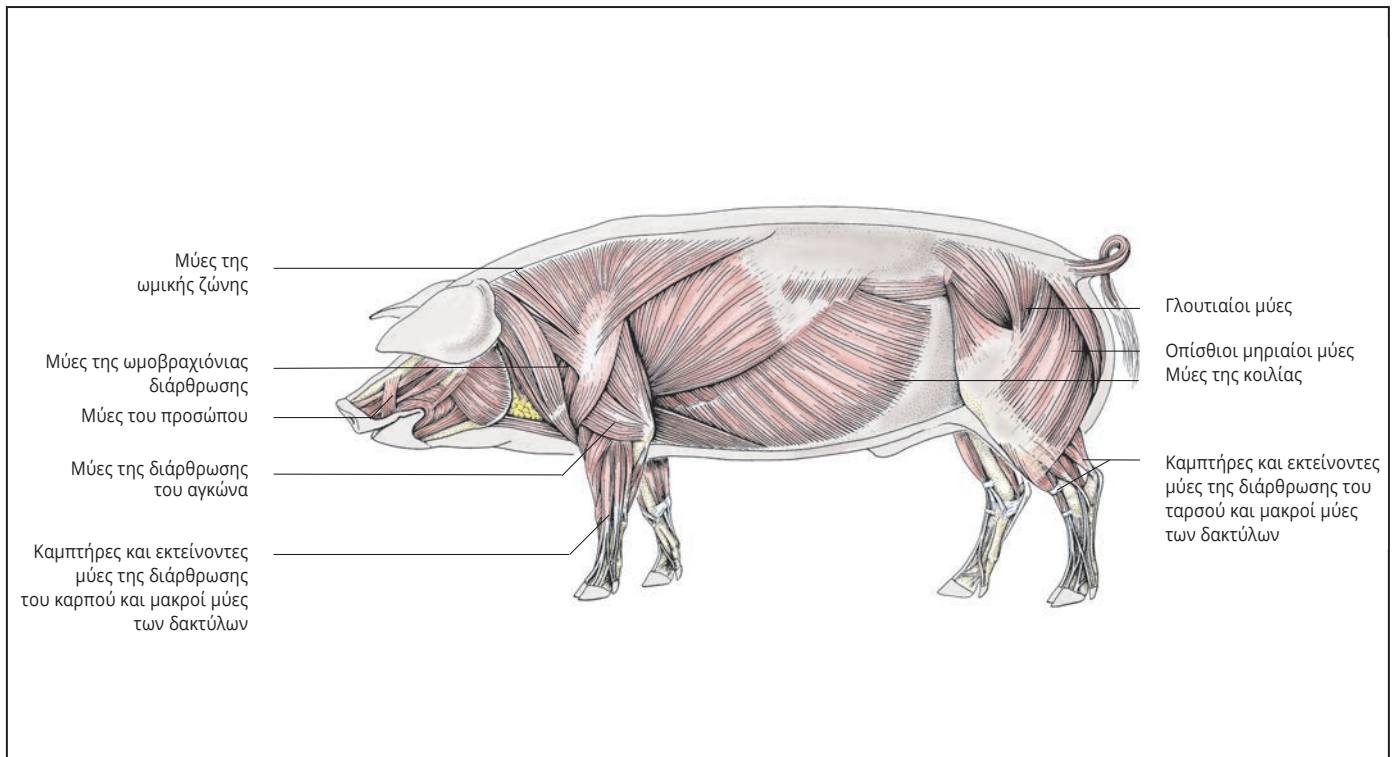


Εικ. I-40. Σχηματική απεικόνιση ομάδων επιφανειακών μυών γάτας.

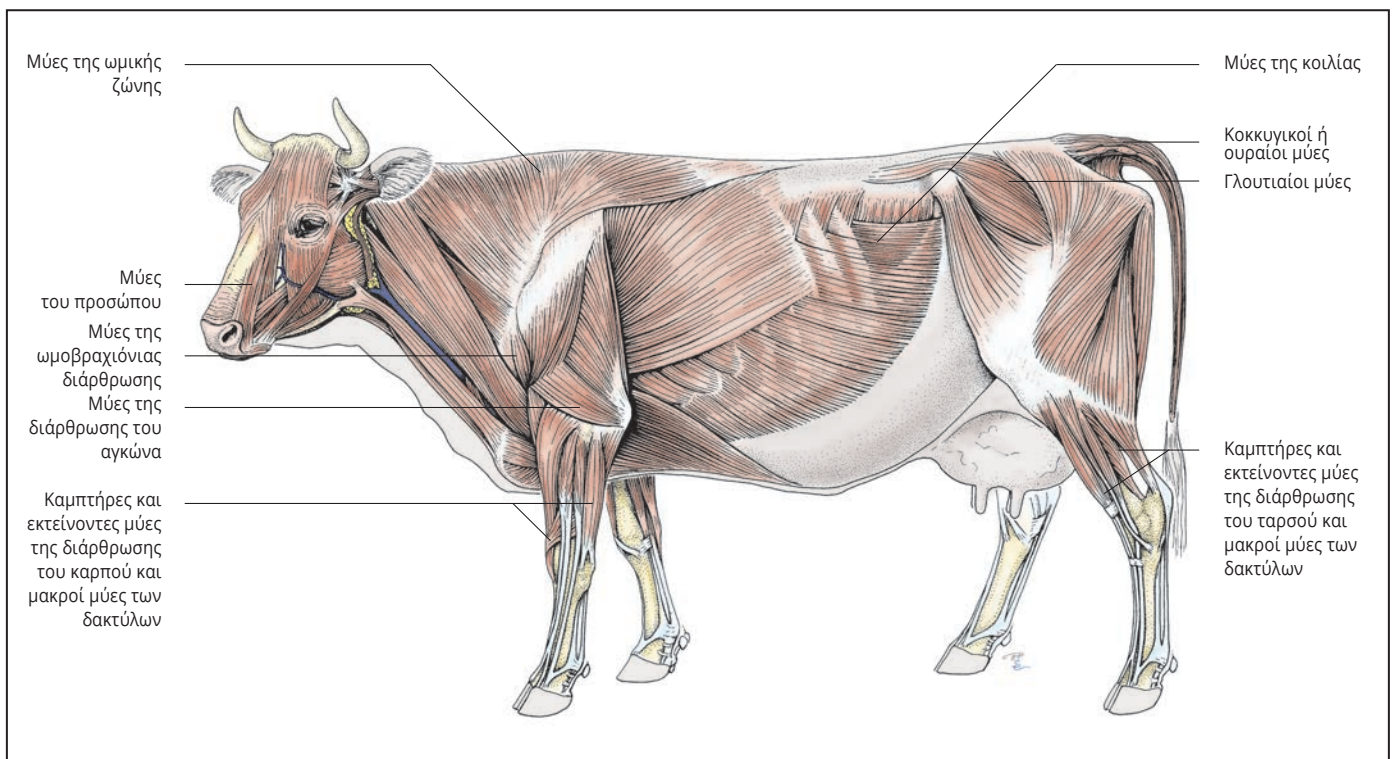


Εικ. I-41. Σχηματική απεικόνιση ομάδων επιφανειακών μυών σκύλου.

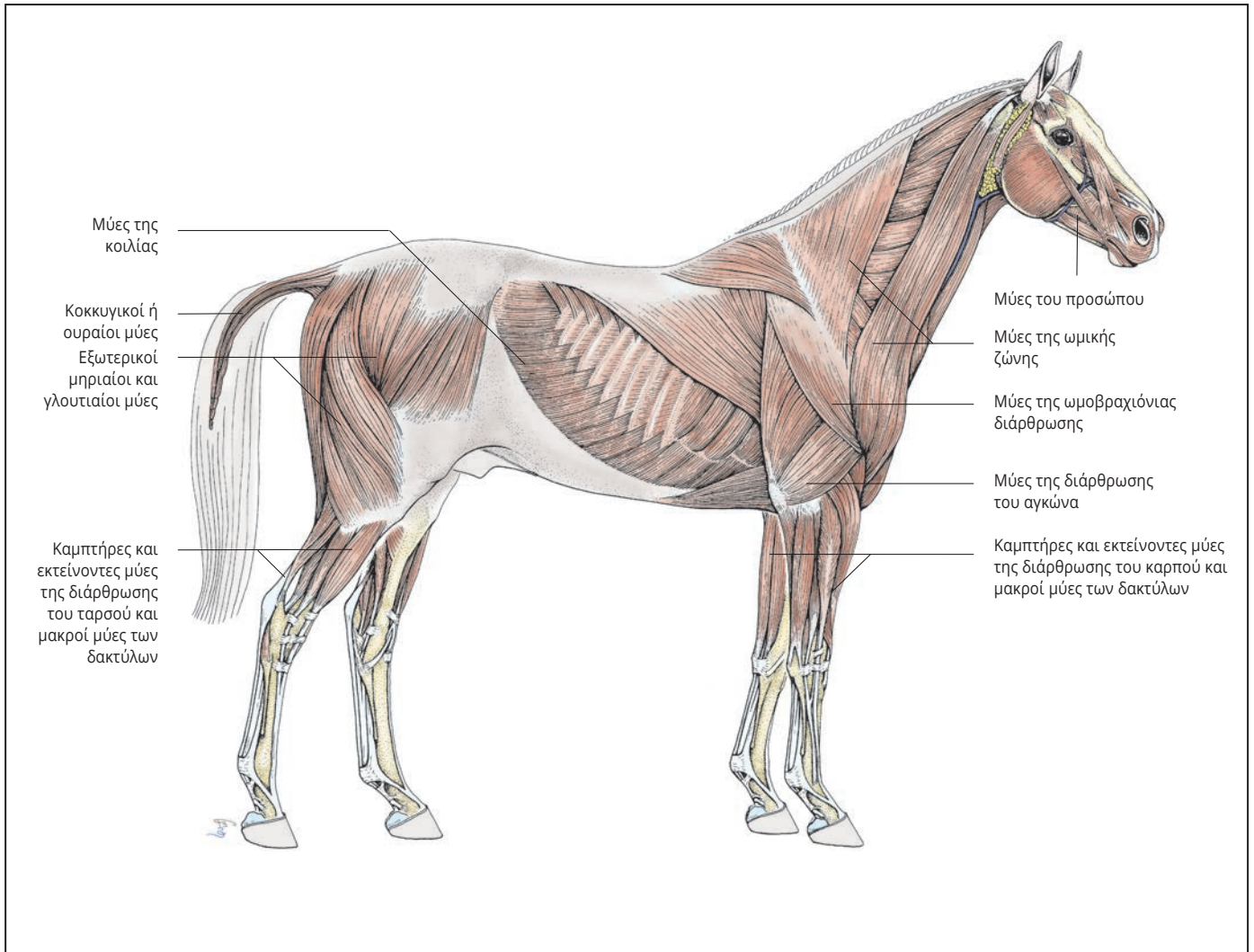




Εικ. Ι-42. Σχηματική απεικόνιση ομάδων επιφανειακών μυών χοίρου.



Εικ. Ι-43. Σχηματική απεικόνιση ομάδων επιφανειακών μυών αγελάδας.



Εικ. Ι-44. Σχηματική απεικόνιση ομάδων επιφανειακών μυών ίππου.

**αρθρώσεων** όπου ενεργεί ένας μυς, οι μύες διακρίνονται σε:

- μονοαρθρικούς μύες
- διαρθρικούς μύες ή
- πολυαρθρικούς μύες

Από αυτό το ταξινομικό σχήμα, είναι σαφές ότι κάποιες αρθρώσεις πάντα κινούνται μαζί όταν συσπάται ένας μυς (υποχρεωτικά συνδεδεμένες αρθρώσεις). Άλλες αρθρώσεις κινούνται μαζί μόνο κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις (προαιρετικά συνδεδεμένες αρθρώσεις).

Κάθε μυς μπορεί επίσης να ταξινομηθεί ανάλογα με τον **λειτουργικό του ρόλο** στην άρθρωση ως εξής:

- εκτείνων (extensor)
- καμπτήρας (flexor)
- προσαγωγός (adductor)
- απαγωγός (abductor)
- σφιγκτήρας (sphincter)

- ανευρύνων (dilator)
- ανεκκτήρας (levator)
- καθεκκτήρας (depressor)
- στροφέας (rotator):
  - υπτιαστής (supinator)
  - πρηνιστής (pronator)

Οι εικόνες 40-44 απεικονίζουν τους επιφανειακούς μυς των κατοικίδιων ζώων, και αποτελούν μία εισαγωγή στην μυολογία. Η τοπογραφία, η μορφή και η λειτουργία καθενός μυός περιγράφεται με λεπτομέρειες στα επόμενα κεφάλαια.

### Επικουρικά μέρη των μυών

Οι μύες υποστηρίζονται στις πολλαπλές τους λειτουργίες με κάποιες παθητικές κατασκευές, οι οποίες είναι:

- οι περιτονίες (fasciae)

- οι ορογόνοι θύλακοι (synovial bursa) ή
- τα ορογόνα έλυτρα των τενόντων (vaginae synovialis tendinus)

Ο κάθε μυς περιβάλλεται από μία **περιτονία**. Οι περιτονίες είναι εκτεταμένοι, λεπτοί και δικτυωτοί υμένες οι οποίοι αποτελούνται από κολλαγόνες, κυρίως, και από ελαστικές ίνες. Οι ίνες αυτές έχουν την ίδια κατεύθυνση με τις δυνάμεις που ενεργούν στον μυ. Η αρχιτεκτονική του δικτυωτού επιτρέπει στις περιτονίες να προσαρμόζονται λειτουργικά στην αύξηση του πάχους του μυός κατά την σύσπασή του. Οι περιτονίες συχνά χρησιμεύουν ως σημεία έκφυσης ή κατάφυσης των μυών. Οι περιτονίες παρέχουν στους μυς που επενδύουν, μία λεία επιφάνεια, επιτρέποντας ελευθερία κινήσεων ανάμεσα στους παρακείμενους μυς.

Μία ιδιαίτερη κατασκευή είναι τα **μεσομύια διαφράγματα** (intermuscular septum), επιμήκη ινώδη πέταλα που εκτείνονται σαν διαφράγματα ανάμεσα στους μυς και προσφύονται στο περιόστεο. Οι περιτονίες επίσης σχηματίζουν δακτυλιοειδείς κατασκευές από πυκνό συνδετικό ιστό στις επιφάνειες άρθρωσης των εκτεινόντων και των καμπτήρων, ισχυροποιώντας ακόμα περισσότερο την άρθρωση. Οι κατασκευές αυτές λέγονται καθεκτικοί σύνδεσμοι (retinacula tendinum).

Περιτονίες απαντώνται σε όλο το σώμα με τη μορφή λεπτής **επιπολής περιτονίας** (superficial fascia) ή πιο σκληρής **εν τω βάθει περιτονίας** (deep fascia). Οι επιπολής περιτονίες περικλείουν τους επιφανειακούς **δερματικούς μυς** (cutaneus muscles) στις περισσότερες μοίρες του σώματος. Ειδικά στον ίππο, οι βαθύτερες στιβάδες μπορεί να ενισχυθούν με ελαστικές ίνες με αποτέλεσμα να αποκτούν μία κίτρινη γυαλάδα, όπως συμβαίνει με τον κοιλιακό χιτώνα (tunica flava abdominis).

Οι **ορογόνοι θύλακοι** περικλείονται σε ένα έλυτρο συνδετικού ιστού (Εικ.Ι-39). Διαφέρουν σε μέγεθος, συχνά διαθέτουν περισσότερα από ένα διαμερίσματα και πάντα περιέχουν αρθρικό υγρό. Μπορεί να παρομοιαστούν με μαξιλάρια που βρίσκονται κάτω από τους τένοντες τα οποία διανέμουν ομοιόμορφα την πίεση που προέρχεται από τους τένοντες. Η υφή του τοιχώματος των ορογόνων θυλάκων είναι ίδια με αυτή του αρθρικού θυλάκου. Όπως και στον αρθρικό θύλακο, το τοίχωμα αποτελείται από δύο στιβάδες: εξωτερικά από τον **ινώδη θύλακο** και εσωτερικά από τον **αρθρικό υμένα**.

Οι ορογόνοι θύλακοι απαντώνται σε όλη της έκταση του οργανισμού όπου μύες, τένοντες ή σύνδεσμοι ολισθαίνουν πάνω σε οστά. Ασταθείς ή περιστασιακοί ορογόνοι θύλακοι μπορεί να αναπτυχθούν υποδόρια σε διάφορα σημεία που δέχονται σταθερή μηχανική πίεση.

Οι ορογόνοι θύλακοι ταξινομούνται ανάλογα με τη θέση τους σε:

- υπο-τενόντιους θυλάκους (subtendinous synovial bursae)
- υπο-μυϊκούς θυλάκους (submuscular synovial bursa)

- υπο-συνδεσμικούς θυλάκους (subligamentous synovial bursae)
- υποδόριους θυλάκους (subcutaneous synovial bursa)

Τα **ορογόνα έλυτρα των τενόντων** (Εικ.Ι-39) είναι όμοια με του ορογόνους θυλάκους εκτός του γεγονότος ότι περιβάλλουν εξ' ολοκλήρου τους τένοντες σαν σωλήνας, προστατεύοντας τον υποκείμενο ιστό από πίεση που ασκείται από τον τένοντα και μειώνοντας την τριβή κατά την κίνηση. Τα έλυτρα των τενόντων συχνά σχηματίζονται όταν ο αρθρικός θύλακος μιας διάρθρωσης σχηματίζει ένα **εκκόλπωμα** (recess), το οποίο περικλείει τον τένοντα.

Όπως συμβαίνει με τους ορογόνους θυλάκους, τα ορογόνα έλυτρα των τενόντων διαθέτουν **κοιλότητες** που περιέχουν **αρθρικό υγρό**. Ο αρθρικός θύλακος αποτελείται από δύο στιβάδες, την **σπλαχνική** και την **τοιχική**. Η εσωτερική στιβάδα που περιβάλλει τον τένοντα είναι η σπλαχνική στιβάδα του ορογόνου ελύτρου. Σε κάποιο σημείο, αυτή η στιβάδα αναδιπλώνεται και έτσι μετατρέπεται σε εξωτερική ή τοιχική στιβάδα. Οι δύο στιβάδες συνδέονται με μία λεπτή διπλή πτυχή, το **μεσοτενόντιο**, διαμέσου του οποίου διέρχονται αιμοφόρα αγγεία και νεύρα. Σε κάποιες θέσεις, το μεσοτενόντιο είναι ατελές (**vinculum tendinum**).

## Λειτουργίες του αρθρικού υμένα

Η διήθηση υγρών, η διάχυση θρεπτικών ουσιών και η ενεργή μεταφορά μακρομορίων διενεργούνται διαμέσου του αρθρικού υμένα. Ανάμεσα στα κύτταρα που συγκροτούν τις ενάρθριες λάχνες και τις ενάρθριες πτυχές απαντώνται μικροσκοπικοί πόροι διαμέσου των οποίων γίνεται διάχυση των ουσιών. Η υδροστατική και η ωσμωτική πίεση ρυθμίζουν τη διαδικασία διάχυσης ανάμεσα στην αρθρική κοιλότητα και τον περιβάλλοντα συνδετικό ιστό. Στον περιβάλλοντα συνδετικό ιστό υπάρχουν πολυάριθμα αιμοφόρα και λεμφοφόρα αγγεία τα οποία επηρεάζουν τη λειτουργία των τενόντιων ελύτρων. Φυσιολογική ισορροπία επιτυγχάνεται όταν η ποσότητα του υγρού που εισχωρεί στην αρθρική κοιλότητα είναι ίση με αυτή που επανααρροφάται από την κοιλότητα.

Όταν αυτή η ισορροπία διαταράσσεται, συσσωρεύεται υγρό στην αρθρική κοιλότητα. Κλινικά, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το οίδημα του τενόντιου ελύτρου και πιθανώς τη φλεγμονή του αρθρικού υμένα. Η αποχέτευση της λέμφου παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της υδροστατικής πίεσης εντός της αρθρικής κοιλότητας. Με κάθε ρυθμική σύσπαση του περιβάλλοντος μυϊκού ιστού, το υπερβάλλον υγρό αποχετεύεται στα λεμφοφόρα αγγεία και απομακρύνεται.

Οι ακόλουθες λέξεις είναι **κλινικοί όροι** που συνδέονται με ανατομικούς όρους: οστεοπάθεια, οστεΐτιδα, οστεομυελίτιδα, περιοστίτιδα, οστεοσύνθεση, οστεοκλάστωμα, οστεοπλαστικός, οστεόλυση, οστεομυελογραφία, οστέωμα, οστεομυελοΐνωση, οστεονέκρωση, οστεοπεριοστίτιδα, οστεοπέτρωση, οστεοπόρωση, οστεοχόνδρω-

ση, δισχιδής ράχη, οστεοσάρκωμα, ρήξη απαγωγού, παράλυση προσαγωγού, αρθροπάθεια, αρθρίτιδα, εκφυλιστική αρθροπάθεια, αρθροσκόπηση, αρθρόλυση, πρόπτωση του πηκτοειδούς πυρήνα, δυσπλασία της κατ' ισχίον διάρθρωσης, μυοπάθεια, μυοδυστροφία, μυοϊνώση, μυομητρίτιδα, μυοκαρδίτιδα, μύωμα, μυϊκός σπασμός, τενοντοπάθεια, τενοντίτιδα, θυλακίτιδα, αρθρίτιδα, κήλη αρθρικού υμένα, θυλακίτιδα του περνεϊκού τένοντα, ρήξη του αχιλλείου τένοντα κ.ά.

## Γενική ανατομική του αγγειακού συστήματος

Το καρδιαγγειακό σύστημα μπορεί να συγκριθεί με ένα κλειστό σύστημα σωλήνων όπου η καρδιά λειτουργεί ως η κεντρική αντλία. Η καρδιά συνεχώς κυκλοφορεί το αίμα διαμέσου των αρτηριών, των τριχοειδών αγγείων και των φλεβών, τροφοδοτώντας τα όργανα και τα διάφορα περιφερικά τμήματα του σώματος. Αυτό το σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει και το λεμφικό σύστημα, συνδέει όλα τα μέρη του σώματος, μεταφέροντας ουσίες από και προς τα κύτταρα και τους ιστούς. Οι μεταφερόμενες ουσίες περιλαμβάνουν θρεπτικά συστατικά, αέρια του αίματος, ένζυμα, ηλεκτρολύτες, βιταμίνες, ορμόνες, μεταβολικά προϊόντα, στοιχεία του ανοσιακού συστήματος, νερό και κύτταρα του αίματος. Το **αίμα** (blood) είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά αυτών των ουσιών.

Ο **όγκος του αίματος** στα κατοικίδια θηλαστικά αντιπροσωπεύει το 6-8% του σωματικού βάρους. Οι γάτες αποτελούν εξαίρεση: ο όγκος του αίματος τους αντιπροσωπεύει το 4% του σωματικού βάρους. Αυτό το χαρακτηριστικό τις καθιστά περισσότερο επιρρεπείς στην αναιμία. Ο **χρόνος κυκλοφορίας**, που απαιτείται προκειμένου ένα κύτταρο του αίματος να μετακινηθεί από την καρδιά προς το σώμα και να ξαναγυρίσει, είναι περίπου 30 δευτερόλεπτα για τα μεγαλόσωμα ζώα, 15 δευτερόλεπτα για τα μετρίου μεγέθους ζώα και 7 δευτερόλεπτα για τη γάτα.

## Οργάνωση του καρδιαγγειακού συστήματος

Ο όρος **καρδιαγγειακό σύστημα** (cardiovascular system) αναφέρεται στο σύστημα σωλήνων το οποίο κυκλοφορεί αίμα στο σώμα. Συμπεριλαμβάνει και το **λεμφικό σύστημα** (lymphatic system) το οποίο λειτουργεί ως αποστραγγιστικό σύστημα, αποχετεύοντας υγρό, με τη μορφή της λέμφου, από το μεσοκυττάριο ιστό στο αίμα. Ο ερυθρός μυελός των οστών και ο σπλήνας είναι επίσης δομικά στοιχεία του συστήματος. Ο ερυθρός μυελός των οστών είναι ένα **αιμοποιητικό όργανο** το οποίο παράγει διάφορα αιμοκύτταρα (**αιμοποίηση**), και ο σπλήνας ενεργεί ως φίλτρο για αυτά τα κύτταρα.

Επειδή όλοι οι τύποι των οργάνων και των ιστών εφοδιάζονται με αίμα διαμέσου των αγγείων, αυτά τα αγγεία

πρέπει να είναι οργανωμένα για να εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες. Αυτές οι ανάγκες περιλαμβάνουν για παράδειγμα τη διαδικασία της πέψης στο έντερο, το μυϊκό έργο, και την αιματική τροφοδοσία της καρδιάς και του εγκεφάλου.

Η **καρδιά λειτουργεί** ως η **κεντρική αντλία** του **κυκλοφορικού συστήματος**. Το αίμα που αντλείται από την καρδιά εισέρχεται σε ένα **υψηλής πίεσης σύστημα διασποράς** το οποίο αποτελείται από μεγάλες αρτηρίες και, στην περιφέρεια, από μικρότερα αρτηρίδια. Οι αρτηρίες και τα αρτηρίδια μεταφέρουν **αίμα πλούσιο σε οξυγόνο (οξυγονωμένο)** από την καρδιά προς την περιφέρεια του σώματος. Οι αρτηρίες διακλαδίζονται σε αρτηρίδια, τα οποία με τη σειρά τους διακλαδίζονται σε μικρότερα και πολυπληθέστερα αγγεία, τα **τριχοειδή** (capillaries).

Τα τριχοειδή αγγεία έχουν πολύ μικρή διάμετρο και εξαιρετικά λεπτό τοίχωμα, αμφότερα τα χαρακτηριστικά διευκολύνουν την ανταλλαγή αερίων και την μεταφορά μικρών μορίων και νερού ανάμεσα στο αίμα και στους περιβάλλοντες ιστούς. Το λεπτό τοίχωμα των τριχοειδών αγγείων επίσης επιτρέπει σε μερικούς τύπους κυττάρων του αίματος να εξέλθουν από το αγγείο και να εισχωρήσουν στους περιβάλλοντες ιστούς.

Όπως το αίμα απομακρύνεται από την καρδιά, η πίεση στα αγγεία μειώνεται. Η μείωση της πίεσης είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων: της τριβής, επειδή το αίμα βρίσκει αντίσταση από τα τοιχώματα των αγγείων, και της αύξησης της συνολικής εγκάρσιας επιφάνειας των αιμοφόρων αγγείων. Τα τριχοειδή αγγεία είναι κυρίως υπεύθυνα για το αποτέλεσμα αυτό: επειδή ο αυλός τους είναι μικρός, η αντίσταση αυξάνεται. Εξαιτίας της πληθώρας των τριχοειδών αγγείων, η συνολική εγκάρσια επιφάνεια αυξάνεται επίσης.

Το αίμα που επιστρέφει στην καρδιά διαμέσου των **φλεβών** έχει πολύ μικρή πίεση. Οι φλέβες και τα φλεβίδια δημιουργούν ένα **σύστημα συλλογής χαμηλής πίεσης**. Αυτό το σύστημα μεταφέρει αίμα το οποίο περιέχει πολύ λίγο **οξυγόνο (αποξυγονωμένο)** και μπορεί επίσης να χρησιμεύσει ως δεξαμενή αίματος (π.χ. στο δέρμα, στον υποδόριο ιστό, στους πνεύμονες, στον σπλήνα), επιστρέφοντας αίμα στην κυκλοφορία όταν χρειαστεί. Οι φλέβες μεταφέρουν αίμα πίσω στην καρδιά (βλέπε Κεφάλαιο 12).

## Καρδιά (heart)

Η καρδιά είναι το κεντρικό όργανο του κυκλοφορικού συστήματος. Πρόκειται για ένα μυώδη σάκκο που αποτελείται από **τέσσερα διαμερίσματα** και συσπάται ρυθμικά ενεργώντας ως αντλία που προωθεί το αίμα διαμέσου των αιμοφόρων αγγείων. Η κατεύθυνση της ροής του αίματος είναι προκαθορισμένη εξαιτίας της ύπαρξης των **βαλβίδων της καρδιάς**, οι οποίες αποτρέπουν και την παλινδρόμησή του.

Η καρδιά διαιρείται σε δυο κοιλίες και σε δυο κόλπους. Οι δύο κόλποι δέχονται αίμα, που εξασφαλίζει την γρήγορη πλήρωση των κοιλιών.

Οι κοιλίες διαθέτουν από μία βαλβίδα σε κάθε άκρο τους. Η μία βαλβίδα αποτρέπει την παλινδρόμηση του

αίματος προς τους κόλπους κατά τη διάρκεια της **σύσπασης των κοιλιών** (συστολή). Η δεύτερη βαλβίδα εμποδίζει την παλινδρόμηση του αίματος των αρτηριών προς τις κοιλίες κατά τη διάρκεια της διάτασης των κοιλιών (διαστολή). Κατά τη διάρκεια της διαστολής, το αίμα από τους κόλπους ρέει εντός των κοιλιών, οι επόμενες συστολικές και διαστολικές φάσεις διαδέχονται γρήγορα η μία την άλλη δημιουργώντας μία αντλία.

Λειτουργικά, η καρδιά διαιρείται στο **δεξιό** και το **αριστερό τμήμα**. Το **δεξιό τμήμα** της καρδιάς προωθεί το αίμα προς τα **τριχοειδή αγγεία των πνευμόνων** και η σύντομη αυτή ροή του αίματος αναφέρεται ως **μικρή ή πνευμονική κυκλοφορία**.

Το **αριστερό τμήμα** προωθεί το αίμα προς το υπόλοιπο σώμα και η μακρά πορεία του αίματος ονομάζεται **μεγάλη ή σωματική κυκλοφορία**. Το δεξιό και το αριστερό τμήμα της καρδιάς χωρίζονται μεταξύ τους από ένα διάφραγμα, αλλά και τα δύο τμήματα εξωτερικά και εσωτερικά συνιστούν ένα ενιαίο όργανο. (για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπε Κεφάλαιο 12)

### Πνευμονική και σωματική κυκλοφορία

Η πνευμονική και η σωματική κυκλοφορία είναι δύο τμήματα της αιματικής κυκλοφορίας του σώματος, τα οποία αλληλοσυμπληρώνονται. (Εικ. I-45). Και οι δύο πλευρές της καρδιάς αντλούν τον ίδιο όγκο αίματος αν και η διαδρομή ανάμεσα στη δεξιά πλευρά της καρδιάς και τους πνεύμονες είναι πολύ μικρότερη από αυτή ανά-

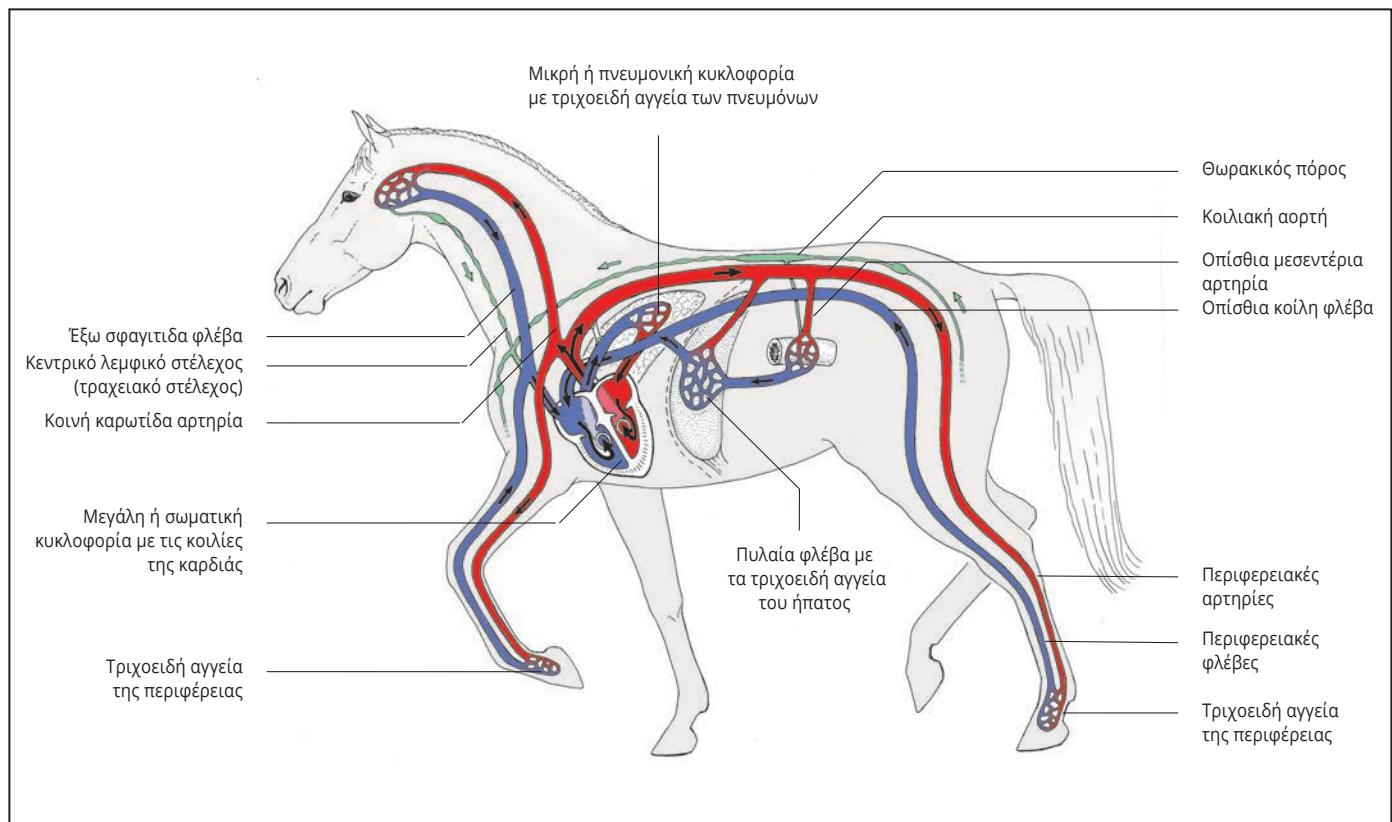
μεσα στην αριστερή πλευρά της καρδιάς και τα περιφερικά τμήματα του σώματος.

Η **πνευμονική ή μικρή κυκλοφορία** αρχίζει από τον **δεξιό κόλπο**, από τον οποίο αίμα φτωχό σε οξυγόνο περνάει στην **δεξιά κοιλία**. Κατά την σύσπαση της κοιλίας το αίμα απάγεται στην **πνευμονική αρτηρία** (pulmonary trunk) και στους μικρότερους κλάδους της μέχρι να φθάσει στα **τριχοειδή αγγεία των πνευμόνων**. Εδώ το αίμα οξυγονώνεται και επιστρέφει με τις **πνευμονικές φλέβες** στον **αριστερό κόλπο** της καρδιάς.

Η **σωματική ή μεγάλη κυκλοφορία** αρχίζει από την **αριστερό κόλπο** της καρδιάς. Οξυγονωμένο αίμα περνάει από τον **αριστερό κόλπο** στην **αριστερή κοιλία**. Κατά τη σύσπαση της κοιλίας το αίμα απάγεται στην **αορτή** και διασπείρεται σε όλη την **περιφέρεια του σώματος**, πρώτα με τις αρτηρίες, στη συνέχεια με τα αρτηρίδια μέχρι τελικά να φθάσει στα **αιμοφόρα τριχοειδή** των ιστών και των οργάνων. Αίμα φτωχό σε οξυγόνο επιστρέφει από τα οπίσθια άκρα και το οπίσθιο ημιμόριο του σώματος με την **οπίσθια κοίλη φλέβα** (caudal vena cava), ενώ αίμα από την κεφαλή, τα πρόσθια άκρα και το πρόσθιο ημιμόριο του σώματος επιστρέφει με την **πρόσθια κοίλη φλέβα** (cranial vena cava). Τόσο η πρόσθια όσο και η οπίσθια κοίλη φλέβα απάγουν το αίμα στον **δεξιό κόλπο**.

### Πυλαία κυκλοφορία

Η πυλαία φλέβα και οι συνιστώσες της σχηματίζουν ένα παρακαμπτήριο σύστημα το οποίο αρχίζει και τελειώνει



Εικ. I-45. Σχηματική απεικόνιση του κυκλοφορικού συστήματος ενήλικου ζώου.

σε αιμοφόρα τριχοειδή. Η **πυλαία φλέβα** (portal v.) συγκεντρώνει αίμα φτωχό σε οξυγόνο από τα αιμοφόρα τριχοειδή του γαστρεντερικού σωλήνα και άλλων οργάνων της κοιλιακής κοιλότητας (σπλήνα και πάγκρεας). Τα τριχοειδή στα κοιλιακά σπλάγχνα συγκλίνουν και τελικά συγχωνεύονται για να σχηματίσουν την πυλαία φλέβα. Το τοίχωμα της πυλαίας φλέβας ενισχύεται από μυϊκές ίνες, οι οποίες συσπώνται ρυθμικά αυξάνοντας την πυλαία πίεση και ωθώντας το αίμα προς το ήπαρ.

Στο ήπαρ, η πυλαία φλέβα αποσχίζεται και τελικά σχηματίζει **αιμοφόρα τριχοειδή**. Όταν το αίμα διέρχεται από το ήπαρ και φτάνει στο πρόσθιο τμήμα του, συλλέγεται από τις ηπατικές φλέβες και μεταφέρεται στην οπίσθια κοίλη φλέβα. Εκεί το αίμα συναντάει το υπόλοιπο αίμα που επιστρέφει από την περιφέρεια για να καταλήξει στον δεξιό κόλπο της καρδιάς.

Ένα άλλο πυλαίο σύστημα του σώματος βρίσκεται στην **υπόφυση**.

## Περιφερική κυκλοφορία

Το περιφερικό κυκλοφορικό σύστημα χαρακτηρίζεται από λειτουργική προσαρμογή προς την κατασκευή του τοιχώματος των διαφόρων αιμοφόρων αγγείων. Συνήθως, τα όργανα και οι ιστοί εφοδιάζονται με τα λεγόμενα νευροαγγειακά δεμάτια, στα οποία, αρτηρίες, φλέβες (συνοδές), λεμφαγγεία και νεύρα πορεύονται σε υπόστρωμα του ερειστικού ιστού. Για προστασία, τα κύρια αγγεία και νεύρα που εφοδιάζουν τα άκρα βρίσκονται πάντα στην επιφάνεια κάμψης της διάρθρωσης.

## Παράπλευρες αρτηρίες, τελικές αρτηρίες και θαυμάσιο δίκτυο

Μέσω σταθερής και συνεχούς διακλάδωσης, παράπλευρες αρτηρίες αποσχίζονται από τις κύριες αρτηρίες και συνεχίζουν να τις συνοδεύουν και τελικά να φθάνουν στα ίδια όργανα. Οι περισσότερες από τις παράπλευρες αρτηρίες συνενώνονται με γειτονικά αγγεία σχηματίζοντας **περιφερικές αναστομώσεις** (βλέπε παρακάτω) και πορεύονται μαζί σε ένα **κοινό δίκτυο αιμοφόρων αγγείων** (arterial network). Όταν απουσιάζει ο διπλός αρτηριακός εφοδιασμός, οι μοναδικές αρτηρίες αναφέρονται ως **τελικές αρτηρίες**.

Η έμφραξη μιας τελικής αρτηρίας έχει ως αποτέλεσμα την ισχαιμία ή τη νέκρωση του ιστού που αρδεύει. Τελικές αρτηρίες απαντώνται συνήθως στον εγκέφαλο, στην καρδιά, στους πνεύμονες, στο ήπαρ, στους νεφρούς, στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού και στο σπλήνα. Όταν μία τελική αρτηρία αυτών των οργάνων δεν μπορεί να αρδεύσει με αίμα τμήματα του ιστού, αυτό έχει ως αποτέλεσμα εγκεφαλική αποπληξία (εγκέφαλος) ή πνευμονική εμβολή (πνεύμονες).

Ιδιαίτερα διαφοροποιημένη αρτηριακή κατασκευή είναι το **θαυμάσιο δίκτυο**. Το θαυμάσιο δίκτυο σχηματίζεται όταν μία αρτηρία διακλαδίζεται σε μία σειρά από παράλληλα αγγεία τα οποία ύστερα από κάποια διαδρομή συγκλίνουν σε μία αρτηρία. Αυτές οι αρτηριακές κατασκευές απαντώνται κυρίως στις αρτηρίες της βάσης

του κρανίου και σε μικρότερη κλίμακα στα αγγειώδη σπειράματα των νεφρών.

Η χρησιμότητα αυτών των κατασκευών δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί πλήρως. Επειδή βρίσκονται σε πολύ στενή σχέση με τις αντίστοιχες φλέβες, πιθανώς παίζουν ρόλο στην προαγωγή της φλεβικής επιστροφής (arteriovenous junctions). Επίσης έχει υποστηριχθεί ότι μειώνουν λίγο τη θερμοκρασία του αίματος που ωθείται στον εγκέφαλο. Μία άλλη υπόθεση είναι ότι μειώνουν τον σφυγμό των αρτηριών στον εγκέφαλο.

## Αναστομώσεις, αρτηριακοί φραγμοί και φλεβικοί σφιγκτήρες

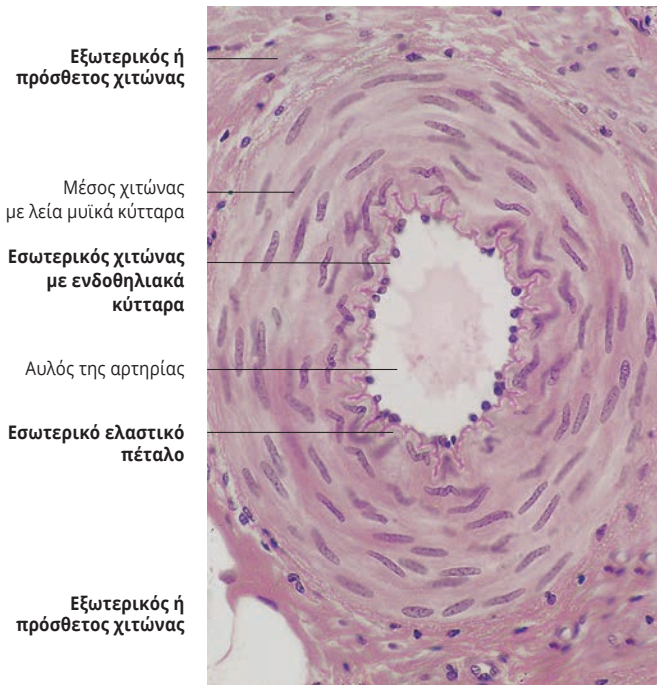
Οι **αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις** σχηματίζονται όταν ένα αγγείο αποσχίζεται από τα αρτηρίδια και πριν φθάσει στα αιμοφόρα τριχοειδή. Αυτό το αγγείο ενώνεται άμεσα με το φλεβίδιο παρακάμπτοντας τα τριχοειδή. Οι **προτριχοειδείς σφιγκτήρες** βρίσκονται στη θέση μετάβασης των αρτηριδίων σε τριχοειδή. Αυτές οι κατασκευές ρυθμίζουν την αιματική ροή προς τα τριχοειδή ελέγχοντας έτσι την περιφερική κυκλοφορία στα όργανα (π.χ. δέρμα, έντερο, ρινικός βλεννογόμος). Οι αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις ρυθμίζουν την θερμοκρασία στα διάφορα όργανα. Οι **αρτηριακοί φραγμοί** συσπώνται για να διακόψουν προσωρινά την αιματική ροή στα τριχοειδή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη αιματική ροή στα γειτονικά τριχοειδή. Οι φλέβες επίσης διαθέτουν **σφιγκτήρες** ικανούς να ρυθμίζουν την ποσότητα της αιματικής ροής διαμέσου των τριχοειδών που βρίσκονται μετά από αυτές. Αυτές οι κατασκευές απαντώνται κυρίως στις φλέβες των οργάνων του γεννητικού συστήματος.

## Αγγεία (Vessels)

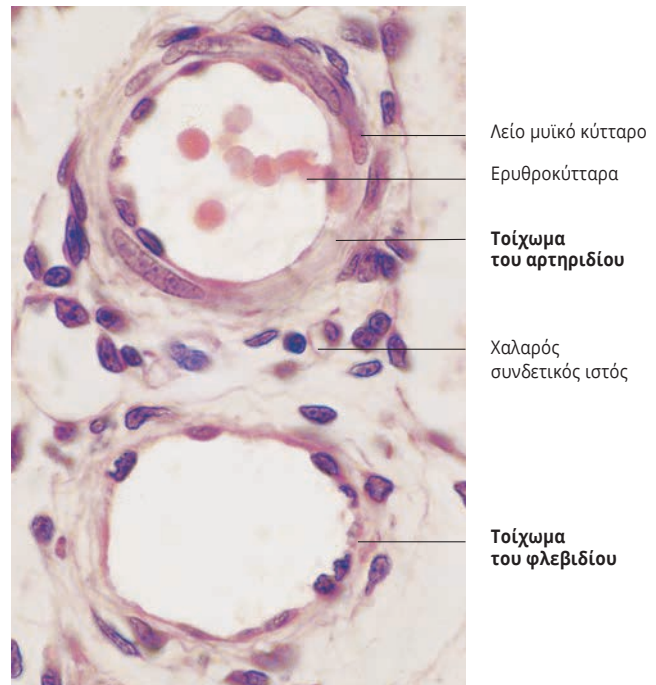
Η πλήρης κατανόηση της αγγειολογίας μπορεί να επιτευχθεί με την γνώση της δομής, λειτουργίας και κλινικής σημασίας των διάφορων αιμοφόρων αγγείων. Για τον φοιτητή και τον κλινικό κτηνίατρο, μία βασική κατανόηση των αιμοφόρων αγγείων, όπως επίσης μία γενική γνώση της τοπογραφίας, είναι περισσότερο σημαντική από μία συγκριτική και λεπτομερή γνώση του καθενός αιμοφόρου αγγείου και των μικρότερων κλάδων του. Η ακριβής τοπογραφία του καθενός αγγείου μέχρι την πιο μικρή λεπτομέρεια έχει μόνο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον και έχει αναλυτικά περιγραφεί σε πολλά βιβλία ανατομικής. Το παρόν βιβλίο παρέχει στον φοιτητή και στον κλινικό κτηνίατρο τη γνώση “εργασίας” των κλινικά σημαντικών αιμοφόρων αγγείων και τις διαδρομές τους. (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 12.)

## Δομή των αιμοφόρων αγγείων

Τα αιμοφόρα αγγεία συγκροτούν ένα ισχυρά διακλαδωμένο, κλειστό κύκλωμα σωλήνων. Στον άνθρωπο, αν αυτό το σύστημα αναλυθεί σε ένα σωλήνα φτάνει τα 40.000 χιλιόμετρα μήκος. Η δομή των αιμοφόρων αγγείων ακολουθεί ένα ομοιόμορφο σχεδιασμό (Εικ.Ι-46 έως 51). Η δομή παραλλάζει μερικές φορές σε μεγάλο βαθμό



**Εικ. I-46.** Αρτηρία (ιστολογική τομή, χρώση αιματοξυλίνης- εωσίνης).



**Εικ. I-47.** Αρτηρίδιο και φλεβίδιο (ιστολογική τομή, χρώση αιματοξυλίνης-εωσίνης)

ανάλογα με τις κατά τύπους λειτουργικές ανάγκες. Γενικά, στον ζωικό οργανισμό απαντώνται οι ακόλουθοι τύποι αιμοφόρων αγγείων που αναγράφονται σύμφωνα με την κατεύθυνση της αιματικής ροής:

- **αρτηρίες**, μεγάλα αγγεία που μεταφέρουν αίμα μακριά από την καρδιά, χωρίς καμία δυνατότητα ανταλλαγής με τους περιβάλλοντες ιστούς,
- **αρτηρίδια**, μικρότερες αρτηρίες (διάμετρος 20-100μm),
- **τριχοειδή**, με πολύ λεπτά τοιχώματα που συμμετέχουν στην ανταλλαγή με τους περιβάλλοντες ιστούς,
- **φλεβίδια**, μικρές φλέβες και
- **φλέβες**, μεγάλα αγγεία που μεταφέρουν αίμα στην καρδιά.

Ο αυλός των μεγάλων αγγείων επενδύεται με ένα **εσωτερικό χιτώνα**. Ο εσωτερικός χιτώνας αποτελείται από μία μονόστιχη στιβάδα **ενδοθηλιακών κυττάρων** που βρίσκεται πάνω σε μία **υπενδοθηλιακή στιβάδα** ερειστικού ιστού με τον υποκείμενο βασικό υμένα. Αυτός ο χιτώνας είναι υπεύθυνος για την ανταλλαγή μορίων με τους περιβάλλοντες ιστούς, επιτρέπει στο αίμα να εξέλθει του αυλού του αγγείου και προάγει την ταχύτητα ροής του αίματος ή της λέμφου. Ο **μέσος χιτώνας** αποτελείται κυρίως από λεία μυϊκά κύτταρα και ελαστικές ίνες. Αυτός ο χιτώνας συσπά το τοίχωμα του αγγείου, καθορίζοντας την αιμοδυναμική. Ο **εξωτερικός χιτώνας** αποτελείται κυρίως από χαλαρό συνδετικό ιστό, ο οποίος σταθεροποιεί τα αγγεία στον περιβάλλοντα ιστό. Η αυτόνομη ή φυτική νεύρωση των αγγείων απαντάται επίσης σε αυτή

τη στιβάδα, όπως επίσης και στα αγγεία (vasa vasorum) τα οποία τροφοδοτούν με θρεπτικά συστατικά τα μεγάλα αγγεία. ( Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την δομή των αγγείων βλέπε βιβλία Ιστολογίας.)

### Αρτηρίες (arteries)

Οι αρτηρίες και τα αρτηρίδια μεταφέρουν αίμα από την καρδιά προς την περιφέρεια και όλα τα όργανα. Υπάρχουν δύο τύποι αρτηριών: ο **ελαστικός** και ο **μυώδης** τύπος (εικ. I-46 έως 48). Ο μέσος χιτώνας της αορτής και των αρτηριών πλησίον της καρδιάς περιέχει κυρίως **ελαστικές ίνες**. Αυτές οι ελαστικές ίνες είναι υπεύθυνες για την **χαρακτηριστική διεύρυνση** των αγγείων κατά τη διάρκεια της **συστολής**. Οι αρτηρίες μπορούν να ρυθμίζουν τη διατομή τους με τη σύσπαση της μυϊκής στιβάδας, η οποία οδηγεί το αίμα μακρύτερα στην περιφέρεια. Με τη σύσπαση της αριστερής κοιλίας (**συστολή**), ένα κύμα αίματος προωθείται προς την αορτή και τις αρτηρίες πλησίον της καρδιάς. Η αορτή και οι αρτηρίες διευρύνονται για να υποδεχθούν το αίμα εξαιτίας της ελαστικής φύσης του τοιχώματός τους, απορροφώντας έτσι την ενέργεια του αιματικού κύματος. Όταν η αριστερή κοιλία χαλαρώνει (**διαστολή**), η αορτή και οι αρτηρίες της καρδιάς παθητικά επανέρχονται στην προηγούμενη διάμετρό τους, ωθώντας το αίμα μακρύτερα. Η απορροφηθείσα ενέργεια από τα ελαστικά τοιχώματα του αγγείου μεταφέρεται στο αίμα που ρέει. Η αορτή και οι αρτηρίες μετατρέπουν στην πράξη την ασυνεχή δραστηριότητα της αντλίας της καρδιάς σε συνεχή αιματική ροή προς το σώμα. Παραδείγματα ελαστικού τύπου αρτηριών είναι, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αορτή, το αορτικό τόξο, η βραχιονοκεφαλική αρτηρία, και οι πνευμονικές αρτηρίες.

Δίκτυο ελαστικών ινών στο τοίχωμα αρτηρίας κοντά στον αυλό του αγγείου



Δίκτυο ελαστικών ινών στο μέσο χιτώνα μιας αρτηρίας

**Εικ. I-48.** Τοίχωμα αρτηρίας με ελαστικές ίνες (ιστολογική τομή, χρώση von Gieson).

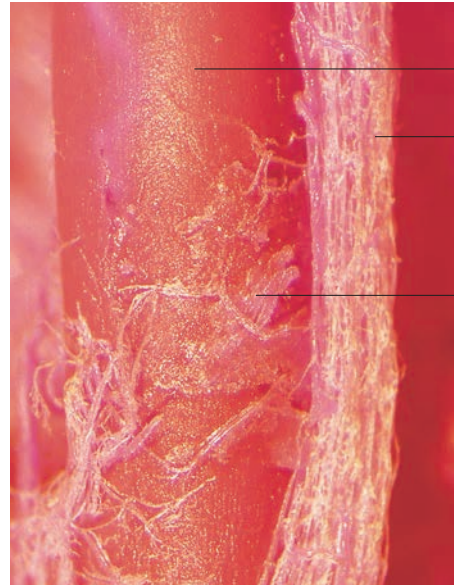
Αρτηρίες που βρίσκονται μακριά από την καρδιά έχουν **λεία μυϊκά κύτταρα** στον μέσο χιτώνα και είναι αρτηρίες **μυώδους τύπου** (Εικ. I-48). Αυτές οι περιφερικές αρτηρίες, μαζί με τα αρτηρίδια, μπορούν να τροποποιήσουν τη διάμετρο του αυλού τους, ρυθμίζοντας κατά αυτό τον τρόπο την πίεση του αίματος και την αιματική ροή. Ο **μέσος χιτώνας** ενισχύεται από τα λεία μυϊκά κύτταρα, τα οποία μερικές φορές ενισχύονται από ελαστικές ίνες. Ο **έξω χιτώνας** αποτελείται από ερειστικό ιστό και ελαστικές ίνες. Αυτός ο χιτώνας σταθεροποιεί τα αιμοφόρα αγγεία στους περιβάλλοντες ιστούς.

### Αγγεία και νεύρα των αιμοφόρων αγγείων

Τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων τροφοδοτούνται μερικώς με θρεπτικά συστατικά τα οποία διαχέονται από το ρέον αίμα (δια-ενδοθηλιακά). Ο παχύς μέσος χιτώνας των μεγάλων αγγείων αποκλείει την δια-ενδοθηλιακή διάχυση. Τα μεγαλύτερα αγγεία απαιτούν τη δική τους τροφοδοσία, η οποία επιτυγχάνεται με μικρά αιμοφόρα αγγεία τα οποία σχηματίζουν δίκτυα τριχοειδών στο αγγειακό τοίχωμα.

Στο τοίχωμα των αιμοφόρων αγγείων αφθονούν **φυτικές νευρικές ίνες**. Αυτές οι ίνες μεταβιβάζουν την εντολή στα λεία μυϊκά κύτταρα να συσπαστούν (**αγγειοσύσπασση, αδρενεργική δράση**) ή να χαλαρώσουν (**αγγειοχάλαση, χολινεργική δράση**). Σε συγκεκριμένα σημεία του αγγείου απαντώνται οι πιεσοϋποδοχείς. Πρόκειται για ειδικές νευρικές κατασκευές που μετρούν την πίεση στο τοίχωμα του αγγείου (π.χ. στον καρωτιδικό κόλπο). Τέτοιοι αισθητήρες έχουν **ρυθμιστική λειτουργία στην πίεση του αίματος**.

Στις γάτες, η πίεση του αίματος μετριέται στην περιοχή του βραχίονα, και στους σκύλους στην περιοχή του



Κοινή καρωτίδα

Νευρικές ίνες του πλανητικο-συμπαθητικού κλώνου

Δίκτυο αιμοφόρων αγγείων στον εξωτερικό χιτώνα του τοιχώματος της κοινής καρωτίδας

**Εικ. I-49.** Κοινή καρωτίδα αρτηρία με το δίκτυο των αιμοφόρων αγγείων και νευρικών ινών (έγχυση πολυμερούς ουσίας και τεχνητή πέψη).

αντιβραχίου ή πάνω από τον τارسό. Στους σκύλους επίσης η πίεση μπορεί να μετρηθεί στη βάση της ουράς.

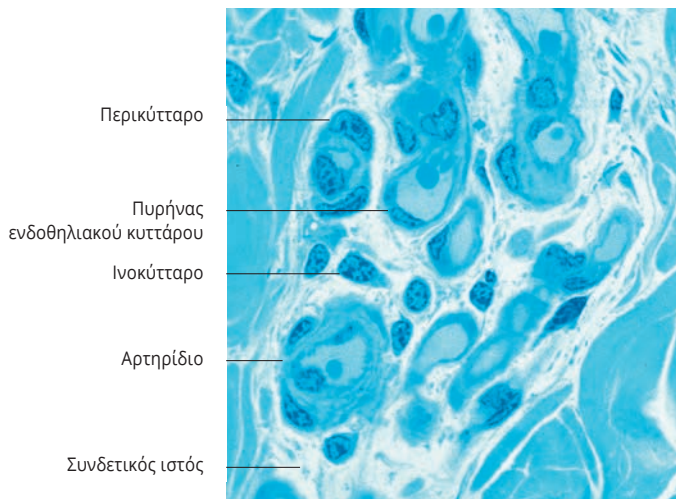
### Αρτηρίδια (arterioles)

Τα αρτηρίδια παίζουν σημαντικό ρόλο όχι μόνο στη ρύθμιση της **αρτηριακής πίεσης** αλλά και στην **ταχύτητα της αιματικής ροής** στην περιφέρεια. Σε σύγκριση με τις αρτηρίες, τα αρτηρίδια έχουν ένα πολύ λεπτότερο μυϊκό χιτώνα και μικρότερη διάμετρο αυλού. Οι προτριχοειδείς σφιγκτήρες, τα **μεταρτηρίδια**, είναι επίσης σημαντικά στη **ρύθμιση της πίεσης του αίματος**. (Εικ. I-47). Με τη σύσπασση του μυϊκού δακτυλίου, ο αυλός του αρτηριδίου μπορεί ολοκληρωτικά να αποφραχθεί. Αυτοί οι σφιγκτήρες συνήθως απαντώνται στα σημεία μετάπτωσης των αρτηριδίων σε τριχοειδή, με αποτέλεσμα την μείωση της αιματικής ροής στα τριχοειδή. Οι **αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις** απαντώνται στην προτριχοειδή περιοχή προκειμένου να εμποδίσουν τη μεταφορά αίματος στην περιοχή των τριχοειδών, για να αποφευχθεί, για παράδειγμα, η αποδόμηση ενός μεταβολικού προϊόντος.

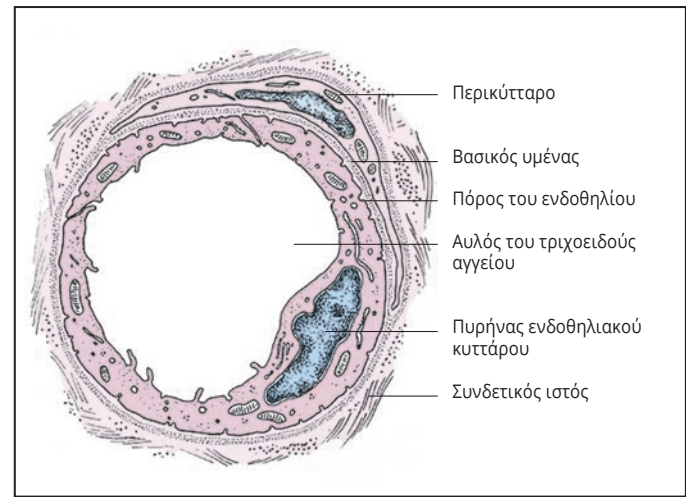
### Αιμοφόρα τριχοειδή (blood capillaries)

Τα τριχοειδή είναι υπεύθυνα για την **ανταλλαγή αερίων και μορίων** ανάμεσα στο αίμα και τους ιστούς. Για να γίνει αυτό, η ταχύτητα αιματικής ροής μειώνεται από 400-900mm/sec στην αορτή σε περίπου 0.3mm/sec στα τριχοειδή. Επίσης, η **πίεση του αίματος** μειώνεται σε μεγάλο βαθμό στα τριχοειδή. Ένα τριχοειδές έχει διάμετρο περίπου 5-15μm. Τα τριχοειδή προκύπτουν από τις **συνεχείς διακλαδώσεις των αρτηριδίων** και σχηματίζουν τρισδιάστατα δίκτυα πριν την μετάπτωση τους σε φλεβίδια. Μερικές ανατομικές κατασκευές δεν περιέχουν τρι-





**Εικ. I-50.** Τριχοειδή αγγεία με τον περιβάλλοντα συνδετικό ιστό (ιστολογική τομή, χρώση κυανού του μεθυλενίου).



**Εικ. I-51.** Σχηματική απεικόνιση της λεπτής υφής ενός τριχοειδούς αγγείου· Liebich, 2004.

χοειδή, όπως ο κερατοειδής χιτώνας, ο κρυσταλλοειδής φακός, ο χονδρικός ιστός και η οδοντίνη ουσία.

Το **τοιχώμα των τριχοειδών** αποτελείται από δύο στιβάδες, μία **ενδοθηλιακή στιβάδα** η οποία επενδύει τον αυλό και μία εξωτερική, τον **βασικό υμένα** (Εικ. I-50 και 51). Το ενδοθήλιο είναι συνήθως συνεχές, όμως, σε κάποια τριχοειδή διαθέτει πόρους ανάμεσα στα κύτταρα. Ομοίως, πόροι συναντώνται μερικές φορές και στον βασικό υμένα.

Τα **κολπώδη τριχοειδή** (sinusoid capillaries) απαντώνται στο ήπαρ, στον ερυθρό μυελό των οστών και στον σπλήνα. Αυτά τα τριχοειδή χαρακτηρίζονται από μεγάλη διάμετρο (περίπου 40μm) του αυλού τους, από μεσοκυττάρια πόρους και από ασυνεχή βασικό υμένα. Τα κύτταρα του τοιχώματος του τριχοειδούς έχουν την ικανότητα φαγοκυττάρωσης. Τα τριχοειδή διαθέτουν δομικά χαρακτηριστικά τα οποία ταιριάζουν με τα όργανα τα οποία εφοδιάζουν. Τα όργανα και οι ιστοί μπορεί να διαφέρουν στον αριθμό των τριχοειδών ή στην έκταση της αγγείωσης ή στο ρυθμό της αιματικής ροής. Για παράδειγμα, το μυοκάρδιο και ο εγκέφαλος εξαρτώνται σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό από το οξυγόνο και για αυτό το λόγο διαθέτουν πολύ εκτεταμένη αγγείωση. Από την άλλη πλευρά, ο χονδρικός ιστός ή κερατοειδής χιτώνας δεν διαθέτουν αγγείωση.

Τα τριχοειδή είναι βιολογικά σημαντικά για την μεταφορά του αίματος και τον φραγμό σε ξένες ουσίες, για παράδειγμα, στους πνεύμονες, στους νεφρούς και στον εγκέφαλο (αιματο-εγκεφαλικός φραγμός). Παίζουν ρόλο στη διήθηση και στην επαναρρόφηση, ή μπορεί να δημιουργήσουν μία στιβάδα αποτροπής θρόμβου. Οι ιστοί οι οποίοι αιματώνονται από αρτηρίες με αναστομώσεις δεν κινδυνεύουν από την απόφραξη μιας αρτηρίας. Οι ιστοί οι οποίοι αιματώνονται από ένα τελικό κλάδο αρτηρίας νεκρώνονται σε περίπτωση απόφραξης. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως **έμφραγμα**. Η πυκνότητα των τριχοειδών είναι πολύ υψηλή σε μερικά όργανα

όπως το μυοκάρδιο, τη φαιή ουσία του κεντρικού νευρικού συστήματος και τους ενδοκρινείς αδένες. Σε άλλα όργανα, η πυκνότητα των τριχοειδών εξαρτάται από τη δραστηριότητά τους. Για παράδειγμα, στις ωοθήκες, τα τριχοειδή αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια δραστήριων φάσεων και υποπλάσσονται κατά τη διάρκεια ανενεργών φάσεων.

### Φλεβίδια (venules)

Τα φλεβίδια είναι οι μικρότερες φλέβες και διαφέρουν από τις μεγάλες επειδή έχουν πολύ μικρό αυλό, λεπτότερο τοίχωμα και όχι ελαστικές ίνες (Εικ. I-47). Τα φλεβίδια ενώνουν τα τριχοειδή με τις φλέβες και μπορεί να ταξινομηθούν σε τρεις τύπους. Τα **μετατριχοειδή φλεβίδια** είναι όμοια με τα τριχοειδή και διαθέτουν πόρους στο τοίχωμά τους. Αυτοί οι πόροι επιτρέπουν στα κύτταρα του αίματος να μετακινηθούν προς τους ιστούς (**διαπίδυση**). Στη συνέχεια υπάρχουν οι φλέβες συλλογής, και ακολούθως οι μυώδεις φλέβες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ένα μυϊκό χιτώνα που φθάνει τα 100μm σε πάχος. Ένας **φλεβώδης κόλπος** είναι ένα **μετατριχοειδές αγγείο** που απαντάται, για παράδειγμα, στο σπλήνα.

### Φλέβες (veins)

Από τα τριχοειδή, το αίμα επιστρέφει στην καρδιά αρχικά διαμέσου των μετατριχοειδών φλεβιδίων, στη συνέχεια διαμέσου των μικρών φλεβών και τέλος διαμέσου των μεγάλων φλεβών. Μετά τη δίοδο του αίματος διαμέσου των τριχοειδών, η πίεση του αίματος στις φλέβες φτάνει περίπου το ένα/όγδοο της πίεσης που μετράται στις προτριχοειδείς αρτηρίες. Αυτή η δραματική πτώση της πίεσης είναι αποτέλεσμα της μέγιστης αύξησης της συνολικής επιφάνειας τα εγκάρσιας τομής των τριχοειδών και της παρουσίας ειδικών **φλεβικών κατασκευών**. Αυτές οι κατασκευές (φλεβώδεις κόλποι) απαντώνται κυρίως στο

ήπαρ και το σπλήνα και μαζί μπορούν να αποθηκεύσουν μέχρι τρεις φορές περισσότερο αίμα από αυτό το οποίο βρίσκεται ανά πάσα στιγμή σε ολόκληρο το αρτηριακό σύστημα. Οι δομικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις αρτηρίες και τις φλέβες αντανακλούν μία προσαρμογή των αγγείων στην πίεση του αίματος: οι φλέβες έχουν πολύ μεγαλύτερη διάμετρο σε σχέση με τις αρτηρίες και τα τοιχώματά τους είναι πολύ λεπτότερα.

### Αρχιτεκτονική των φλεβών

Οι φλέβες μοιάζουν κατασκευαστικά με τις αρτηρίες εκτός του ότι ο μέσος χιτώνας είναι λεπτότερος, εξαιτίας της **χαμηλής πίεσης στο φλεβικό σύστημα**. Συνήθως, ο εξωτερικός χιτώνας του αγγείου είναι ο παχύτερος. Δίκτυα κολλαγόνων ινών απαντώνται στο τοίχωμα των φλεβών. Αυτά τα δίκτυα σταθεροποιούν τα αγγεία στους περιβάλλοντες ιστούς και ενισχύουν το τοίχωμά τους αποτρέποντας τη σύμπτυξή τους. Στα άκρα, κάθε αρτηρία τοποθετείται σε μία πτυχή ερειστικού ιστού και συνήθως συνοδεύεται από δύο φλέβες. Ο σφυγμός της αρτηρίας, μαζί με τη σύσπασση των μυών, βοηθάει στην ροή του φλεβικού αίματος προς την καρδιά (βλέπε παρακάτω). Οι άπω φλέβες των άκρων διαθέτουν πολύ παχύτερο μέσο χιτώνα σε σχέση με την υδροστατική πίεση.

### Φλεβική επιστροφή του αίματος

Ειδικοί μηχανισμοί άντλησης είναι απαραίτητοι για να μεταφέρουν φλεβικό αίμα για μεγάλες αποστάσεις πίσω στην καρδιά.

### Οι βαλβίδες των φλεβών

Ο εσωτερικός χιτώνας σχηματίζει **βαλβίδες** προκειμένου να αποτραπεί η παλινδρόμηση του αίματος προς τα τριχοειδή όταν η κυκλοφορία επιβραδύνεται. Οι βαλβίδες τοποθετούνται παράλληλα προς το εσωτερικό τοίχωμα όταν το αίμα ρέει προς την καρδιά. Όταν το αίμα παλινδρομεί, οι βαλβίδες προβάλλουν μέσα στον αυλό, κλείνοντας έτσι το αγγείο. Οι βαλβίδες είναι διπλής όψεως ενδοθηλιακές προεκτάσεις του εσωτερικού χιτώνα και συνήθως απαντώνται σε ομάδες των δύο ή τριών. Ο ρόλος τους είναι να εξασφαλίζουν την μονόδρομη αιματική ροή.

Οι φλέβες του κρανίου και οι φλέβες του σπονδυλικού σωλήνα **δεν διαθέτουν βαλβίδες**. Το αίμα ρέει στους **φλεβώδεις κόλπους της σκληρής μήνιγγας**, οι οποίοι δεν είναι ανεξάρτητα αγγεία αλλά μάλλον κενοί χώροι που επενδύονται από ενδοθηλιακά κύτταρα.

### Μυϊκές αντλίες

Τα τοιχώματα των φλεβών διαθέτουν λίγες μυϊκές ίνες, και η πίεση του φλεβικού συστήματος είναι πολύ χαμηλή. Για αυτούς τους λόγους, οι φλέβες χρειάζονται πίεση από τους περιβάλλοντες ιστούς για να τις βοηθήσουν προκειμένου να επιστραφεί το αίμα πίσω στην καρδιά. Η έλλειψη πίεσης στις φλέβες αναπληρώνεται από τις συσπάσεις των γειτονικών μυών. Ο όρος **μυϊκή αντλία** συνοψίζει τη λειτουργία των σκελετικών μυών και τη συμβολή τους στην φλεβική αιματική ροή. Κατά τη διάρκεια της μυϊκής σύσπασης, οι φλέβες μέσα και γύρω από τους

μύες πιέζονται και ο αυλός τους συμπύσσεται. Όταν οι μύες χαλαρώνουν, οι φλέβες ανοίγουν ξανά δημιουργώντας ένα κενό, και αίμα από την περιφέρεια αντλείται με κατεύθυνση την καρδιά. Οι βαλβίδες αποτρέπουν την παλινδρόμηση του αίματος. Κάθε κίνηση του σώματος επηρεάζει την επιστροφή του φλεβικού αίματος στην καρδιά. Με κάθε βήμα, τα τελικά αγγεία των δακτύλων υφίστανται αυτή τη λειτουργική διαδικασία. Διαμέσου των σφυγμών, οι αρτηρίες των άκρων επίσης πιέζουν τις γειτονικές φλέβες. Τέλος, η καρδιά ενεργεί ως **καταθλιπτική αντλία**.

### Σύσταση του φλεβικού αίματος

Η σύσταση του φλεβικού αίματος εξαρτάται από την **περιοχή εκκίνησης της φλέβας**. Φλεβικό αίμα από το έντερο μεταφέρει ενεργειακά πλούσια μόρια, λευκοκύτταρα από τον σπλήνα, και ορμόνες από τους ενδοκρινείς αδένες. Το αίμα που επιστρέφει από τους νεφρούς μεταφέρει πολύ λίγα μεταβολικά προϊόντα. Οι φλέβες μεταφέρουν ορμόνες των ιστών, όπως προσταγλαδίνες, οι οποίες στο θηλυκό ζώο παράγονται στη μήτρα. Στην αγελάδα, οι προσταγλαδίνες μεταφέρονται στις ωοθήκες διαμέσου των τοιχωμάτων τους με αρτηριοφλεβική αναστόμωση ανάμεσα στην φλέβα που αποχετεύει την μήτρα και την αρτηρία που αρδεύει τις ωοθήκες. Έτσι, οι προσταγλαδίνες φθάνουν με τον συντομότερο και γρηγορότερο τρόπο στις ωοθήκες, όπου προάγουν την εκφύλιση του ωχρού σωματίου. Οι φλέβες των μυών και του ήπατος μεταφέρουν αίμα που έχει θερμανθεί, συνεισφέροντας κατά αυτό τον τρόπο στην διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος.

### Ονοματολογία των φλεβών

Οι φλέβες συνήθως δανείζονται τα ονόματα των αρτηριών τις οποίες συνοδεύουν. Ανάδρομα (ενάντια στην κατεύθυνση της αιματικής ροής) ονόματα συναντώνται στην παλαιότερη βιβλιογραφία και τείνουν να εγκαταλειφθούν. Οι φλέβες έχουν περιοχές εκκίνησης, συγκλίνουν για να σχηματίσουν μεγαλύτερες φλέβες και τελικά εκβάλλουν στον δεξιό κόλπο της καρδιάς. Η ανάδρομη περιγραφή των φλεβών καθιστά αδύνατη την ακριβή κατανόηση των λειτουργιών της αιματικής ροής, των αρτηριοφλεβικών αναστομάσεων, του προσανατολισμού των βαλβίδων και το αποτέλεσμα μιας ενδοφλέβιας έγχυσης.

Άλλα όργανα όπως το ήπαρ και η υπόφυση τροφοδοτούνται όχι μόνο από αρτηρίες αλλά και από φλέβες. Επομένως οι φλέβες συνεισφέρουν στην τροφοδοσία ολόκληρου του οργανισμού, όπως οι αρτηρίες. Αυτό το γεγονός δεν μνημονεύεται σε πολλά βιβλία ανατομικής.

## Λεμφικό Σύστημα (lymphatic system)

Ένα δεύτερο αγγειακό σύστημα υπάρχει στο σώμα, το οποίο ονομάζεται λεμφικό σύστημα επειδή τα αγγεία του μεταφέρουν λέμφο αντί για αίμα. Τα **λεμφοαγγεία** είναι υπεύθυνα για την ακεραιότητα του σώματος. Το λεμφικό σύστημα λειτουργεί στα πλαίσια των **μη ειδικών και ειδικών ανοσιακών συστημάτων** (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 13).

## Λεμφικά όργανα

Τα λεμφικά όργανα είναι υπεύθυνα για πολλές λειτουργίες, οι περισσότερες από τις οποίες εκτελούνται από κύτταρα του λεμφικού συστήματος. Υπάρχουν δύο κατηγορίες κυττάρων: τα ειδικά ανοσιακά και τα μη ειδικά ανοσιακά κύτταρα.

Τα **λεμφοκύτταρα (T και B λεμφοκύτταρα)** είναι τα πιο σημαντικά λειτουργικά κύτταρα. Παράγονται στον μυελό των οστών και στα λεμφικά όργανα και με την λέμφο μεταφέρονται διαμέσου των λεμφαγγείων στο αίμα. Τα λεμφοκύτταρα διαθέτουν υποδοχείς επιφανείας που τα καθιστά ικανά να αναγνωρίζουν ξένους παράγοντες (αντιγόνα) στο σώμα και, πυροδοτώντας μία **ειδική αλυσιδωτή αντίδραση** να προκαλούν μία **ανοσιακή απάντηση**. Τα μακροφάγα υποστηρίζουν την ανοσιακή απάντηση αλλά είναι μη ειδικά κύτταρα στη λειτουργία τους. Διαθέτουν την ικανότητα να ενσωματώνουν (φαγοκυτταρώνουν) αντιγόνα, να τα διασπούν (αντίδραση ιστοσυμβατότητας) και να παρουσιάζουν τα αντιγόνα (αντιγονοπαρουσίαση) στην κυτταρική επιφάνειά τους. (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε βιβλία Φυσιολογίας και Ανοσολογίας).

Τα μη ειδικά ανοσιακά κύτταρα ανήκουν στο εκτεταμένο σύστημα μονοπύρηνων φαγοκυττάρων το οποίο στο παρελθόν ονομαζόταν δικτυοενδοθηλιακό σύστημα. Σε αυτό το σύστημα περιλαμβάνονται τα μακροφάγα των ιστών, τα ενδοθηλιακά κύτταρα του ήπατος, τα κοιλώδη τριχοειδή του σπλήνα και του μυελού των οστών, τα κυνελιδικά μακροφάγα του πνεύμονα, τα κύτταρα Langherhans στο δέρμα και τα μικρονευρογλοιακά κύτταρα.

Ο λεμφικός ιστός απαντάται στο σώμα ως:

- μεμονωμένα κύτταρα (διάχυτος λεμφικός ιστός, λεμφοζίδια),
- συσσωρεύσεις κυττάρων (αμυγδαλές) ή
- σύνθετα όργανα (θύμος αδένας, λεμφογάγγλια και σπλήνας).

Συλλογές **λεμφοζιδίων** απαντώνται για παράδειγμα στο εντερικό τοίχωμα ως λεμφικός ιστός του εντέρου (gut associated lymphatic tissue GALT). Παρόμοιες συλλογές απαντώνται στους πνεύμονες ως λεμφικός ιστός των βρόγχων (bronchus associated lymphatic tissue BALT). Γενικά, συλλογές λεμφοζιδίων που απαντώνται στον βλεννογόνο αναφέρονται ως λεμφικός ιστός του βλεννογόνου (mucous associated lymphatic tissue MALT).

Ο **θύμος** αδένας αποτελείται από πρωτοταγή λεμφικό ιστό απαραίτητο για την ανάπτυξη της κυτταρικής ανοσίας. Το όργανο αυτό συντονίζει την ενεργητική ανοσία και την ανάπτυξη των δευτεροταγών λεμφικών οργάνων (λεμφογάγγλια, αμυγδαλές) κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.

## Λειτουργίες του λεμφικού συστήματος

Το λεμφικό σύστημα μεταφέρει στα τοπικά λεμφογάγγλια ουσίες οι οποίες χρειάζονται φιλτράρισμα πριν να εισέλθουν την αιματική κυκλοφορία. Ανάμεσα σε αυτές

τις ουσίες είναι σωματίδια, ειδικά σκόνη (πνεύμονες) και βακτήρια (δέρμα, εντερικό σύστημα, αναπνευστικό σύστημα). Η λέμφος επίσης μεταφέρει λίπος το οποίο απορροφήθηκε από το έντερο. Σε όλες τις περιπτώσεις η λέμφος λειτουργεί ως μεταφορέας.

Η **λέμφος** αποτελείται κυρίως από **προτεΐνες** και η σύνθεση της είναι παρόμοια με αυτή του πλάσματος του αίματος. Επίσης παρόντα στη λέμφο είναι τα **λεμφοκύτταρα** τα οποία συλλέγονται από τα λεμφογάγγλια. Η λέμφος η οποία προέρχεται από το έντερο έχει μία γαλακτώδη χροιά εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος (**χυλός**). Μεγάλης λειτουργικής σημασίας είναι το γεγονός ότι κάποια από τα σωματικά υγρά δεν μπορούν να μεταφερθούν από τα αιμοφόρα αγγεία και απομακρύνονται με το αποχετευτικό σύστημα των λεμφαγγείων. Αυτό το αποχετευτικό σύστημα είναι πολύ ευέλικτο και είναι ικανό να αυξάνει γρήγορα την ποσότητα του μεταφερόμενου σωματικού υγρού έως 10 φορές. Απόφραξη αυτού του αποχετευτικού συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε λεμφοίδημα.

## Αρχιτεκτονική των λεμφαγγείων

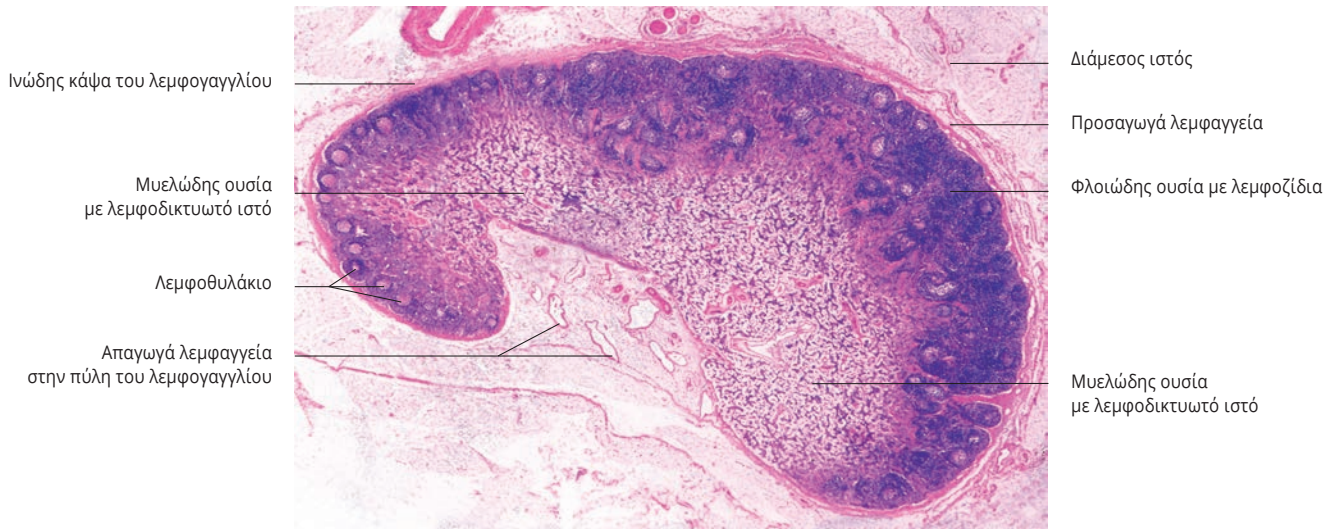
Τα λεμφαγγεία αρχίζουν στην περιφέρεια του σώματος σαν ένα σύστημα τυφλών σωλήνων το οποίο ανοίγεται στην φλεβική κυκλοφορία.

Διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι λεμφαγγείων:

- λεμφοφόρα τριχοειδή,
- λεμφαγγεία,
- μεταφορικά αγγεία,
- κεντρικά λεμφικά στελέχη και
- λεμφικοί πόροι.

Τα **λεμφοφόρα τριχοειδή** είναι δομικά παρόμοια με τα αιμοφόρα τριχοειδή. Όμως, το τοίχωμα των λεμφοφόρων τριχοειδών είναι πιο λεπτό και δεν διαθέτει βαλβίδες. Κοντά στα αιμοφόρα τριχοειδή, τα λεμφοφόρα τριχοειδή σχηματίζουν **αγγειακά δίκτυα** στους περισσότερους ιστούς του σώματος. Τα λεμφοφόρα τριχοειδή συγκλίνουν για να σχηματίσουν τα **λεμφαγγεία** τα οποία συλλέγουν τη λέμφο από τα δίκτυα. Τα λεμφαγγεία διαθέτουν βαλβίδες και λεπτά τοιχώματα και σχηματίζουν με τη σειρά τους λεμφικά δίκτυα.

Τα **μεταφορικά** αγγεία είναι ικανά να συσπώνται εξαιτίας της παρουσίας του μέσου μυϊκού χιτώνα. Η σύσπασση επισυμβαίνει στα τμήματα του τοιχώματος του αγγείου που βρίσκονται ανάμεσα στις βαλβίδες, μεταφέροντας τη λέμφο κεντρικά. Τα μεταφορικά αγγεία πορεύονται παράλληλα με τις φλέβες και μεταφέρουν τη λέμφο στο πλησιέστερο **επιχώριο λεμφογάγγλιο** και για αυτό ονομάζονται **προσαγωγά** λεμφαγγεία (Εικ.Ι-52). Η λέμφος εισέρχεται στην φλοιώδη ουσία του λεμφογαγγλίου διαμέσου των προσαγωγών λεμφαγγείων, διαπερνά το λεμφογάγγλιο και εξέρχεται από την πύλη του λεμφογαγγλίου με το **απαγωγό** λεμφαγγείο. Μία εξαίρεση αυτής της πορείας της λέμφου αναφέρεται στο χοίρο όπου τα προσαγωγά λεμφαγγεία εισέρχονται από την πύλη και τα απαγωγά λεμφαγγεία εξέρχονται από



Εικ. I-52. Λεμφογάγγλιο προβάτου (οβελιαία τομή)

την φλοιώδη μοίρα. Συνήθως ένα δεύτερο λεμφογάγγλιο βρίσκεται πολύ κοντά στο πρώτο προκειμένου να παρέχει πρόσθετη διήθηση και συλλογή της λέμφου από πολυάριθμα λεμφαγγεία. Τα λεμφογάγγλια που διηθούν τη λέμφο μιας περιοχής σχηματίζουν **λεμφικά κέντρα**. Τα **λεμφικά στελέχη** συλλέγουν τη λέμφο από τα λεμφικά κέντρα της κοιλιακής κοιλότητας και του θώρακα. Η λέμφο από την περιοχή της κοιλιακής κοιλότητας αρχικά ρέει στην **χυλοφόρα δεξαμενή** (chyle cistern) και τελικά στον **θωρακικό πόρο**.

Ο **θωρακικός πόρος** (thoracic duct) διέρχεται από το διάφραγμα μαζί με την αορτή και συνεχίζει ραχιαία διαμέσου της θωρακικής κοιλότητας για να καταλήξει στο φλεβικό σύστημα, στην συμβολή της εσω σφαγιτίδας και της αριστερής υποκλειδιάς φλέβας. Η αποχέτευση της λέμφου από την κεφαλή και τον τράχηλο γίνεται με δύο κλάδους του **τραχειακού στελέχους** οι οποίοι ενώνονται και εκβάλλουν στην ίδια θέση με τον θωρακικό πόρο. Λεμφαγγεία δεν απαντώνται στον επιθηλιακό ιστό, στον οδοντικό πολφό, στα οστά, στους χόνδρους και στον πλακούντα.

## Γενική ανατομική του νευρικού συστήματος (nervous system)

Το νευρικό σύστημα, μαζί με το ενδοκρινικό, το ανοσιακό και τα αισθητήρια όργανα, είναι υπεύθυνο να λαμβάνει διάφορα ερεθίσματα και να συντονίζει τις αντιδράσεις του οργανισμού απέναντι σε αυτά. Το νευρικό σύστημα δέχεται ερεθίσματα τα οποία επιδρούν τόσο στην επιφάνεια του σώματος όσο και στο εσωτερικό του. Τα ερεθίσματα προκαλούν ώσεις που καταγράφονται, μεταδίδονται, επεξεργάζονται και αντιμετωπίζονται παθητικά ή ενεργητικά. Έτσι το νευρικό σύστημα δίνει τη δυνατότητα στο σώμα να αλληλεπιδρά, να προσαρμόζεται και να απαντάει στο περιβάλλον.

Σε απλούς οργανισμούς, αυτή η λειτουργία πραγματοποιείται εξ'ολοκλήρου από αισθητικά κύτταρα. Αυτά τα κύτταρα διεγείρονται από το περιβάλλον και στέλνουν τις απαντητικές ώσεις με μία αποφυάδα τους σε ένα μυϊκό ή αδενικό κύτταρο. Αισθητικά κύτταρα με αποφυάδες υπεύθυνες μόνο για την μετάδοση της ώσης μπορεί να βρεθούν και στα κατοικίδια θηλαστικά, για παράδειγμα στο οσφρητικό επιθήλιο. Στο υπόλοιπο σώμα, **νευρώνες**, περιστοιχιζόμενοι από **νευρογλοιακά κύτταρα**, μεταδίδουν την ώση, μερικές φορές σε μεγάλη απόσταση, από τα **αισθητικά κύτταρα (υποδοκτικά κύτταρα)** σε ένα **όργανο απάντησης** (π.χ. μυϊκό ή αδενικό κύτταρο).

Ένα **δίκτυο νευρών** συνδέει όλα τα όργανα του σώματος. Αυτό το δίκτυο αποτελείται από νευρικό ιστό ο οποίος μπορεί να ταξινομηθεί σύμφωνα με τη λειτουργία του ή τη μορφολογία του. Αυτή η ταξινόμηση έχει καθαρά διδακτικούς σκοπούς: στην πραγματικότητα, το νευρικό σύστημα συνιστά **μία ενιαία λειτουργική μονάδα**.

Η μορφολογική ταξινόμηση διακρίνει το νευρικό σύστημα με κριτήριο τη θέση του σε **κεντρικό** (central nervous system) και σε **περιφερικό** σύστημα (peripheral nervous system). Το **κεντρικό νευρικό σύστημα** (ΚΝΣ) περιλαμβάνει τον εγκέφαλο (brain) και τον νωτιαίο μυελό (spinal cord). Ο νωτιαίος μυελός συνδέει το ΚΝΣ με τα υπόλοιπα τμήματα του οργανισμού και με το **περιφερικό νευρικό σύστημα** (ΠΝΣ).

Η λειτουργική ταξινόμηση διακρίνει το νευρικό σύστημα σε **σωματικό (εγκεφαλονωτιαίο) νευρικό σύστημα**, το οποίο νευρώνει ανατομικές κατασκευές που υπακούουν στην ενσυνείδητη (εκούσια) βούληση (π.χ. κινητικό σύστημα) και σε **αυτόνομο (φυτικό) νευρικό σύστημα**. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα λειτουργεί ακούσια (απροαίρετα) και παραμένει πέρα από το συνειδητό έλεγχο του οργανισμού. Αυτό το σύστημα νευρώνει τα εσωτερικά όργανα, τα αιμοφόρα αγγεία και τους αδένες. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα αναλαμβάνει τον

έλεγχο και τον συντονισμό των εσωτερικών οργάνων (για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπε κεφάλαιο 14).

## Λειτουργίες του νευρικού συστήματος

Οι λειτουργίες του νευρικού συστήματος ταξινομούνται ως εξής:

### Αισθητικές λειτουργίες:

- **εξωδοκετική αισθητικότητα** (οι εξωϋποδοχείς υποδέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον σχετικά με ακοή, όραση, γεύση, θερμότητα, ψύχος, πίεση, πόνο κ.α.),
- **ιδιοδοκετική αισθητικότητα** (οι ιδιοδοκετικοί υποδοχείς σχετίζονται με τη στάση του σώματος και τη θέση των αρθρώσεων και των μυών),
- **ενδοδοκετική αισθητικότητα** (οι ενδοϋποδοχείς υποδέχονται ερεθίσματα τάσης των κοίλων οργάνων, μεταβολών της πίεσης του αίματος (πιεσοϋποδοχείς) ή μεταβολών του pH του αίματος (χημειοϋποδοχείς), και
- **φυτική (σπλαχνική) αισθητικότητα.**

### Κινητικές λειτουργίες:

- **σωματική κινητικότητα** (κινήσεις του σώματος) και
- **σπλαχνική κινητικότητα** (κινήσεις των εσωτερικών οργάνων).

Με τις **αισθητικές λειτουργίες** το νευρικό σύστημα καταγράφει και αντιδρά σε διάφορα είδη ερεθισμάτων. Οι αισθητικοί υποδοχείς καταγράφουν το εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον. Η **εξωδοκετική αισθητικότητα** αφορά ερεθίσματα από το περιβάλλον τα οποία ανιχνεύονται διαμέσου του δέρματος, του βλεννογόνου ή των αισθητηρίων οργάνων. Πληροφορίες σχετικά με τη στάση και τη θέση του σώματος ανιχνεύονται με την **ιδιοδοκετική αισθητικότητα**. Τα όργανα που είναι υπεύθυνα να λαμβάνουν και να μεταδίδουν τέτοιες πληροφορίες είναι οι υποδοχείς που απαντώνται στους τένοντες και τους μυς. Σε αυτή την περίπτωση, το δεκτικό και το τελεστικό όργανο είναι ταυτόσημα, για παράδειγμα, ο μηχανισμός διάταξης των νευρομυϊκών ατράκτων. Το σύστημα που μεταδίδει ερεθίσματα από τα αιμοφόρα αγγεία ή τα εσωτερικά όργανα προς τα φυτικά κέντρα αναφέρεται ως **φυτική (σπλαχνική) αισθητικότητα**.

Οι **κινητικές λειτουργίες** του νευρικού συστήματος είναι υπεύθυνες για τον συντονισμό των κινήσεων. Η **σωματική κινητικότητα** περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις των γραμμωτών μυών που βρίσκονται κάτω από **ενσυνείδητο έλεγχο** και οι κινήσεις αυτές είναι συνήθως αποτέλεσμα ερεθισμάτων από το περιβάλλον. Αντίθετα, η **σπλαχνική κινητικότητα** περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις των λείων μυών που πραγματοποιούνται **αυτόνομα (υποσυνείδητα)**.

Αυτές οι **λειτουργίες του νευρικού συστήματος** είναι περίπλοκα συνδεδεμένες. Για παράδειγμα, ένα ερέθισμα από το περιβάλλον (εξωδοκετικό ερέθισμα) μεταφράζεται από ένα **αισθητικό υποδοχέα** σε μία νευρική ώση. Αυτή η ώση μεταφέρεται με προσαγωγή αισθητικά νεύρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα και διανέμεται στους κεντρικούς πυρήνες. Το ερέθισμα υφίσταται επεξεργασία και απαντάται με τη μορφή μιας νευρικής ώσης η οποία προωθείται με **απαγωγές κινητικές νευρικές ίνες** προς τους μυς. Η μυϊκή αντίδραση ελέγχεται και ρυθμίζεται διαμέσου παλίνδρομης μεταφοράς (**ιδιοδοκετικό ερέθισμα**) στο ΚΝΣ με τη μορφή μιας νευρικής ώσης που μεταφέρεται με αισθητικά νεύρα.

Ένα άτομο όχι μόνο αντιδρά στο περιβάλλον αλλά αλληλεπιδρά αυθόρμητα με αυτό. Μία αυθόρμητη κίνηση που ξεκινάει στο ΚΝΣ αποστέλλεται ως νευρική ώση διαμέσου απαγωγών νευρικών ινών και καταγράφεται από αισθητήρια όργανα. Τα αισθητήρια όργανα στέλνουν ένα παλίνδρομο σήμα (ανατροφοδότησης) στο ΚΝΣ αναφέροντας αν η κίνηση ολοκληρώθηκε επιτυχώς ή όχι. Αυτή η ανατροφοδότηση χαρακτηρίζεται ως **αναφορά**. Αν η κίνηση εκτελέστηκε, τότε το ΚΝΣ στέλνει ανασταλτικές ώσεις, σταματώντας την κίνηση. Αν η αναφορά είναι ανεπαρκής, το ΚΝΣ στέλνει σήματα για να βελτιώσει την κίνηση. Αναρίθμητα διεγερτικά κυκλώματα στο σώμα συμβάλλουν στην ολοκλήρωση των λειτουργιών του νευρικού συστήματος.

## Αρχιτεκτονική και δομή του νευρικού συστήματος

Η κατανόηση της αρχιτεκτονικής του νευρικού συστήματος είναι δύσκολη χωρίς τη γνώση της βασικής ορολογίας. Περισσότερες λεπτομέρειες μπορεί να βρεθούν σε βιβλία ιστολογίας, νευροφυσιολογίας ή νευροανατομικής.

Το νευρικό σύστημα ακολουθεί ένα κοινό σχεδιασμό ο οποίος μπορεί να ταξινομηθεί λειτουργικά και δομικά ως εξής:

- καταγραφή του σήματος (αισθητικοί υποδοχείς),
- μετάδοση του σήματος (προσαγωγές νευρικές ίνες),
- κεντρική επεξεργασία των πληροφοριών,
- απάντηση στο ερέθισμα (απαγωγές νευρικές ίνες),
- αντίδραση του τελεστικού οργάνου (μυς, αδένες).

Οι **αισθητικοί υποδοχείς** είναι εξειδικευμένες κατασκευές της επιφάνειας των υποδοκετικών νευρικών κυττάρων. Η διέγερση των αισθητικών υποδοχέων επισυμβαίνει με μηχανικά, χημικά ή θερμικά ερεθίσματα όπως επίσης με φωτεινά και ηλεκτροχημικά ερεθίσματα (**δυναμικό υποδοχέα**). Οι υποδοχείς ταξινομούνται ως **μηχανο-, χημιο- ή φωτοϋποδοχείς**. Τα ερεθίσματα διαφέρουν ως προς τη μορφή και την ποιότητα και ανιχνεύονται από ένα ευρύ **φάσμα αισθητικών κυττάρων**.

Τα αισθητικά κύτταρα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- **πρωτοταγή αισθητικά κύτταρα:** ο υποδοχέας βρίσκεται στην επιφάνεια του **νευρικού κυττάρου**, και
- **δευτεροταγή αισθητικά κύτταρα:** ο υποδοχέας βρίσκεται στην επιφάνεια **άτυπων επιθηλιακών κυττάρων** (π.χ. τριχωτά κύτταρα του έσω ωτός, αισθητικά κύτταρα στους γευστικούς κάλυκες).

**Πρωτοταγή αισθητικά κύτταρα** βρίσκονται στο οσφρητικό επιθήλιο, ως ραβδιοφόρα και κωνιοφόρα κύτταρα του ιδίως αμφιβληστροειδή χιτώνα και ως ελεύθερες νευρικές απολήξεις. Άλλα παραδείγματα πρωτοταγών αισθητικών κυττάρων είναι οι ενέλτρες νευρικές απολήξεις, οι οποίες είναι απολήξεις αισθητικών αποφυάδων που επενδύονται με εξειδικευμένες κατασκευές. Για παράδειγμα, τα σωματίδια Meissner είναι νευρικές απολήξεις περιτυλιγμένες με κύτταρα που βρίσκονται στο χόριο του δέρματος. Τα σωματίδια αυτά εξυπηρετούν την αίσθηση της αφής. Τα σωματίδια Ruffini εξυπηρετούν την αίσθηση της θερμότητας, και οι τελικές κορύνες Krause, που εξυπηρετούν την αίσθηση του ψύχους, αντιπροσωπεύουν ενέλτρους υποδοχείς που απαντώνται στο χόριο του δέρματος. Τα σωματίδια Vater-Pacini απαντώνται στο δέρμα, στις αρθρώσεις και σε εν τω βάθει ιστούς του σώματος. Τα τελευταία εξυπηρετούν την αίσθηση της πίεσης.

Οι **υποδοχείς της εν τω βάθει αισθητικότητας**, οι οποίοι απαντώνται στους τένοντες, στους μυς ή στους συνδέσμους, και στα εσωτερικά όργανα, είναι πάντα πρωτοταγή αισθητικά κύτταρα. Υποδοχείς ή αισθητικά κύτταρα μπορεί να συνδυαστούν με άλλα τέτοια κύτταρα για να σχηματίζουν ένα **όργανο**, σε αυτή την περίπτωση ένα αισθητήριο όργανο (π.χ. οφθαλμός, ους, αιθουσαίο όργανο της ισορροπίας, γευστικό και οσφρητικό όργανο).

## Νευρικό ιστός (nerve tissue)

Ο νευρικός ιστός είναι το βασικό στοιχείο που σχηματίζει τα διάφορα τμήματα του νευρικού συστήματος. Ο νευρικός ιστός προέρχεται από το **νευροεξώδερμα**. Τα κύτταρα που βρίσκονται στον νευρικό ιστό είναι:

- **νευρικά κύτταρα (nerve cells) ή νευρώνες (neurons)** ως αισθητικά ή υποδεκτικά και κινητικά κύτταρα και
- **νευρογλοιακά κύτταρα (glial cells)** για την προστασία και την τροφοδοσία των νευρικών κυττάρων

## Νευρώνες (neurons)

Οι νευρώνες διαφέρουν ως προς τη δομή και τη λειτουργία τους. Υπάρχει μία διάκριση ανάμεσα σε:

- **πολύπολους νευρώνες (multipolar neurons)**, οι οποίοι στέλνουν νευρικές ώσεις σε μη νευρικά κύτταρα απάντησης (μυϊκά ή αδενικά κύτταρα) και επάγουν κινητικότητα (**απαγωγοί, κινητικοί νευρώνες**),
- **ψευδομονόπολους νευρώνες (pseudo-unipolar neurons)**, οι οποίοι λαμβάνουν ερεθίσματα και τα προωθούν σε ανώτερα κέντρα, (**προσαγωγοί, αισθητικοί νευρώνες**) και
- **δίπολους νευρώνες (bipolar neurons)**, οι οποίοι σχηματίζουν δίκτυα που συνδέουν τους κοντινούς ή απομακρυσμένους νευρώνες (**διάμεσοι νευρώνες**).

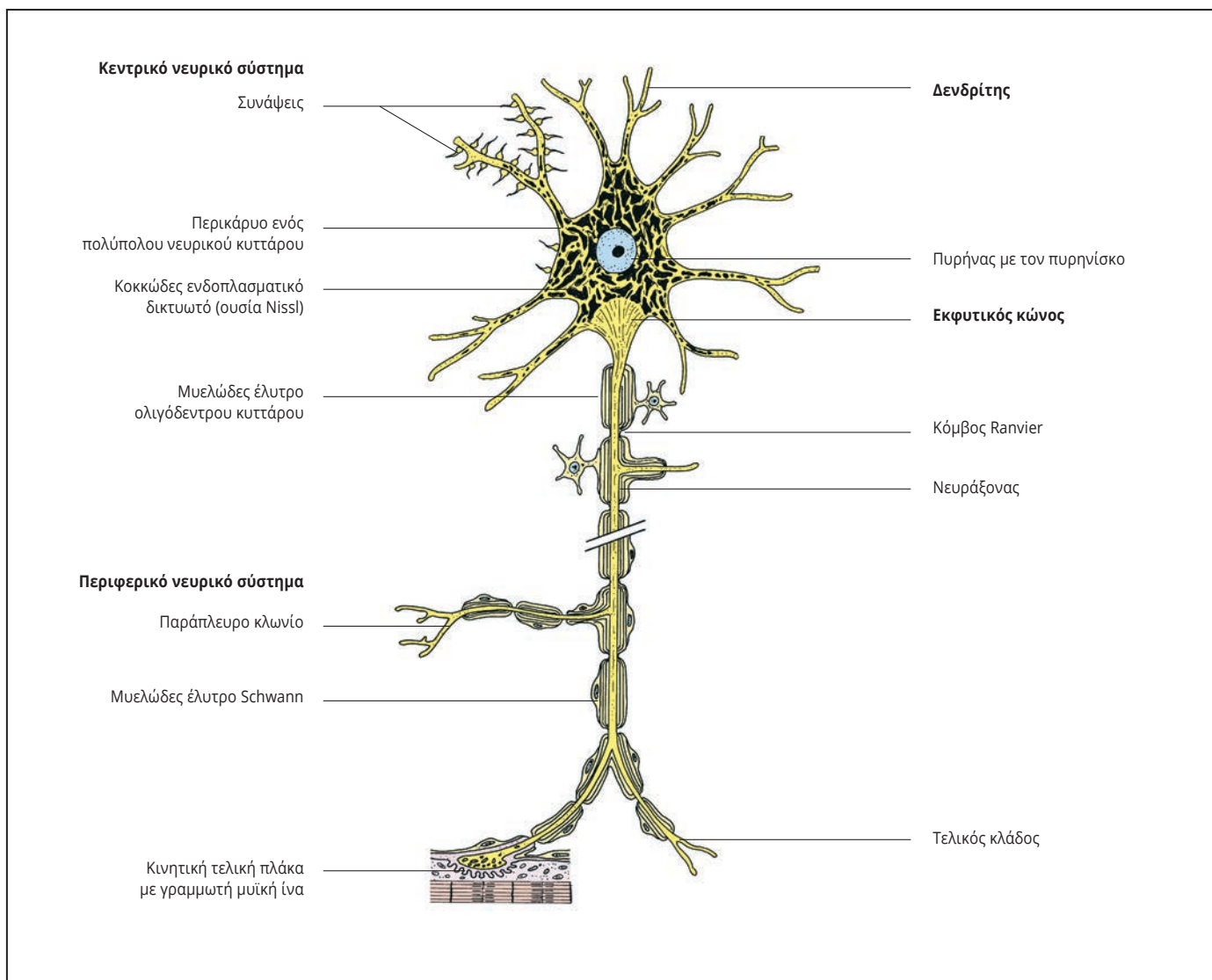
Ο **νευρώνας** είναι η μικρότερη λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος. Περιέχει το **κυτταρικό σώμα** (νευρόπλασμα, περικόρυο) και **διάφορες προεκβολές** (δενδρίτες και νευράξονες) διαφόρου μήκους και βαθμού διακλάδωσης. Οι **δενδρίτες** (dendrites) άγουν μία νευρική ώση προς το σώμα του νευρικού κυττάρου (κεντρομόλα μετάδοση του ερεθίσματος) και οι **νευράξονες** (axons) άγουν την νευρική ώση προς την περιφέρεια (φυγόκεντρη μετάδοση του ερεθίσματος) (Εικ. 1-53 και 54). Στο κεντρικό νευρικό σύστημα, οι **διάμεσοι νευρώνες** συγκροτούν ένα μεγάλο μέρος του συνολικού νευρικού ιστού. Ο εγκέφαλος αποτελείται από μεγάλη ποικιλία νευρικών κυττάρων. Ένα παράδειγμα είναι τα κύτταρα Purkinje της παρεγκεφαλίδας. Το **νευροπίλημα** είναι η περιοχή ανάμεσα στα κυτταρικά σώματα των νευρώνων που περιέχει τους δενδρίτες και τους νευράξονες.

Οι νευρώνες σπάνια απαντώνται μόνοι, συνήθως σχηματίζουν δίκτυα πολλών κυττάρων. Το **γάγγλιο** είναι ένα τέτοιο δίκτυο νευρώνων που απαντάται στην περιφέρεια. Κάθε γάγγλιο είναι υπεύθυνο για την νευρώση ενός συγκεκριμένου τομέα της περιφέρειας και για την επικοινωνία με ανώτερα κέντρα ελέγχου. Φυλογενετικά, τα σπονδυλωτά ανέπτυξαν ένα **σύνθετο συγκεντρωτισμό των γαγγλίων** ο οποίος οδήγησε στο σχηματισμό του κεντρικού νευρικού συστήματος ως το καθοδηγητικό και συντονιστικό σύστημα του σώματος.

## Νευρογλοιακά κύτταρα (glial cells)

Τα νευρικά κύτταρα χρειάζονται άλλα κύτταρα για την θρέψη, υποστήριξη και μόνωση τους. Όλοι οι τύποι των **νευρογλοιακών κυττάρων ή της νευρογλοίας** ενιαιοποιούν τον νευρικό ιστό, αλλά είναι συνήθως εξειδικευμένα για συγκεκριμένες λειτουργίες. Τα νευρογλοιακά κύτταρα δεν άγουν νευρικές ώσεις αλλά μάλλον αναλαμβάνουν τροφικές λειτουργίες στο κεντρικό νευρικό σύστημα για τους νευρώνες. Συμβάλλουν στο σχηματισμό του αιματο-εγκεφαλικού φραγμού και απαντώνται συνήθως ανάμεσα στα αιμοφόρα τριχοειδή και στους νευρώνες.

Στον εγκέφαλο, τα **μακρονευρογλοιακά κύτταρα (αστροκύτταρα και ολιγοδενδροκύτταρα)** τρέφουν



**Εικ. I-53.** Σχηματική απεικόνιση κινητικού νευρώνα (χρώση Nissl) με το κεντρικό περικάρυο, μία περιφερική νευρική ίνα και μία κινητική τελική πλάκα.

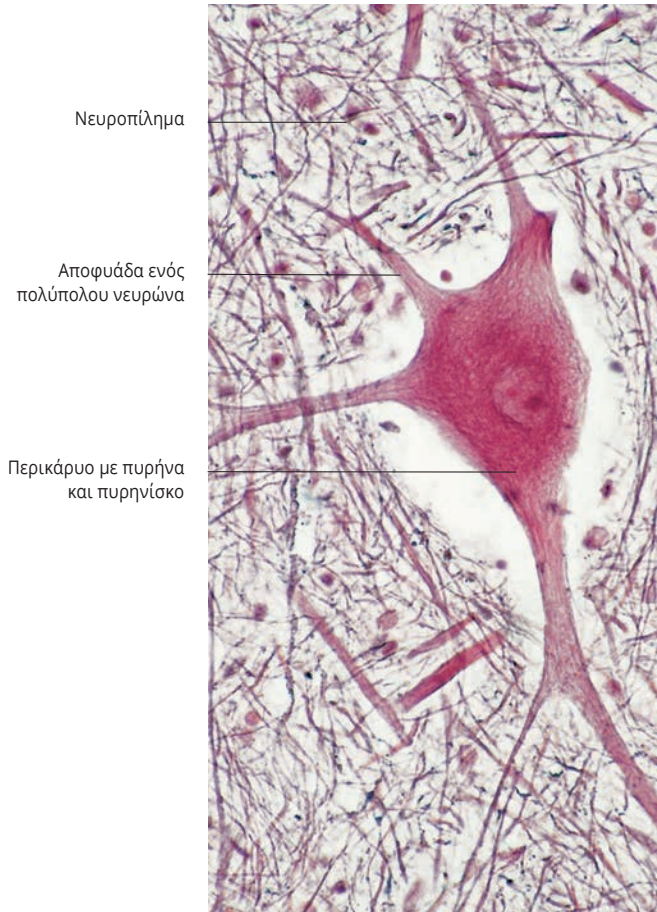
τους νευρώνες με την ανταλλαγή μεταβολικών ουσιών ανάμεσα στα αιμοφόρα τριχοειδή και τους νευρώνες, και υποστηρίζουν την αγωγή των νευρικών ώσεων σχηματίζοντας μία μονωτική μεμβράνη, το έλυτρο της μυελίνης γύρω από τους νευράξονες. Άλλα νευρογλοιακά κύτταρα, τα μικρονευρογλοιακά κύτταρα, φαγοκυτταρώνουν ξένο υλικό παρέχοντας ένα μη ειδικό κυτταρικό ανοσιακό αμυντικό μηχανισμό προστασίας των νευρώνων. Τα επενδυματικά κύτταρα (ependymal cells) επενδύουν τις κοιλίες του εγκεφάλου και τον κεντρικό σωλήνα του νωτιαίου μυελού.

Τα **κύτταρα Schwann** αναλαμβάνουν τις λειτουργίες των ολιγοδενδροκυττάρων στο περιφερικό νευρικό σύστημα. Περιφερικές νευρικές ίνες υποστηρίζονται μεταβολικά από τα κύτταρα Schwann και προστατεύονται από έλυτρα συνδετικού ιστού.

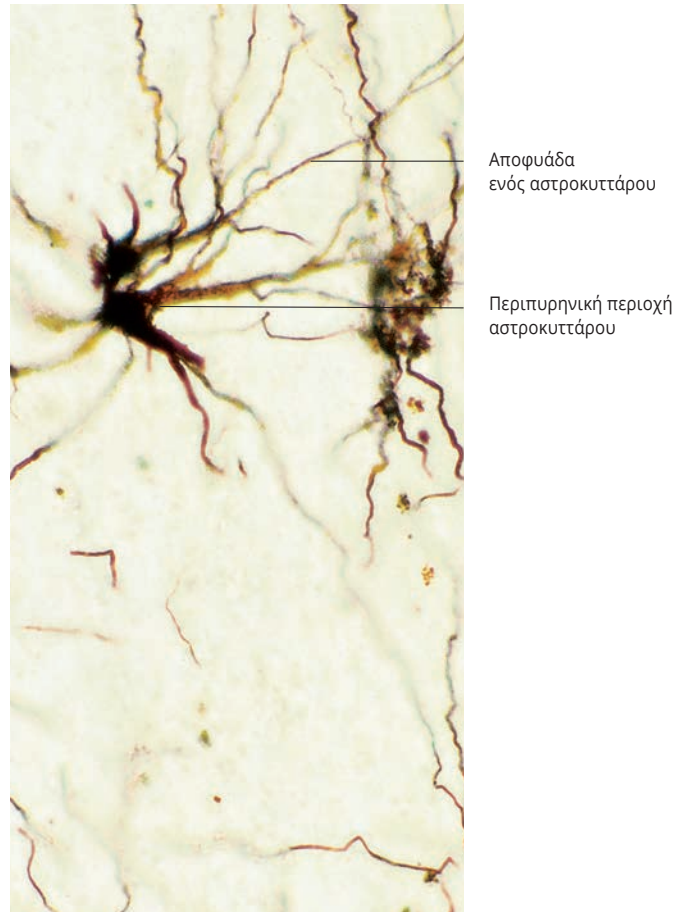
## Κεντρικό νευρικό σύστημα (central nervous system, ΚΝΣ)

Το κεντρικό νευρικό σύστημα πρωταρχικά συντονίζει εκούσιες και αυτόνομες λειτουργίες των οργάνων που δίνουν τη δυνατότητα στον ζωικό οργανισμό να επιβιώνει στο περιβάλλον. Περιλαμβάνει το νωτιαίο μυελό (spinal cord) και τον εγκέφαλο (brain). Και οι δυο κατασκευές προέρχονται από τον εμβρυικό νευρικό σωλήνα (βλέπε Κεφ. 14).

Στο πρόσθιο τμήμα του νευρικού σωλήνα, τρεις εμβρυικές μοίρες του εγκεφάλου διαφοροποιούνται σε **πρόσθιο εγκέφαλο**, **μέσο εγκέφαλο** και **ρομβοειδή εγκέφαλο**. Από τις μοίρες αυτές θα προκύψουν στον ενήλικο εγκέφαλο, ο πρόσθιος, ο μέσος και ο οπίσθιος εγκέφαλος. Στην πορεία της εμβρυικής ανάπτυξης, ο **πρόσθιος εγκέφαλος** διαφοροποιείται για να σχηματίσει προς τα εμπρός τον **τελικό εγκέφαλο** (telencephalon) με δύο πλάγιες κοιλίες, και προς τα πίσω τον διάμεσο εγκέφαλο



**Εικ. 1-54.** Πολύπολος νευρώνας στο νωτιαίο μυελό με νευρο-ινώδη στοιχεία (ιστολογική τομή, χρώση Bodian).



**Εικ. 1-55.** Αστροκύτταρα του νωτιαίου μυελού (ιστολογική τομή, χρώση αργύρου).

ή διεγκέφαλο. Ο **ρομβοειδής εγκέφαλος** διαφοροποιείται στον **έσχατο εγκέφαλο** (προμήκης μυελός) και στον **οπίσθιο εγκέφαλο** που περιλαμβάνει και την παρεγκεφαλίδα. Το κεντρικό νευρικό σύστημα είναι αμφίπλευρα συμμετρικό και προστατεύεται από τον οστέινο σκελετό, δηλαδή το κρανίο και την σπονδυλική στήλη.

Το κεντρικό νευρικό σύστημα περιλαμβάνει ένα σύστημα κοιλοτήτων που επικοινωνούν μεταξύ τους, που αποτελείται από **τέσσερις κοιλίες** και τον **κεντρικό σωλήνα του νωτιαίου μυελού**. Σε αυτές τις κοιλότητες κυκλοφορεί το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (cerebrospinal fluid).

Περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες βρίσκονται στο ΚΝΣ, συμπεριλαμβανομένων των διάμεσων νευρώνων και των σωμάτων των κινητικών νευρώνων από το εγκεφαλονωτιαίο νευρικό σύστημα. Οι νευρώνες είναι εξειδικευμένοι δομικά και λειτουργικά και **έχουν χάσει την ικανότητα να διαιρούνται**. Νέοι νευρώνες αναπτύσσονται από προγονικά κύτταρα, τις νευροβλάστες. Εάν ένας νευρώνας απωλέσει τη λειτουργικότητά του δεν μπορεί να αντικατασταθεί. Με εντατική εκπαίδευση, η απώλεια της νευρικής λειτουργίας εξαιτίας μικρών βλαβών μπορεί να αναπληρωθεί με την αποκατάσταση του νευρικού δικτύου.

Οι **διάμεσοι νευρώνες** συνάπτονται μερικώς με το σώμα ενός νευρώνα και μερικώς με τους δενδρίτες. Υπολογίζεται ότι ένας νευρώνας μπορεί να έχει μέχρι 10.000 διανευρωνικές συνδέσεις με άλλους νευρώνες. Οι διάμεσοι νευρώνες σχηματίζουν ένα δίκτυο που διασυνδέει όλες τις περιοχές του εγκεφάλου μεταξύ τους. Η άποψη ότι κάθε τμήμα του εγκεφάλου (πυρήνας) είναι υπεύθυνο για μία λειτουργία έχει αναθεωρηθεί εξαιτίας της μέγιστης διασύνδεσης των νευρώνων. Αυτά τα τμήματα του εγκεφάλου ή πυρήνες ελέγχονται επίσης από ανώτερα λειτουργικά δίκτυα.

Το κεντρικό νευρικό σύστημα αποτελείται από **διάφορους τύπους νευρώνων**:

- τους **διάμεσους νευρώνες**,
- τους **κινητικούς νευρώνες** του εγκεφαλονωτιαίου, εκούσιου νευρικού συστήματος,
- το κεντρικό τμήμα των **νευραξόνων των αισθητικών νευρώνων** και
- τους **προγαγγλιακούς κινητικούς νευρώνες** του αυτόνομου, φυτικού νευρικού συστήματος.

Ομάδες σωμάτων νευρικών κυττάρων με όμοιες λειτουργίες ομαδοποιούνται σε **πυρήνες**, όπου τα σώματα



δέχονται πολλές συνάψεις από προσαγωγούς δενδρίτες. Αυτές οι ομάδες μπορούν να παρατηρηθούν μακροσκοπικά ως γκρι-ροζ περιοχές σε εγκάρσιες τομές νωπού εγκέφαλου ή νωτιαίου μυελού. Για αυτό το λόγο, αυτό το είδος νευρικού ιστού αναφέρεται ως **φαιή ουσία** (grey matter). Ανάμεσα σε αυτά τα κέντρα του ΚΝΣ, εκτείνονται οι νευράξονες που περιβάλλονται από έλυτρο μυελίνης (εμμύελες ίνες). Η μυελίνη έχει λευκή απόχρωση και αυτός ο τύπος νευρικού ιστού αναφέρεται ως **λευκή ουσία** (white matter).

## Φαιή ουσία (grey matter)

Η φαιή ουσία σχηματίζει τους πυρήνες του εγκεφάλου όπως επίσης τον φλοιό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και της παρεγκεφαλίδας, όπου έρχεται σε επαφή με τις κοιλίες διαμέσου μία εκτεταμένης στιβάδας επενδυματικών κυττάρων. Επίσης απαντάται στο εσωτερικό του νωτιαίου μυελού όπου σε εγκάρσια τομή έχει σχήμα πεταλούδας ή γράμματος Η. Οι πυρήνες της φαιής ουσίας μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με :

- το **σχήμα των νευρώνων** (π.χ. πολύπολα πυραμιδικά κύτταρα ή κοκκώδη κύτταρα και κύτταρα Purkinje στην παρεγκεφαλίδα),
- τους **διάμεσους νευρώνες** (βραχείς, αμύελοι νευράξονες εντός του πυρήνα),
- τους **προβλητικούς νευρώνες** (μακροί, εμμύελοι νευράξονες των δεματίων της λευκής ουσίας),
- το **είδος της νευρικής ώσης** (διεγερτικοί ή ανασταλτικοί νευρώνες) και
- τον **τύπο του νευροδιαβιβαστή ή νευροτροποποιητή** (π.χ. χολινεργικοί νευρώνες, νοραδρενεργικοί νευρώνες).

Ο όρος πυρήνας για ένα σύμπλεγμα νευρώνων με όμοιες λειτουργίες μπορεί να αντικατασταθεί από άλλους όρους όπως **ουσία** (substance) (π.χ. μέλαινα ουσία), **σχηματισμός** (formation) (π.χ. δικτυωτός σχηματισμός), και **σώμα** (corpus) (π.χ. ραβδωτό σώμα). Το ΚΝΣ αποτελείται από πολύ περισσότερα νευρογλοιακά κύτταρα παρά από νευρώνες. Υπολογίζεται ότι τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι 10 φορές περισσότερα από τα νευρικά κύτταρα και έτσι συνιστούν τον κυρίαρχο πληθυσμό στο ΚΝΣ. Τα νευρογλοιακά κύτταρα διατηρούν την ικανότητά τους να πολλαπλασιάζονται και έτσι είναι ικανά να δημιουργούν και νεοπλασίες.

Τα **πλασμάδη αστροκύτταρα** έχουν σχήμα αστεριού εξαιτίας των πολυπληθών αποφυάδων τους. Σχηματίζουν κυτταροπλασματικές συνδέσεις ανάμεσα σε νευρώνες και τριχοειδή αγγεία μεταφέροντας μεταβολικές ουσίες στους νευρώνες. Επιπρόσθετα, αποθηκεύουν προδρόμους μεταβιβαστών και ελέγχουν τις εξωαγγειακές συγκεντρώσεις ιόντων. Τα αστροκύτταρα επίσης σχηματίζουν την εξώτερη αφοριστική μεμβράνη του φλοιού (glial limiting membrane).

## Λευκή ουσία (white matter)

Η λευκή ουσία περιλαμβάνει νευρικά δεμάτια τα οποία όχι μόνο συνδέουν τους κεντρικούς πυρήνες του ΚΝΣ αλλά επίσης συνδέουν τμήματα του ΚΝΣ με την περιφέρεια. Αποτελείται κυρίως από διανευρωνικούς νευράξονες αλλά επίσης από αισθητικές ίνες. Η **λευκή εμφάνιση** οφείλεται στην παρουσία των **ελύτρων μυελίνης** γύρω από τις νευρικές αποφυάδες τα οποία σχηματίζονται από τα **ολιγοδέντρα κύτταρα**. Στην λευκή ουσία απαντώνται και τα **ινώδη αστροκύτταρα** τα οποία όχι μόνο σχηματίζουν ένα υποστηρικτικό ιστό στο ΚΝΣ αλλά, επίσης, συνδέουν νευρώνες και τριχοειδή αγγεία με τις πολλαπλές κυρίως αδιακλάδωτες αποφυάδες τους. Οι νευρικές ίνες του ΚΝΣ εμφανίζονται με τις εξής μορφές:

- **δεμάτιο** (tract), ένα σύνολο νευρικών ινών με ορισμένη αρχή και τέλος (π.χ. φλοιο-νωτιαίο δεμάτιο),
- **λημνίσκος** (lemniscus), ένα δεμάτιο το οποίο ακολουθεί σπειροειδή πορεία,
- **χιασμός** (decussation), ένα δεμάτιο το οποίο αλλάζει πορεία προς την ετεροπλάγια μοίρα του σώματος,
- **ακτινοβολία** (radiation), ένα δεμάτιο που εξαπλώνεται ακτινοειδώς,
- **δέσμη** (funiculus), ένα συμπαγές δεμάτιο,
- **δεσμίδα** (fasciculus), ένα λεπτότερο δεμάτιο,
- **σύνδεσμος** (commissure), ένα δεμάτιο που συνδέει το αριστερό με το δεξιό τμήμα του ΚΝΣ.

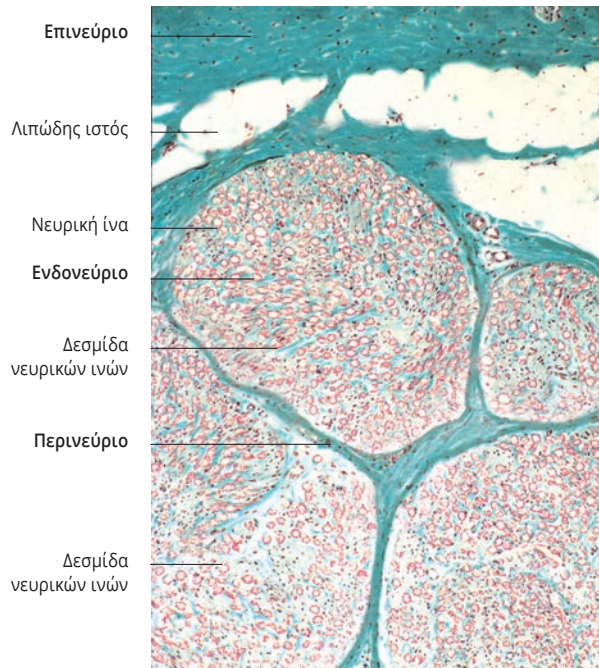
Η λευκή ουσία περιβάλλει την φαιή ουσία στον νωτιαίο μυελό και αποτελείται από δεμάτια νευρικών ινών από και προς τον εγκέφαλο.

## Περιφερικό νευρικό σύστημα (peripheral nervous system, ΠΝΣ)

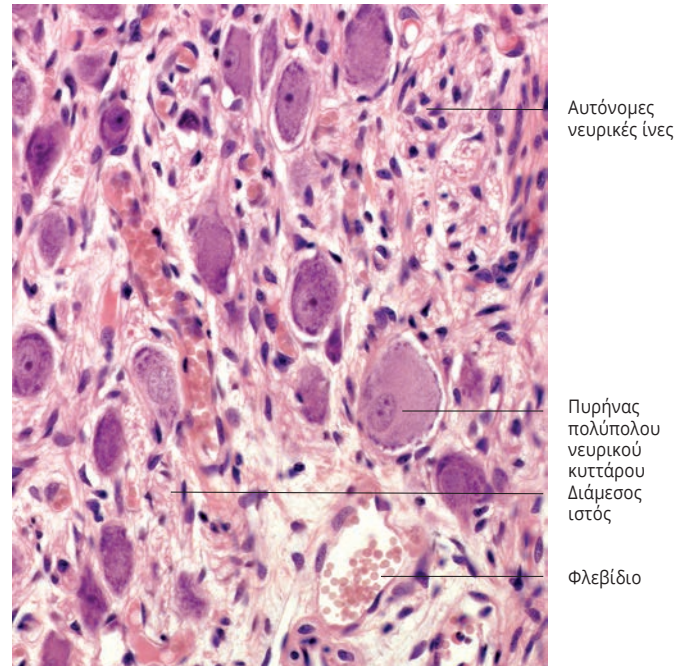
Το περιφερικό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ) συνδέει το ΚΝΣ με τα όργανα του σώματος. Περιλαμβάνει τα **ζεύγη των εγκεφαλικών** και των **νωτιαίων νευρώνων**. Τα νωτιαία νεύρα εκφύονται από τον νωτιαίο μυελό και ονομάζονται ανάλογα με την περιοχή της σπονδυλικής στήλης με την οποία σχετίζονται (αυχενική, θωρακική, οσφυϊκή, ιερή). Το ΠΝΣ αποτελείται από νευρώνες και γάγγλια. Όπως οι πυρήνες του ΚΝΣ, τα γάγγλια είναι ομάδες σωμάτων νευρικών κυττάρων. **Τα δεμάτια νευρικών ινών του ΠΝΣ είναι τα νεύρα.**

## Νεύρα (Nerves)

Τα νεύρα είναι οι αποφυάδες ή ίνες των νευρικών κυττάρων των οποίων τα σώματα βρίσκονται στο ΚΝΣ (εγκέφαλος ή νωτιαίος μυελός) ή στα νωτιαία γάγγλια (βλέπε Κεφ. 14). Οι νευρικές ίνες διαφέρουν σε διάμετρο, στο πάχος του μυελώδους ελύτρου και στα μεσοδιαστήματα



**Εικ. I-56.** Δεσμίδες νευρικών ινών που περιβάλλονται από έλυτρα συνδετικού ιστού (ενδο-, περι-, και επινεύριο) (ιστολογική τομή, χρώση Goldner).



**Εικ. I-57.** Αυτόνομο γάγγλιο (ιστολογική τομή, χρώση αιματοξυλίνης-εωσίνης).

των κόμβων Ranvier. Οι δεσμίδες των νευρικών ινών περικλείονται από έλυτρα συνδετικού ιστού (ενδονεύριο, περινεύριο, επινεύριο) στα οποία πορεύονται αιμοφόρα αγγεία (Εικ. I-56)

**Κάθε νευρική ίνα** είναι στην ολότητά της ο νευράξονας **ενός νευρώνα**. Ο νευράξονας μπορεί να φτάσει μέχρι τα 2 μέτρα σε μήκος (π.χ. το αριστερό παλίνδρομο λαρυγγικό νεύρο του αλόγου). Τα νεύρα συνδέουν τα όργανα και το ΚΝΣ μεταξύ τους. Ο όρος περιφερικά νεύρα περιλαμβάνει:

- απαγωγά (efferent) (κινητικά) νεύρα,
- προσαγωγά (afferent) (αισθητικά) νεύρα,
- περιφερικά νευρογλοιακά κύτταρα (κύτταρα Schwann), τα οποία σχηματίζουν τα μυελώδη έλυτρα.

Οι νευρικές ίνες πάντα μεταφέρουν την ώση **μόνο προς μία κατεύθυνση**. Μία **απαγωγός νευρική ίνα** μεταφέρει ώσεις από το ΚΝΣ στο ΠΝΣ (φυγόκεντρη κατεύθυνση). Οι **απαγωγές νευρικές ίνες** είναι επίσης γνωστές ως **κινητικές νευρικές ίνες** επειδή μεταφέρουν την νευρική ώση στο τελεστικό όργανο, για παράδειγμα τους μυς. Οι κινητικοί πυρήνες των περιφερικών νεύρων βρίσκονται στο κοιλιακό κέρασ της φαιής ουσία του νωτιαίου μυελού (νωτιαία νεύρα) και στην φαιή ουσία του στελέχους του εγκεφάλου (εγκεφαλικά νεύρα). Κάθε μυϊκή ίνα νευρώνεται από ένα κινητικό νευρώνα.

Οι **προσαγωγές νευρικές ίνες** μεταφέρουν ερεθίσματα από τις **νευρικές απολήξεις** ή τα **αισθητικά κύτταρα** (αισθητικοί υποδοχείς) του ΠΝΣ στο ΚΝΣ (κεντρομόλος

κατεύθυνση). Καθώς στο κεντρικό νευρικό σύστημα η ώση ή το νευρικό ερέθισμα εγγράφεται ως μία ενσυνείδητη αντίληψη ή αίσθηση, ο νευρώνας χαρακτηρίζεται ως **αισθητικός**.

Τα περισσότερα νεύρα είναι **μικτά νεύρα** επειδή περιλαμβάνουν όχι μόνο κινητικές και αισθητικές νευρικές ίνες αλλά επίσης και νευρικές ίνες του φυτικού, αυτόνομου (συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού) νευρικού συστήματος.

## Κινητικές και αισθητικές ρίζες

Οι κινητικές ρίζες είναι οι **απαγωγές νευρικές ίνες** οι οποίες φέρονται με την κοιλιακή ρίζα της φαιής ουσίας του νωτιαίου μυελού. Τα νευρικά τους ερεθίσματα μεταφέρονται στους σκελετικούς μυς. Αντίθετα, οι αισθητικές ίνες που προέρχονται από την επιφάνεια του σώματος ή από τα όργανα εισέρχονται στο ΚΝΣ διαμέσου των ραχιαίων ριζών των νωτιαίων νεύρων. Αυτές οι δεσμίδες των νευρικών ινών διέρχονται πάντα διαμέσου ενός αισθητικού ραχιαίου γαγγλίου (νωτιαίο γάγγλιο) και εισέρχονται στο ΚΝΣ ως αισθητική ρίζα.

Σε ένα αντανακλαστικό τόξο, οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται απευθείας από τον αισθητικό νευρώνα σε ένα κινητικό νευρώνα χωρίς να διέλθουν από τον εγκέφαλο. Τα αντανακλαστικά τόξα μπορεί να είναι μονοσυναπτικά ή πολυσυναπτικά.

## Γάγγλια (ganglions)

Το γάγγλιο (Εικ. I-57) είναι μία ομάδα σωμάτων νευρικών κυττάρων με όμοιες λειτουργικές ιδιότητες που βρίσκονται έξω από το ΚΝΣ. Υπάρχουν δύο είδη γαγγλίων:

- **αισθητικά γάγγλια**, τα οποία περιλαμβάνουν τα κυτταρικά σώματα των αισθητικών νευρικών ινών, και
- **φυτικά γάγγλια**, τα οποία περιλαμβάνουν τους μεταγαγγλιακούς κινητικούς νευρώνες του φυτικού νευρικού συστήματος.

Όλα τα **νωτιαία γάγγλια** περιέχουν αποκλειστικά **αισθητικούς νευρώνες** και απαντώνται ως παχύνσεις των **αισθητικών ραχιαίων ριζών**. Αυτά τα αισθητικά γάγγλια τοποθετούνται και στις δύο πλευρές του νωτιαίου μυελού κοντά στα μεσοσπονδύλια τμήματα. Τα εγκεφαλικά νεύρα V και VII-X επίσης περιέχουν αισθητικά γάγγλια τα οποία είναι ομόλογα με τα νωτιαία γάγγλια. Οι περισσότεροι από τους νευρώνες είναι ψευδομονόπολοι και επενδεδυμένοι με το έλυτρο των κύτταρων του Schwann.

Τα **φυτικά γάγγλια** αποτελούν τμήμα του αυτόνομου νευρικού συστήματος και περιέχουν μεταγαγγλιακούς κινητικούς νευρώνες. Μπορεί να ταξινομηθούν ως:

- **γάγγλια του συμπαθητικού στελέχους** (sympathetic chain),
- **προσπονδυλικά γάγγλια** (2<sup>ος</sup> νευρώνας της συμπαθητικής οδού για τα όργανα της κοιλιακής κοιλότητας),
- **παρασυμπαθητικά γάγγλια** στην περιοχή της κεφαλής και
- **ενδοτοιχικά γάγγλια** στο τοίχωμα του πεπτικού σωλήνα (υποβλεννογόνιο πλέγμα, μεντερικό πλέγμα).

Τα φυτικά γάγγλια είναι νευρικά δίκτυα των οποίων οι πολύπολοι νευρώνες συνάπτονται με κινητικούς νευρώνες ή παράπλευρους κλάδους των προσαγωγών ινών και των εσωτερικών οργάνων. Οι κινητικοί νευρώνες των φυτικών γαγγλίων νευρώνουν τα λεία μυϊκά κύτταρα των οργάνων, των αιμοφόρων αγγείων και των οργανο-ειδικών αδένων.

## Εγκεφαλονωτιαίο (εκούσιο) νευρικό σύστημα

Το εγκεφαλονωτιαίο νευρικό σύστημα αναφέρεται επίσης ως σωματικό ή ζωικό νευρικό σύστημα. Το σύστημα αυτό μεταφέρει νευρικές ώσεις με τους αισθητικούς νευρώνες από την επιφάνεια του σώματος ή από το κινητικό σύστημα στο ΚΝΣ. Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερεθίσματα ποικίλουν σε είδος και ποιότητα και περιλαμβάνουν τα:

- έμφυτα αντανακλαστικά και
- επίκτητα αντανακλαστικά.

Ένα **αντανακλαστικό** αντιπροσωπεύει το απλούστερο επίπεδο ελέγχου στο νευρικό σύστημα. Η νευρική ώση ενός έμφυτου αντανακλαστικού πυροδοτείται από ένα ερέθισμα (π.χ. τάση ενός μυός ή τένοντα) και μεταφέρεται με μία προσαγωγό αισθητική νευρική ίνα. Η απάντηση σε αυτό το ερέθισμα επισυμβαίνει διαμέσου ενός απλού αντανακλαστικού τόξου (μυοδιατατικό ή τενοδιατατικό αντανακλαστικό) το οποίο τελειώνει σε ένα απαγωγό κινητικό νευρώνα. Αυτός ο τύπος αντανακλαστικού είναι ένα **μονοσυναπτικό αντανακλαστικό** το οποίο προκαλείται ακούσια και γρήγορα, και η απάντηση είναι πάντα η ίδια (π.χ. αντανακλαστικό της επιγονατίδας, αντανακλαστικό του αχιλλείου τένοντα). Τα **πολυσυναπτικά αντανακλαστικά** προκαλούνται όταν περισσότεροι από δύο νευρώνες εμπλέκονται στην απάντηση του ερεθίσματος. Αυτό σημαίνει ότι η νευρική ώση μεταφέρεται σε περισσότερες από δύο συνάψεις. Τα **επίκτητα αντανακλαστικά** είναι προϊόντα εκπαίδευσης, όπως το αντανακλαστικό της σιελόρροιας στους σκύλους του Pavlov.

## Αυτόνομο (φυτικό) νευρικό σύστημα

Το φυτικό νευρικό σύστημα ρυθμίζει το εσωτερικό περιβάλλον του σώματος. Ελέγχει πλήρως την δραστηριότητα των σπλάχνων-για παράδειγμα αναπνοή, πέψη, κυκλοφορία του αίματος και γενετήσιες λειτουργίες. Επιπρόσθετα, αλλαγές στην πίεση του αίματος ή τη θερμοκρασία, καθώς και αλλαγές της στάθμης του οξυγόνου στο αίμα που ανιχνεύονται από τα σπλαχνοαισθητικά γάγγλια (καρωτιδικό σώμα, αορτικό σώμα). (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 14.)

Το αυτόνομο νευρικό σύστημα διακρίνεται σε:

- συμπαθητικό νευρικό σύστημα (sympathetic nervous system),
- παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα (parasympathetic nervous system) και
- εντερικό νευρικό σύστημα (enteric nervous system).

Το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό είναι δύο **ανταγωνιστικά συστήματα** ελέγχου της δραστηριότητας των σπλάχνων.

Οι **πυρήνες του συμπαθητικού συστήματος** βρίσκονται στη θωρακική και οσφυϊκή μοίρα του **νωτιαίου μυελού**. Οι συμπαθητικοί νευράξονες αναδύονται από το κοιλιακό κέρασ του νωτιαίου μυελού μαζί με κινητικούς νευρώνες και συνεχίζουν στο συμπαθητικό στέλεχος. Το **συμπαθητικό στέλεχος** (sympathetic trunk) είναι μία σειρά από συνδεδεμένα συμπαθητικά γάγγλια που βρίσκονται εκατέρωθεν, κοντά και παράλληλα με την **σπονδυλική στήλη στην θωρακοσφυϊκή της μοίρα**. Από εκεί, συμπαθητικές νευρικές ίνες περνούν διαμέσου μονήρων γαγγλίων στα διάφορα όργανα.

Το **συμπαθητικό σύστημα ενεργοποιεί ζωτικές λειτουργίες** (καταβολική λειτουργία):

- αυξάνει την πίεση του αίματος,

- αυξάνει τον ρυθμό της καρδιάς και της αναπνοής,
- συστέλλει τα αιμοφόρα αγγεία (αγγειοσυστολή),
- κινητοποιεί τη γλυκόζη (γλυκόλυση),
- αυξάνει την εφίδρωση, ανορθώνει τις τρίχες, διαστέλλει την κόρη του οφθαλμού και
- αναστέλλει τη δραστηριότητα του γαστρεντερικού σωλήνα.

Το συμπαθητικό σύστημα θεωρείται αδρενεργικό διότι οι νευροδιαβιβαστές οι οποίοι εκκρίνονται κατά τη μετάδοση της νευρικής ώσης είναι η νοραδρεναλίνη και το νευροπεπτίδιο Υ. Φαρμακολογικά, το συμπαθητικό σύστημα διεγείρεται από συμπαθομιμητικές φαρμακευτικές ουσίες και αναστέλλεται από συμπαθολυτικές φαρμακευτικές ουσίες: οι β-ανταγωνιστές μειώνουν τον καρδιακό ρυθμό και την πίεση του αίματος λόγω της αγγειοδιαστολής που προκαλούν.

Το **παρασυμπαθητικό σύστημα** ανταγωνίζεται το συμπαθητικό διότι επαναφέρει τον ζωικό οργανισμό σε μία κατάσταση ηρεμίας και αδράνειας. Περιέχει δυο ξεχωριστές ομάδες πυρήνων: τους πρόσθιους στο **στέλεχος του εγκεφάλου** (κεφαλικό παρασυμπαθητικό) και τους οπίσθιους στην **ιερή μοίρα του νωτιαίου μυελού** (ιερό παρασυμπαθητικό). Η πλειοψηφία των παρασυμπαθητικών νευρικών ινών εμπεριέχεται στο **πνευμονογαστρικό νεύρο (10<sup>η</sup> εγκεφαλική συζυγία)**.

Οι μεταγαγγλιακοί νευρώνες βρίσκονται στα παρασυμπαθητικά γάγγλια στην περιοχή της κεφαλής όπως επίσης στα προσπονδυλικά και τα εντερικά γάγγλια των οργάνων. Το **παρασυμπαθητικό σύστημα** περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας του σώματος (**τροφοτροπική λειτουργία**) επειδή:

- μειώνει τον καρδιακό και αναπνευστικό ρυθμό στις βασικές τιμές,
- συστέλλει τους βρόγχους,
- συστέλλει την κόρη του οφθαλμού,
- διεγείρει την πεπτική λειτουργία,
- αυξάνει τον μεταβολισμό.

Το παρασυμπαθητικό σύστημα θεωρείται ότι είναι χολινεργικό, διότι ο κύριος νευροδιαβιβαστής που εκκρίνεται είναι η ακετυλοχολίνη. Ένας άλλος νευροδιαβιβαστής είναι το αγγειοκινητικό πεπτίδιο του εντέρου (vasoactive intestinal peptide VIP). Από τους πιο γνωστούς παρασυμπαθολυτικούς παράγοντες είναι η ατροπίνη. Όταν εφαρμόζεται τοπικά στον οφθαλμό προκαλεί διαστολή της κόρης.

Το **εντερικό σύστημα** βρίσκεται στα τοιχώματα του γαστρεντερικού σωλήνα. Είναι ανεξάρτητο από το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό σύστημα, αλλά μπορεί να τροποποιηθεί από αυτά. Αυτό το σύστημα περιέχει δύο νευρωνικά δίκτυα:

- υποβλεννογόνιο νευρικό πλέγμα (Meissner plexus, submucosal nerve plexus) στον υποβλεννογόνιο χιτώνα και

- μυεντερικό νευρικό πλέγμα (Auerbach plexus, myenteric nerve plexus) στον μυϊκό χιτώνα.

Σε αυτά τα νευρωνικά δίκτυα, οι πολύπολοι νευρώνες διασυνδέονται και σχηματίζουν τα εντερικά πλέγματα. Το πλέγμα Meissner ελέγχει την απορρόφηση και την έκκριση κατά μήκος του τοιχώματος του γαστρεντερικού σωλήνα μαζί με το συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό πλέγμα. Το πλέγμα Auerbach ελέγχει την κινητικότητα του εντέρου. Οι αμύελες νευρικές ίνες συνάπτονται με 10<sup>7</sup> έως 10<sup>8</sup> διάμεσους νευρώνες. Οι νευροδιαβιβαστές του εντερικού συστήματος είναι η νοραδρεναλίνη, η σεροτονίνη και η ακετυλοχολίνη.

## Μετάδοση των πληροφοριών

### Συνάψεις

Πολύπλοκα συστήματα νευρώνων εξαρτώνται από συνδέσεις ικανές να μεταδίδουν τις νευρικές ώσεις ανάμεσα σε νευρώνες, μυϊκά κύτταρα και αδενικά κύτταρα. Αυτές οι συνδέσεις ανάμεσα στα διάφορα κύτταρα που εμπλέκονται στην νευρική σηματοδότηση ονομάζονται **συνάψεις** και παίζουν ένα εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στη μετάδοση των ώσεων. Ένας νευρώνας μπορεί να εξοπλισθεί με μερικές εκατοντάδες συνάψεις ή με περισσότερες από χίλιες. Οι συνάψεις διασπούν ένα δίκτυο νευρώνων σε λειτουργικές μονάδες υπεύθυνες για την επεξεργασία των πληροφοριών. Χωρίς τις συνάψεις, μία νευρική ώση θα μπορούσε να διαχυθεί σε ολόκληρο το δίκτυο των διασυνδεδεμένων νευρώνων, προκαλώντας αναπόφευκτα μία υπερφόρτωση πληροφοριών ή σημάτων. Τα γειτονικά κύτταρα ανταλλάσσουν πληροφορίες με συνάψεις που λειτουργούν ως διεγέρτες ή αναστολείς (διεγερτικές/ ανασταλτικές συνάψεις).

Οι πληροφορίες που ταξιδεύουν στο νευρικό σύστημα μεταδίδονται με τη μορφή ηλεκτρικών και χημικών σημάτων. Ένα ηλεκτρικό σήμα διαδίδεται με τη μείωση του δυναμικού της μεμβράνης στους νευρώνες. Ένα χημικό σήμα διαδίδεται με την έκκριση νευροδιαβιβαστών στη σύναψη (π.χ. ακετυλοχολίνη, νοραδρεναλίνη, δοπαμίνη, σεροτονίνη). Μία σύναψη αποτελείται από τις ακόλουθες κατασκευές:

- **προσυναπτικός νευρώνας** (μαζί με το τελικό κομβίο) με τη προσυναπτική μεμβράνη,
- **συναπτική σχισμή** και
- **μετασυναπτικός νευρώνας** με τη μετασυναπτική μεμβράνη.

Τα τελικά συναπτικά κομβία διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του ιστού στον οποίο απαντώνται:

- νευροαισθητικές συνάψεις (π.χ. αισθητικά νεύρα του ωτός ή της γλώσσας),
- νευροαδενικές συνάψεις (π.χ. ενδοκρινείς και εξωκρινείς αδένες),

- διανευρωνικές συνάψεις ανάμεσα στα περικόρυα, τους δένδριτες ή τους νευράξονες των νευρώνων και
- νευρομυϊκές συνάψεις (τελική κινητική πλάκα).

Οι **νευροαδενικές συνάψεις** ονομάζονται επίσης νευροεπιθηλιακές συνάψεις. Μαζί με τις ορμόνες, αυτές οι συνάψεις διεγείρουν ή αναστέλλουν την έκκριση των αδένων. Για παράδειγμα, παρασυμπαθητικές νευρικές ίνες προάγουν την έκκριση σιάλου, ενώ συμπαθητικές νευρικές ίνες την αναστέλλουν.

Οι **νευρομυϊκές συνάψεις** είναι υπεύθυνες για τη μετάδοση της νευρικής ώσης στους σκελετικούς μυς. Η ακετυλοχολίνη ενεργεί ως ο νευροδιαβιβαστής, ο οποίος συνδέεται στους μετασυναπτικούς υποδοχείς, προκαλώντας εκπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης (**διεγερτική σύναψη**). Ο νευράξονας του κινητικού νευρώνα διαιρείται σε πολλούς μικρότερους παράπλευρους κλάδους σχηματίζοντας τα τελικά δενδρύλλια που καταλήγουν στα **τελικά κομβία**. Ο νευροδιαβιβαστής αποθηκεύεται σε κυστίδια τα οποία βρίσκονται στα κομβία των προσυναπτικών νευρώνων. Μόλις φτάσει μία ηλεκτρική νευρική ώση, ο νευροδιαβιβαστής απελευθερώνεται στη σύναψη με εξωκυττάρωση. Τα μόρια του νευροδιαβιβαστή ενώνονται με την μετασυναπτική μεμβράνη του μυϊκού κυττάρου. Αυτή η αντίδραση εξαρτάται σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό από την παρουσία ασβεστίου (Ca). Κάποιες τοξίνες αναστέλλουν αυτή την εξειδικευμένη αλληλεπίδραση (π.χ. τοξίνη του τετάνου και νευροτοξίνη της αλαντίασης).

Οι πιο σημαντικοί **νευροδιαβιβαστές** είναι η **ακετυλοχολίνη (χολινεργικοί υποδοχείς)** και η **νοραδρεναλίνη (αδρενεργικοί υποδοχείς)**. **Χολινεργικοί υποδοχείς** απαντώνται στις τελικές κινητικές πλάκες, σε όλες τις συνάψεις του παρασυμπαθητικού συστήματος, στις μεταγαγγλιακές συνάψεις των ιδρωτοποιών αδένων, στις αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις και στο ΚΝΣ. Ο αποκλεισμός των χολινεργικών υποδοχέων, για παράδειγμα με τη χρήση κουραρίου, προκαλεί ολική χαλάρωση των σκελετικών μυών. Ο μηχανισμός αυτός αξιοποιείται στη χρήση αναισθητικών φαρμάκων.

Οι **αδρενεργικοί υποδοχείς** διακρίνονται σε α- και β-υποδοχείς. Η διέγερση των α<sub>1</sub>-υποδοχέων οδηγεί σε αγγειοσύσπαση και η διέγερση των α<sub>2</sub>-υποδοχέων σε αγγειοδιαστολή. Η ενεργοποίηση των β<sub>1</sub>-υποδοχέων αυξάνει τον αριθμό των καρδιακών παλμών και την κινητικότητα του εντέρου, ενώ η ενεργοποίηση των β<sub>2</sub>-υποδοχέων προκαλεί βρογχοδιαστολή και χάλαση του λείου μυϊκού ιστού του εντέρου και της μήτρας. Είναι δυνατός ο αποκλεισμός των υποδοχέων με τη χρήση ουσιών (ανταγωνιστές, αναστολείς) που καθιστούν ανενεργούς τους νευροδιαβιβαστές. Έτσι, οι β αναστολείς αναστέλλουν την θετική χρονότροπη δράση των β<sub>1</sub>-υποδοχέων στην καρδιά και χρησιμοποιούνται στην αντιμετώπιση της υψηλής αρτηριακής πίεσης.

Οι **νευρωνοτροποποιητές** (neuromodulators π.χ. ουσία P, ενδορφίνη, νευροπεπτίδιο Υ, και σωματοστατίνη) επηρεάζουν τη διεγερσιμότητα των νευρικών κυττάρων

για σχετικά μακρό χρόνο. Μετά τη διέγερση, ο νευροδιαβιβαστής πρέπει να απενεργοποιηθεί όσο το δυνατόν συντομότερα για να αποτραπεί μία μη ελεγχόμενη, διαρκής εκπόλωση του μετασυναπτικού νευρώνα. Διαφορετικά, ο νευροδιαβιβαστής συσσωρεύεται στη σύναψη, και στην περίπτωση μία τελικής κινητικής πλάκας, μπορεί να προκληθεί παράλυση του μυϊκού ιστού. Η απενεργοποίηση της συναπτικής διέγερσης επισυμβαίνει με ένα από τους τρεις μηχανισμούς: ένζυμα (π.χ. ακετυλοχολινεστεράση) αποδομούν τον νευροδιαβιβαστή στη συναπτική σχισμή το συναπτικό κυστίδιο ανακυκλώνεται τα γειτονικά νευρογλοιακά κύτταρα αποδομούν ή ανενεργοποιούν τον διαβιβαστή.

## Φραγμοί στο νευρικό σύστημα

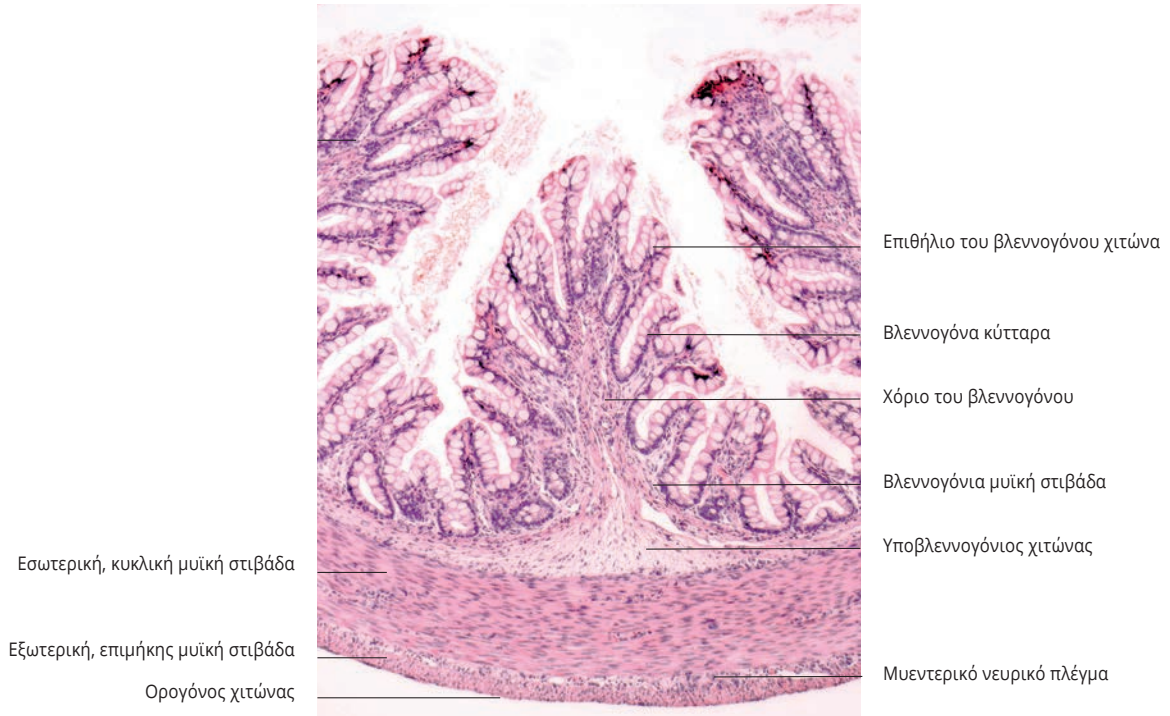
Στο νευρικό σύστημα υπάρχουν βιολογικοί φραγμοί που ελέγχουν την πρόσβαση των συστατικών του αίματος στο νευρικό ιστό. Ο νευρικός ιστός λειτουργεί μόνο εντός ενός πολύ καλά ελεγχόμενου περιβάλλοντος ανεξάρτητου από το περιβάλλον της περιφέρειας. Όμως, μία επιλεκτική ανταλλαγή ουσιών που χρησιμεύει για θρεπτικούς και αποτοξινωτικούς σκοπούς είναι απαραίτητη για την ομαλή νευρική λειτουργία. Οι φραγμοί του νευρικού συστήματος περιλαμβάνουν :

- τον αιματο-εγκεφαλικό φραγμό,
- τον αιματο-λεμφικό φραγμό, και
- τον αιματο-νευρικό φραγμό.

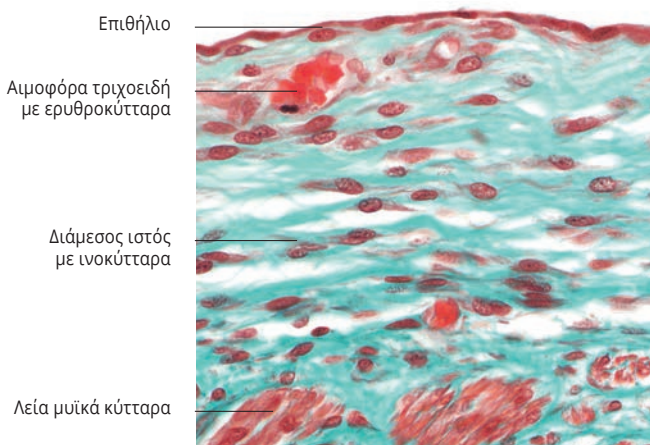
Οι μηχανισμοί οι οποίοι ελέγχουν το μοναδικό περιβάλλον του εγκεφάλου αναφέρονται ως **αιματο-εγκεφαλικός φραγμός**. Ο αιματο-εγκεφαλικός φραγμός περιορίζει αυστηρά τη μεταφορά ουσιών προς τον εγκέφαλο τόσο με δομικούς (στενές ή στεγανές συνδέσεις) όσο και με μεταβολικούς (ένζυμα) τρόπους. Αυτός ο φραγμός δημιουργείται από ενδοθηλιακά κύτταρα των αιμοφόρων τριχοειδών, τα οποία επιτρέπουν την ανεμπόδιστη διέοδο μόνο κάποιων (π.χ. λιποδιαλυτών) ουσιών. Άλλες ουσίες μεταφέρονται ενεργά διαμέσου του φραγμού με μεσολάβηση υποδοχέων (π.χ. γλυκόζη ή αμινοξέα).

Ο **αιματο-λεμφικός φραγμός** σχηματίζεται από τα επιθηλιακά κύτταρα του χοριοειδούς πλέγματος (choroid plexus) στις κοιλίες του εγκεφάλου και λειτουργεί όπως ο αιματο-εγκεφαλικός φραγμός. Τα επενδυματικά κύτταρα τα οποία επαλείφουν τις κοιλίες, σχηματίζουν ένα συνεχή στοίχο γύρω από τα χοριοειδή πλέγματα. Ο ιδιόμορφος τρόπος σύνδεσης των επιθηλιακών κυττάρων συνιστά φραγμό ανάμεσα στο αίμα και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό. Ανάμεσα στην αραχνοειδή και την χοριοειδή μήνιγγα βρίσκεται ο υπαραχνοειδής χώρος, ο οποίος συμμετέχει στην αποχέτευση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού.

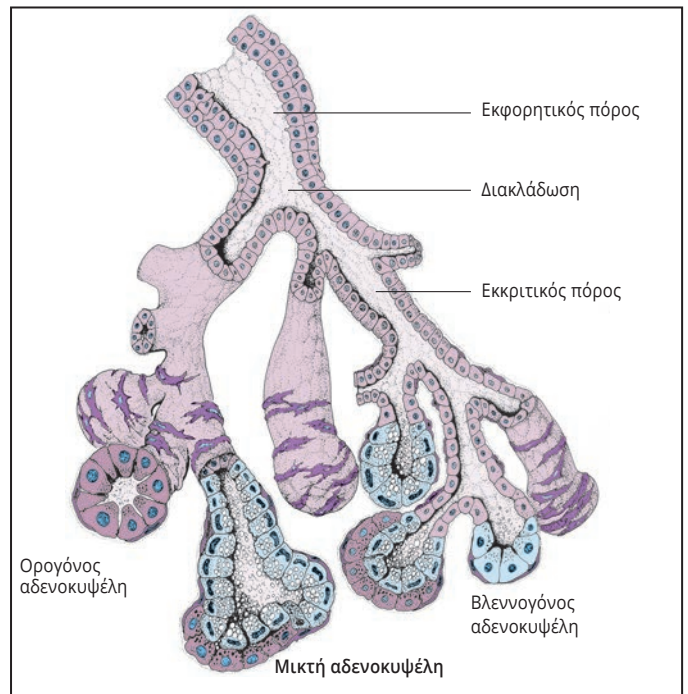
Ένας φραγμός που απαντάται στο περιφερικό νευρικό σύστημα είναι ο **αιματο-νευρικός φραγμός**. Είναι ένας ημιδιαπερατός φραγμός διάχυσης ανάμεσα στο ενδονεύριο και τα αιμοφόρα τριχοειδή των νευρώνων, των οποίων τα ενδοθηλιακά κύτταρα ενώνονται με στενές ή στεγανές συνδέσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν τον φραγμό. Αυτός ο φραγμός είναι σχετικά λιγότερο αποτελεσματικός στις



**Εικ. I-58.** Ιστολογική τομή κόλου χοίρου.



**Εικ. I-59.** Μονόστιβο πλακώδες επιθήλιο (μεσοθήλιο) και το υποκείμενο χόριο.



**Εικ. I-60.** Σχηματική απεικόνιση σύνθετου σωληνοκυψελοειδή αδένου με διάφορες αδενουψελες.

ρίζες των νεύρων, στα νωτιαία και τα αυτόνομα γάγγλια σε σχέση με το υπόλοιπο τμήμα των νεύρων.

## Γενική ανατομική των σπλάχνων

Τα **σπλάχνα** είναι τα εσωτερικά όργανα της θωρακικής, κοιλιακής και πυελικής κοιλότητας, όπως επίσης τα όργανα του πεπτικού και του αναπνευστικού συστήματος που βρίσκονται στην κεφαλή και στον τράχηλο. Τα σπλάχνα μπορεί να ταξινομηθούν σε όργανα της κεφαλής (head), τραχήλου (neck), θώρακα (thorax), κοιλιάς (abdomen), και πυέλου (pelvis). Η **σπλαχνολογία** (splachnology) είναι η μελέτη των εσωτερικών οργάνων και συνήθως διδάσκεται με τα συστήματα του σώματος. Αντίθετα, η τοπογραφική ανατομική αναφέρεται σε μία χώρα του σώματος και τις λειτουργίες και αλληλεπιδράσεις των οργάνων στη χώρα αυτή. Αυτή η βασική γνώση είναι ουσιώδης για την κλινική ανατομική (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 19).

Τα όργανα του πεπτικού, αναπνευστικού και ουρογεννητικού συστήματος είναι κυρίως κοίλα συστήματα τα οποία αναφέρονται ως οδοί ή σωλήνες (tract) (π.χ. πεπτική οδός ή πεπτικός σωλήνας). Αυτά τα όργανα ανοίγονται στην επιφάνεια του σώματος διαμέσου του στόματος, της ρινός, του πρωκτού, του κολεού ή της ουρήθρας. Τα ανοίγματα αυτά παρέχουν την δυνατότητα μη επεμβατικών εξετάσεων των εσωτερικών οργάνων (ενδοσκόπηση). Το κάθε όργανο διαφέρει ανάλογα με τη θέση και τη δομή του και είναι υπεύθυνο για διάφορες λειτουργίες. Παρά τις διαφορές τους, τα όργανα έχουν δομικές και λειτουργικές ομοιότητες που δικαιολογούν μία γενική επισκόπηση των διαφόρων συστημάτων (Εικ. I-58). Με βάση τα παραπάνω, κάποιοι βασικοί **ανατομικοί όροι** πρέπει να αποσαφηνιστούν, όπως:

- σπλαχνικός βλεννογόνος (visceral mucosa)
- σπλαχνικός συνδετικός ιστός (visceral connective tissue)
- σπλαχνική κινητικότητα (visceral motility)
- κοιλότητες του σώματος (body cavities) και η ορογόνοια επένδυσή τους

## Σπλαχνικός βλεννογόνος

Ο αυλός των περισσότερων κοίλων οργάνων είναι συνδεδεμένος με τον ένα ή τον άλλο τρόπο με το περιβάλλον. Η εσωτερική επένδυση αυτών των οργάνων είναι ο βλεννογόνος χιτώνας (mucosa) που φυσιολογικά παράγει βλέννα (mucous). Η επένδυση του κυκλοφορικού και νευρικού συστήματος αποτελούν δύο εξαιρέσεις επειδή δεν παράγουν βλέννα. Κάθε βλεννογόνος αποτελείται από δύο στιβάδες:

- μία επιθηλιακή στιβάδα που καλύπτει την εσωτερική επιφάνεια του οργάνου, το **επιθήλιο** (epithelium) και

- μία υποκείμενη στιβάδα **χαλαρού συνδετικού ιστού**, το χόριο (lamina propria mucosae).

Κάποιες περιοχές των οργάνων διαθέτουν μία τρίτη, λεπτή στιβάδα μυϊκού ιστού, την **βλεννογόνια μυϊκή στιβάδα** (muscularis mucosae) κάτω από το χόριο του βλεννογόνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο πεπτικός σωλήνας.

## Επιθήλιο

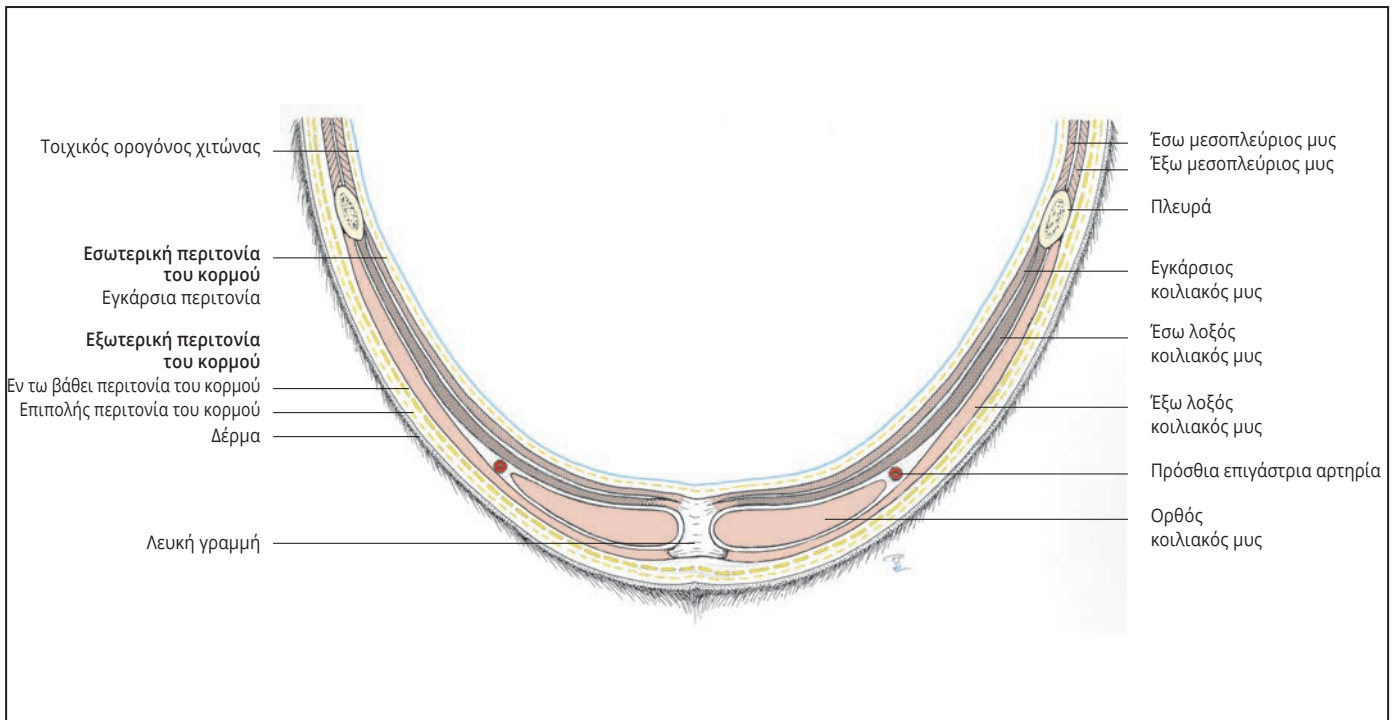
Οι λειτουργίες του επιθηλίου περιλαμβάνουν την προστασία, και την απορρόφηση, επαναρρόφηση και έκκριση διαφόρων ουσιών. Οι **προστατευτικές λειτουργίες** περιλαμβάνουν:

- προστασία από μηχανικές, χημικές, θερμικές ή οσμωτικές επιδράσεις (π.χ. στο πεπτικό ή το ουροποιητικό σύστημα),
- προστασία από εισπνεόμενα σωματίδια σκόνης ή αιωρούμενα σωματίδια στον αέρα,
- προστασία από λοιμογόνους παράγοντες (π.χ. ιοί, βακτήρια, παράσιτα) και ανοσιακή άμυνα.

Ο βλεννογόνος είναι υπεύθυνος για την **απορρόφηση** ουσιών. Προκειμένου να αυξήσει το εμβαδόν της επιφάνειας που είναι ικανή να απορροφήσει, ο βλεννογόνος σχηματίζει λάχνες, κρύπτες, πτυχές ή ακρολοφίες-πέταλα (π.χ. επιμήκεις και εγκάρσιες πτυχές του βλεννογόνου του εντέρου, εντερικές λάχνες, θηλές της μεγάλης κοιλίας, πέταλα του κεκρυφάλου). Επιπρόσθετα σε αυτές τις κατασκευές, τα κορυφαία κύτταρα στην ελεύθερη επιφάνεια του αυλού περιέχουν λεπτές δακτυλιοειδείς προεξοχές, τις μικρολάχνες (π.χ. στο λεπτό έντερο και στη χοληδόχο κύστη). Οι μικρολάχνες είναι υπεύθυνες για την απορρόφηση του νερού, μικρών μορίων και ιόντων.

Το επιθήλιο του βλεννογόνου επίσης εκκρίνει διάφορες ουσίες. Παράγει, αποθηκεύει και εκκρίνει, για παράδειγμα, βλέννα και πεπτικά ένζυμα στον αυλό του πεπτικού σωλήνα. Το επιθήλιο είναι σε κάποιο βαθμό εξειδικευμένο, επειδή περιέχει οργανο-ειδικά, διαφοροποιημένα, μονήρη επιθηλιακά κύτταρα που ονομάζονται καλυκοειδή κύτταρα, και γαστρικούς (gastric glands) ή εντερικούς (intestinal glands) αδένες. Πολυκύτταροι αδένες (παρειασκοί, χειλικοί, φαρυγγικοί, ρινικοί ή τραχειακοί αδένες) μπορούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες βλέννας όταν είναι απαραίτητο, για παράδειγμα, για την προετοιμασία της πέψης στην στοματική κοιλότητα. Αυτοί οι αδένες βρίσκονται πάντα στον συνδετικό ιστό έξω από το επιθήλιο, αλλά συνδέονται με τον αυλό του οργάνου διαμέσου μονήρων ή διακλαδισμένων εκφορητικών πόρων.

**Εξωκρινής έκκριση** είναι η **απελευθέρωση των ουσιών** στον αυλό ενός οργάνου ή στην επιφάνεια του σώματος. Αν η ουσία εκκριθεί στο δίκτυο των αιμοφόρων τριχοειδών αγγείων ή τοπικά στον περιβάλλοντα συνδε-



Εικ. I-61. Σχηματική απεικόνιση εγκάρσιας τομής του κοιλιακού τοιχώματος.

τικό ιστό τότε είναι μία **ενδοκρινής έκκριση**. Η ουσία που εκκρίνεται ενδοκρινώς είναι μία ορμόνη.

Τα κύτταρα των αδένων ταξινομούνται με βάση την δομή τους, τον τρόπο απελευθέρωσης της ουσίας ή την **σύσταση της έκκρισης τους**. Από άποψη κατασκευής διακρίνονται ως εξής (Εικ. I-60).

- **σωληνοειδείς αδένες:**
  - απλοί σωληνοειδείς αδένες (π.χ. εντερικοί αδένες),
  - απλοί σπειροειδείς σωληνοειδείς αδένες (π.χ. ιδρωτοποιοί αδένες),
  - απλοί σχιστοί σωληνοειδείς αδένες με εκφορητικό πόρο (π.χ. γαστρικοί αδένες),
  - σύνθετοι σωληνοειδείς αδένες με εκφορητικό πόρο (π.χ. αδένες λεπτού εντέρου),
- **βοτρυοειδείς αδένες** (αδένες που μοιάζουν με σταφύλι και έχουν μικρό αυλό):
  - απλοί σχιστοί βοτρυοειδείς αδένες (π.χ. σμηγματογόνοι αδένες),
  - σύνθετοι βοτρυοειδείς αδένες (π.χ. πάγκρεας, παρωτίδα),
- **κυψελοειδείς αδένες** (σφαιρικοί αδένες με ευρύ αυλό):
  - σύνθετοι σωληνοκυψελοειδείς αδένες (π.χ. μαστικός αδένας, επικουρικοί γεννητικοί αδένες).

Οι αδένες ταξινομούνται ανάλογα με τη σύσταση του εκκρίματος που παράγουν σε:

- **βλεννογόνους αδένες**, που παράγουν βλεννώδη προϊόντα (π.χ. παρειικοί αδένες),
- **ορογόνους αδένες**, που παράγουν ορώδη προϊόντα (π.χ. παρωτίδα, δακρυϊκός αδένας),
- **μικτούς αδένες**, που περιέχουν ορογόνες και βλεννογόνες αδενοκυψέλες (π.χ. υπογλώσσιος αδένας).

Η μεταφορά των εκκρινόμενων προϊόντων επιτυγχάνεται με την υδροστατική πίεση, με τα μυοεπιθηλιακά κύτταρα, με τα γειτονικά λεία μυϊκά κύτταρα, όπως επίσης και με τη μηχανική δύναμη των σκελετικών μυών (π.χ. μαστηήριοι μύες για τη μεταφορά της σιάλου).

## Στιβάδα συνδετικού ιστού του βλεννογόνου

Κάθε αδενικό επιθήλιο στηρίζεται πάνω σε μία στιβάδα συνδετικού ιστού, το **χόριο** (mucous membrane proper, lamina propria), το οποίο βασικά έχει τρεις λειτουργίες:

- μεταφορά ουσιών,
- μηχανική προστασία,
- ειδική και μη ειδική ανοσιακή άμυνα.

Το χόριο περιέχει αγγεία που αρδεύουν το βλεννογόνο (αιμοφόρα και λεμφοφόρα αγγεία) όπως επίσης και νεύρα (αισθητικά και φυτικά). Αποτελείται από χαλαρό



συνδετικό ιστό που περιέχει δεσμίδες κολλαγόνων ινών με ελαστικές ιδιότητες. Ανάμεσα στις ίνες παρεμβάλλεται άμορφη μεσοκυττάρια ουσία. Το επιθήλιο στερείται αιμοφόρων αγγείων (εκτός από κάποια τμήματα του τοιχώματος του έσω ωτός), και έτσι τα τριχοειδή του χορίου είναι υπεύθυνα για την τροφοδοσία των επιθηλιακών κυττάρων. Τα αιμοφόρα τριχοειδή επίσης μεταφέρουν ουσίες που απορροφήθηκαν από το έντερο (αμινοξέα, υδατάνθρακες). Τα λεμφοφόρα τριχοειδή μεταφέρουν τα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας τα οποία απορροφήθηκαν από το έντερο. Αισθητικοί νευρικοί υποδοχείς απαντώνται σε αυτή τη στιβάδα και είναι υπεύθυνοι για την αίσθηση της γεύσης και της αφής. Το χόριο στερεώνει το επιθήλιο στις υποκείμενες κατασκευές, για παράδειγμα στην υπερώα ή τη γλώσσα.

Το χόριο επίσης περιέχει ανοσιακά κύτταρα (λεμφοκύτταρα, μακροφάγα), τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στους μη ειδικούς και τους ειδικούς ανοσιακούς αμυντικούς μηχανισμούς (MALT, mucosa-associated lymphatic tissue). Τα ανοσιακά κύτταρα βρίσκονται διάσπαρτα μονήρη ή ως ομάδες κυττάρων που σχηματίζουν μονήρη λεμφοζίδια. Συσσωρεύσεις τέτοιων κυττάρων σχηματίζουν τις αμυγδαλές στον φάρυγγα ή τις **πλάκες Peyer** στο έντερο.

## Βλεννογόνια μυϊκή στιβάδα

Σε ορισμένα σημεία του τοιχώματος των κοίλων οργάνων (π.χ. στον πεπτικό σωλήνα), το επιθήλιο περιλαμβάνει και μία τρίτη στιβάδα, τη **βλεννογόνια μυϊκή στιβάδα**. Αυτή η στιβάδα αποτελείται από λεία μυϊκά κύτταρα τα οποία είναι υπεύθυνα για την κινητικότητα του επιθηλίου.

## Σπλαχνικός συνδετικός ιστός

Ο σπλαχνικός συνδετικός ιστός εκπληρώνει ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών. Σχηματίζει την ινώδη κάψα η οποία επενδύει εξωτερικά τα όργανα, σταθεροποιεί τη μορφή και το σχήμα των οργάνων, και παρέχει το υπόστρωμα της διαδρομής για τα αγγεία και τα νεύρα. Ο υψηλός βαθμός ευλυγισίας που παρέχεται από τον συνδετικό ιστό επιτρέπει στα όργανα να προσαρμόζονται σε αλλαγές του περιεχομένου τους και την δυνατότητα ολίσθησης χωρίς τριβές μεταξύ τους. Η ποσότητα συνδετικού ιστού που απαντάται στα σπλάχνα υπογραμμίζει τον σημαντικό δομικό και λειτουργικό του ρόλο. Συνήθως, η σημαντικότητα του συνδετικού ιστού αναγνωρίζεται όταν η λειτουργία μειώνεται εξαιτίας αδυναμίας ή ασθένειας. Δύο είδη ιστού απαντώνται σε ένα όργανο:

- **μη ειδικός συνδετικός ιστός**, που αναφέρεται επίσης ως **στρώμα** (stroma) ή **διάμεσος συνδετικό ιστός** (intersistium), και
- **οργανο-ειδικός ιστός**, που ονομάζεται **παρέγχυμα** (parenchyme), και καθορίζει τη λειτουργία

ενός οργάνου (ηπατικό παρέγχυμα, νεφρικό παρέγχυμα).

Τέτοια όργανα αναφέρονται και ως **παρεγχυματικά** όργανα. Το **στρώμα** περιβάλλει τα παρεγχυματικά τμήματα του οργάνου (απλά κύτταρα, ομάδες κυττάρων, επιθηλιακά δεμάτια ή χορδές, κυτταρικές δοκίδες ή κυτταρικές πλάκες κλπ) και περικλείει τα αγγεία και τα νεύρα. Συγκροτεί το χόριο του βλεννογόνου, τον πρόσθετο ή ινώδη χιτώνα στο εξωτερικό μέρος των οργάνων, όπως επίσης την **ινώδη κάψα** των οργάνων (νεφρός, όρχης, ήπαρ και σπλήνας). Η ινώδης κάψα είναι τεταμένη και συχνά περιέχει ελαστικές ίνες. Ίνες συνδετικού ιστού που προέρχονται από την κάψα εισχωρούν στο παρέγχυμα των οργάνων (σπληνικές δοκίδες, ορχικά διαφραγμάτια).

Τα αγγεία και τα νεύρα εισχωρούν μαζί σε ένα όργανο διαμέσου ενός συγκεκριμένου σημείου που ονομάζεται **πύλη**. Σε αυτό το σημείο, το στρώμα του οργάνου μετατρέπεται σε **ορογόνο πτυχή**, η οποία προσφέρει το υπόστρωμα για την συνέχεια των αγγείων και των νεύρων.

## Σπλαχνική κινητικότητα

Η κινητικότητα των σπλάχνων είναι υπεύθυνη για την μεταφορά (προώθηση) του περιεχομένου των διαφόρων οργάνων. Έτσι ελέγχεται η ποσότητα του περιεχομένου που βρίσκεται στα όργανα σε κάθε στιγμή. Με μηχανισμούς σύσπασης και χάλασης, ο βλωμός διέρχεται τον πεπτικό σωλήνα, η χοληδόχος κύστη εκκρίνει χολή, το ούρο αποβάλλεται, το σπέρμα προωθείται και τα τοιχώματα της μήτρας συσπώνται κατά τη διάρκεια του τοκετού.

Αυτή η κινητικότητα είναι επίσης υπεύθυνη για το κλείσιμο των σφιγκτήρων, για παράδειγμα, στην έξοδο του στομάχου (πυλωρός) ή στην ουροδόχο κύστη. Η διαστολή και η συστολή της καρδιάς μπορεί να θεωρηθεί ως κινητικότητα στο κυκλοφορικό σύστημα.

Οι μυϊκές ίνες των εσωτερικών οργάνων ανήκουν συνήθως στο λείο μυϊκό ιστό (σπλαχνικός μυϊκός ιστός) (Εικ. I-58). Αυτός ο μυϊκός ιστός νευρώνεται από το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό σύστημα (αυτόνομο-φυτικό νευρικό σύστημα). Η κινητικότητα των εσωτερικών οργάνων περιλαμβάνει περισταλτικές κινήσεις οι οποίες ελέγχονται από φυτικές αυτόνομες νευρικές ώσεις. Αυτές οι ώσεις μπορεί να έχουν διεγερτικά ή ανασταλτικά αποτελέσματα στην κινητικότητα. Εξαιρεση αποτελούν το μυοκάρδιο και η γλώσσα που αποτελούνται από εξειδικευμένο γραμμωτό μυϊκό ιστό. Ο λείος μυϊκός ιστός των κοίλων σπλαχνικών οργάνων διατάσσεται χαρακτηριστικά ως:

- **μυϊκός χιτώνας** με :
  - μία εσωτερική, κυκλική στιβάδα μυϊκών κυττάρων και
  - μία εξωτερική, επιμήκη στιβάδα μυϊκών κυττάρων.

## Οι κοιλότητες του σώματος και η ορογόνος επένδυσή τους

Τα περισσότερα από τα σπλαχνικά όργανα (viscera) βρίσκονται στις κοιλότητες του σώματος, στις οποίες πολύ λίγος ελεύθερος χώρος απομένει. Οι ευκίνητες ορογόνες πτυχές και τα μικρά διαστήματα γεμάτα υγρό ανάμεσα στα όργανα μειώνουν την τριβή στο ελάχιστο, επιτρέποντας στα όργανα να ολισθαίνουν μεταξύ τους όπως συμβαίνει κατά την αναπνοή ή κατά την πέψη. Οι ορογόνες πτυχές εξασφαλίζουν την ακεραιότητα των κοιλοτήτων, αφορίζουν τους χώρους όπου τα όργανα λειτουργούν ελεύθερα, και βοηθούν στο να απομονώνονται όργανα με αντικρουόμενες ενέργειες. Η ελευθερία κινήσεων των σπλάχνων είναι ουσιώδης για τη λειτουργία τους.

Οι κοιλότητες του σώματος βρίσκονται στον κορμό του σώματος και όμοια με τους σπονδύλους μπορεί να διαιρεθούν σε τρεις διαφορετικές ζώνες:

- θωρακική,
- κοιλιακή,
- πυελική.

Κατά την πρόωμη εμβρυική ανάπτυξη, το διάφραγμα αναπτύσσεται από το εγκάρσιο διάφραγμα (septum transversum) και τις παρακείμενες, μεσεγγυματικής προέλευσης μυϊκές καταβολές. Έτσι το διάφραγμα διαχωρίζει την πρωτογενή μοναδική κοιλότητα του σώματος σε :

- θωρακική κοιλότητα (thoracic cavity) και
- κοιλιακή κοιλότητα (abdominal cavity), η οποία παραμένει σε επικοινωνία με τη πυελική κοιλότητα (pelvic cavity).

Η θωρακική και η κοιλιακή κοιλότητα επικοινωνούν διαμέσου **τριών τρημάτων**, το **τρήμα της οπίσθιας κοίλης φλέβας** (caval foramen), το **οισοφαγικό τρήμα** (esophageal hiatus), διαμέσου του οποίου διέρχονται ο οισοφάγος, τα πνευμονογαστρικά στελέχη και τα οισοφαγικά αγγεία, και το **αορτικό τρήμα** (aortic hiatus), διαμέσου του οποίου διέρχονται η αορτή, ο θωρακικός πόρος και η άζυγη φλέβα.

Ανάμεσα στο ραχιαίο χείλος των σκελών του διαφράγματος και του ψοίτες μυς, μία περιορισμένη περιοχή παραμένει γεμάτη με συνδετικό ιστό, η **οσφυοπλευρική καμάρα** (lumbocostal arc), διαμέσου της οποίας διέρχονται το συμπαθητικό στέλεχος και σπλαχνικά νεύρα σε κάθε πλευρά.

Αυτή η περιοχή είναι ένα ευαίσθητο σημείο ανάμεσα στη θωρακική και την κοιλιακή κοιλότητα.

Η **πυελική κοιλότητα** (pelvic cavity) είναι η οπίσθια συνέχεια της κοιλιακής κοιλότητας. Η τελική γραμμή της πύελου οριοθετεί το πρόσθιο στόμιο της πύελου διαμέσου του οποίου επικοινωνεί η πύελος με την κοιλιακή κοιλότητα. Αυτή η νοητή γραμμή εκτείνεται από το ακρωτήριο του ιερού οστού, διατρέχει πλευρικά τις τοξοειδείς γραμμές του λαγόνιου οστού και καταλήγει στην πρόσθια ακρολοφία του ηβικού οστού.

Τα εσωτερικά τοιχώματα των κοιλοτήτων του σώματος είναι δομικά όμοια αν και παρατηρούνται διαφοροποιήσεις ανάλογα με τη χώρα του σώματος. Οι στιβάδες του τοιχώματος είναι οι ακόλουθες, ξεκινώντας από έξω:

- δέρμα (common integument),
- εξωτερική περιτονία του κορμού (superficial trunk fascia),
- σκελετικοί μύες,
- εσωτερική περιτονία του κορμού (internal trunk fascia) και
- ορογόνος υμένας (serous membrane).

Οι ορογόνοι υμένες επενδύουν σχεδόν εξ'ολοκλήρου το εσωτερικό του σώματος ή τις ορογόνες κοιλότητες. Υπάρχουν τέσσερις ορογόνες κοιλότητες:

- η αριστερή και δεξιά κοιλότητα του υπεζωκότα (pleural cavity),
- η περιτοναϊκή κοιλότητα (peritoneal cavity),
- η περικαρδιακή κοιλότητα (pericardial cavity) με το περικάρδιο.

Ένας ορογόνος υμένας αποτελείται από μία στιβάδα μονόστιχου πλακώδους επιθηλίου (μεσοθήλιο) και μία υποκείμενη στιβάδα ερειστικού ιστού, το χόριο (Εικ. I-59). Ο ορογόνος υμένας είναι ικανός να **εκκρίνει** και να **απορροφά υδαρή-ορώδη υγρά** και να **απορροφά αέριες ουσίες** (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα κατά τη λαπαροσκόπηση). Ο ορογόνος υμένας καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια των οργάνων και επενδύει τα εσωτερικά τοιχώματα των κοιλοτήτων του σώματος (Εικ. I-61). Φυσιολογικά εμφανίζεται **διαφανής, υγρός, λείος και γυαλιστερός**.

Τα ορώδη υγρά περιέχουν όχι μόνο ένα φυσιολογικό ρυθμιστικό σύστημα, αλλά επίσης μεσοθηλιακά κύτταρα και μη ειδικά ανοσιακά κύτταρα (μακροφάγα του υπεζωκότα ή του περιτοναίου) τα οποία φαγοκυτταρώνουν ξένα σωματίδια. Τα ορώδη υγρά μαζί με τα μεσοθηλιακά κύτταρα του εσωτερικού τοιχώματος των κοιλοτήτων του σώματος, λειτουργούν ως φραγμοί. Αυτή η λειτουργία είναι κλινικά εξαιρετικά σημαντική.

Ο **υπορογόνιος χιτώνας**, μία στιβάδα χαλαρού συνδετικού ιστού, βρίσκεται κάτω από τον ορογόνο χιτώνα. Αυτή η στιβάδα περιέχει λιπώδη ιστό, αιμοφόρα και λεμφοφόρα αγγεία. Ένα λεπτεπίλεπτο δίκτυο νευρικών πλεγμάτων στην υπο-επιθηλιακή στιβάδα (τοιχικός ή περίτονος ορογόνος χιτώνας) είναι ευαίσθητο σε απτικά, μηχανικά, θερμικά και χημικά ερεθίσματα που ενεργούν στην επιφάνεια του ορογόνου χιτώνα.

Ανάμεσα στους ορογόνους χιτώνες και το τοίχωμα των κοιλοτήτων του σώματος υπάρχουν στενοί, σχισμοειδείς χώροι που σχηματίζονται από την υπορογόνια στιβάδα. Στο ραχιαίο τοίχωμα της κοιλιακής κοιλότητας και στο έδαφος της πυελικής κοιλότητας, αυτός ο έξω-ορογόνιος χώρος διευρύνεται στον **εξωπεριτοναϊκό χώρο**. Σε αυτό το χώρο απαντώνται οι νεφροί και οι ουρητήρες (Εικ. I-61). Ο όρος **εξωπεριτοναϊκός** περιγράφει την θέση των οργάνων τα οποία βρίσκονται στον εξωπεριτοναϊκό χώρο

και, για αυτό καλύπτονται μόνο από τη μία πλευρά τους από το περιτόναιο. Αυτά τα όργανα είναι χειρουργικά προσπελάσιμα χωρίς να διανοιχθεί η περιτοναϊκή κοιλότητα. Τα **περιτοναϊκά όργανα** τα οποία καλύπτονται πλήρως από ορογόνους υμένες τοποθετούνται ενδοπεριτοναϊκά. Τα **σπλαχνικά όργανα** τα οποία βρίσκονται στη θωρακική κοιλότητα και καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από ορογόνους υμένες χαρακτηρίζονται ως **ενδο-υπεζωκοτικά**.

Στις ορογόνες κοιλότητες (Εικ. I-61 και 62) διακρίνονται:

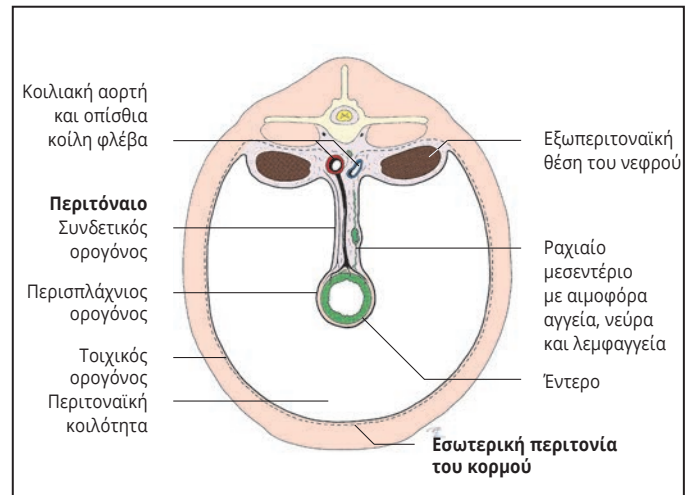
- ο περίτονος ή τοιχικός ορογόνος υμένας (parietal serosa),
- ο συνδετικός ορογόνος υμένας (περιτοναϊκή πτυχή-σύνδεσμος) (intermediate serosa),
- ο σπλαχνικός ορογόνος υμένας (visceral serosa).

Ο **περίτονος ή τοιχικός ορογόνος υμένας** είναι το τμήμα των ορογόνων υμένων που επενδύει το εσωτερικό τοίχωμα των κοιλοτήτων του σώματος. Οι υμένες που καλύπτουν τα όργανα ονομάζονται με το πρόθεμα “περι” και το όνομα του οργάνου, για παράδειγμα περικάρδιο ή περιόρχιο. Σε αντίθεση με άλλους ορογόνους υμένες, ο περίτονος ορογόνος υμένας είναι πολύ ευαίσθητος στον πόνο. Για χειρουργικές επεμβάσεις, τοπική αναισθησία πρέπει να γίνεται στο τοίχωμα του σώματος για να καταστεί ο ορογόνος υμένας αναισθητος στον πόνο. Ανάλογα με τη θέση που βρίσκεται, ο περίτονος ή τοιχικός ορογόνος υμένας διακρίνεται σε :

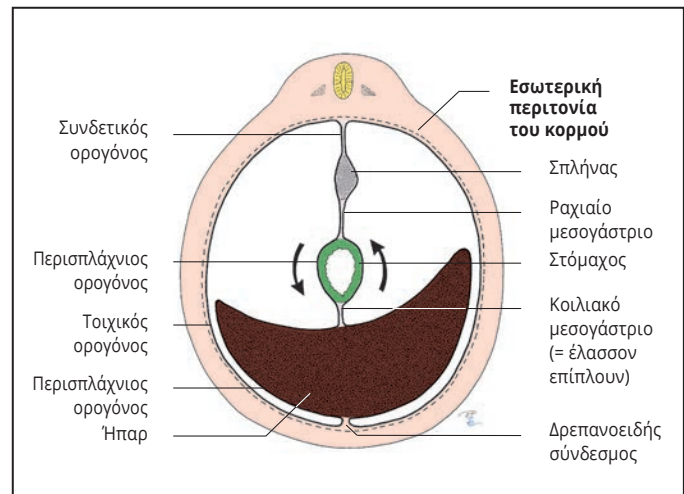
- περίτονο ή τοιχικό υπεζωκότα στην θωρακική κοιλότητα,
- περίτονο ή τοιχικό περιτόναιο στην κοιλιακή και την πυελική κοιλότητα.

Ο περίτονος ορογόνος υμένας συνδέεται στενά με την **εσωτερική περιτονία** (internal fascia) του κορμού του σώματος (Εικ. I-62 έως 64). Το τμήμα αυτής της περιτονίας που απαντάται στο τοίχωμα του κύτους του θώρακα ονομάζεται **ενδοθωράκια περιτονία**· στο πλευρικό και κοιλιακό τοίχωμα του κύτους της κοιλίας ονομάζεται **εγκάρσια περιτονία** (Εικ. I-61), και στο τοίχωμα της ελυτροειδούς απόφυσης ονομάζεται **εσωτερική σπερματική περιτονία**.

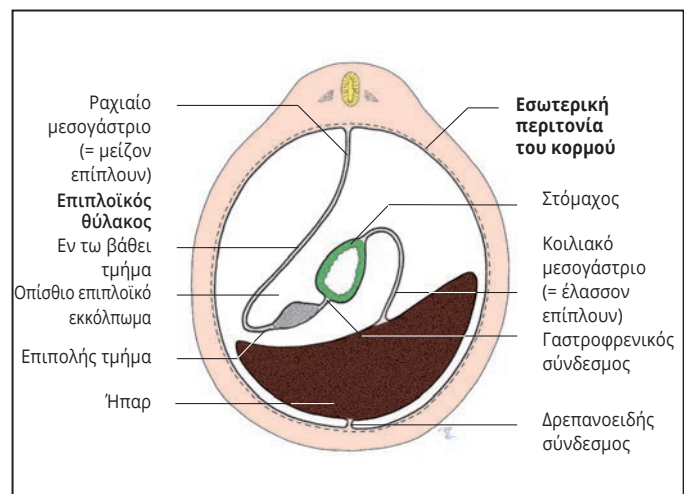
Ο **συνδετικός ορογόνος υμένας** σχηματίζει τις **ορογόνες πτυχές** (Εικ. I-62). Πρόκειται για τη συνέχεια του τοιχικού ή περίτονου ορογόνου υμένα από την αριστερή και τη δεξιά πλευρά κάθε κοιλότητας του σώματος. Αυτές οι δύο πλευρές συγκλίνουν και σχηματίζουν ένα διστιβο ορογόνο υμένα που προέρχεται από το τοίχωμα της κοιλότητας. Αυτό συμβαίνει τόσο στην οροφή όσο και στο έδαφος της κοιλότητας, σχηματίζοντας ραχιαίες και κοιλιακές ορογόνες πτυχές. Οι πτυχές ονομάζονται επίσης **σύνδεσμοι**. Η κάθε πτυχή ονομάζεται με το πρόθεμα «μεσο» και το όνομα του οργάνου στο οποίο προσφύεται, για παράδειγμα μεσογάστρο (Εικ. I-63). Το μεσογάστρο είναι η περιτοναϊκή πτυχή με την οποία κρέμεται ο



Εικ. I-62. Σχηματική απεικόνιση (τροποποιημένη) των ορογόνων υμένων στην κοιλιακή κοιλότητα.



Εικ. I-63. Σχηματική απεικόνιση των ορογόνων πτυχών κατά την πρώτη εμβρυϊκή ηλικία.



Εικ. I-64. Σχηματική απεικόνιση του ραχιαίου και κοιλιακού μεσογαστρίου κατά την πρώτη εμβρυϊκή ηλικία με την ανάπτυξη του μείζονος και ελάσσονος επίπλου.

στόμαχος στην κοιλιακή κοιλότητα κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής ανάπτυξης.

Στις πρωτοταγείς ορογόνες πτυχές οδεύουν επίσης αρτηρίες, φλέβες και λεμφοφόρα αγγεία που τροφοδοτούν τα αντίστοιχα όργανα. Συχνά, λεμφογάγγλια βρίσκονται στις ορογόνες πτυχές ενός οργάνου. Οι δευτεροταγείς ορογόνες πτυχές στηρίζουν και σταθεροποιούν τα όργανα (π.χ. δωδεκαδακτυλοκολική πτυχή, τριγωνικός σύνδεσμος). Μία περιτοναϊκή πτυχή αποτελείται από συνδετικό ιστό και λιπώδεις εναποθέσεις. Οι περιτοναϊκές πτυχές της γάτας περιέχουν επιπρόσθετα μηχανοϋποδοχείς, με συχνότερους τα σωματίδια Vater-Pacini, τα οποία απαντούν στην πίεση.

Οι ορογόνες πτυχές εκφύονται ραχιαία σαν διπέταλες μεμβράνες και συνεχίζουν κοιλιακώς μέχρι να διαχωριστούν οι μεμβράνες για να περιβάλλουν ένα συγκεκριμένο όργανο της θωρακικής, κοιλιακής ή πυελικής κοιλότητας. Το τμήμα της ορογόνου πτυχής που καλύπτει το όργανο είναι ο περισπλάχνιος ορογόνος υμένας. Κάθε ένας από αυτούς ονομάζεται με το πρόθεμα «επι» και το όνομα του οργάνου, για παράδειγμα επικάρδιο ή επιόρχιο.

Μόλις ο περισπλάχνιος ορογόνος υμένας προσεγγίσει την άλλη πλευρά του οργάνου, ενώνεται ξανά για να σχηματίσει ένα διπλό υμένα ο οποίος προσφύεται κοιλιακώς στο θωρακικό τοίχωμα ή στο πρόσθιο τμήμα του κοιλιακού τοιχώματος της κοιλιακής κοιλότητας. Τα μεσαία και τα οπίσθια τμήματα των εντέρων δεν διαθέτουν κοιλιακές ορογόνες πτυχές εξαιτίας του τρόπου της εμβρυϊκής τους ανάπτυξης.

Οι ραχιαίες και κοιλιακές ορογόνες πτυχές του στομάχου και του πρόσθιου τμήματος του δωδεκαδακτύλου σχηματίζουν μία μοναδική κατασκευή (Εικ.Ι-63 και 64). Το **μείζον επίπλουον** (greater omentum) αναπτύσσεται από το ραχιαίο μεσογάστριο το οποίο εκτείνεται και αναδιπλώνεται, σχηματίζοντας ένα θύλακο, τον **επιπλοϊκό**

**θύλακο** (omental bursa). Το εν τω βάθει σπλαχνικό τμήμα και το επιπολής τοιχικό τμήμα του επιπλοϊκού θύλακου σχηματίζουν ένα εκκόλπωμα, το οπίσθιο επιπλοϊκό εκκόλπωμα.

Το **μείζον επίπλουον** εκφύεται από το ραχιαίο τοίχωμα της κοιλιάς και εκτείνεται προς τα πίσω, στα σαρκοφάγα και τα μηρυκαστικά μέχρι την πυελική κοιλότητα, στη συνέχεια αλλάζει κατεύθυνση συνεχίζοντας προς τα εμπρός μέχρι την πρόσφυσή του στο μείζον τόξο του στομάχου. Πτυχές του μείζονος επιπλόου συνδέονται με άλλα όργανα, περιορίζοντας την κινητικότητα αλλά επίσης σχηματίζοντας εσοχές όπου μπορεί να παγιωθούν μετατοπισμένα όργανα, όπως συμβαίνει στο νεφρο-σπληνικό χώρο στον ίππο. (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 7.)

Το **κοιλιακό μεσογάστριο** (Εικ.Ι-63) διαιρείται σε δύο μοίρες από το ήπαρ. Η εγγύς μοίρα του κοιλιακού μεσογαστρίου, ο **ηπατογαστρικός σύνδεσμος** εκτείνεται ανάμεσα στην έλασσον τόξο του στομάχου και την πύλη του ήπατος. Στην τοιχική επιφάνεια του ήπατος, το κοιλιακό μεσογάστριο συνεχίζει ως δρεπανοειδής σύνδεσμος του ήπατος και τελικά προσφύεται στη λευκή γραμμή του κοιλιακού τοιχώματος. Ο ηπατογαστρικός σύνδεσμος και ο **ηπατοδωδεκαδακτυλικός σύνδεσμος** σχηματίζουν το **έλασσον επίπλουον** (Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε Κεφάλαιο 7).

Τα όργανα που βρίσκονται κοντά στο ραχιαίο τοίχωμα των κοιλοτήτων του σώματος καλύπτονται μόνο από την μία πλευρά με ορογόνο υμένα. Αυτή η θέση περιγράφεται γενικά ως **εξωορογόνος**. Στην κοιλιακή κοιλότητα, τα όργανα θα μπορούσαν να βρίσκονται εξωπεριτοναϊκά (π.χ. η θέση των νεφρών και των ουρητήρων) και στην θωρακική κοιλότητα **έξω-υπεζωκοτικά** (π.χ. η θέση του συμπαθητικού στελέχους). Τα όργανα της οπίσθιας πυελικής κοιλότητας τοποθετούνται **οπισθοπεριτοναϊκά**.