

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΑ ΖΩΑ

9.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Κάθε οργανισμός ανταλλάσσει συνεχώς υλικά και ενέργεια με το περιβάλλον του στο επίπεδο των κυττάρων. Τα κύτταρα περιβάλλονται από υδάτινο περιβάλλον (υγρό των ιστών) και οι χρήσιμες ουσίες (θρεπτικές ουσίες, οξυγόνο κ.ά.) περνούν στο κυτταρόπλασμα διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης ενώ, παράλληλα, άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού όπως το διοξείδιο του άνθρακα, περνούν έξω από τα κύτταρα. Οι ουσίες που διακινούνται διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης βρίσκονται διαλυμένες στο νερό που περιβάλλει τα κύτταρα. Στον άνθρωπο και σε όλους τους πολυκύτταρους οργανισμούς, υπάρχει ένα πολύ εξειδικευμένο οργανικό σύστημα που είναι υπεύθυνο για όλες τις ανταλλαγές υλικών μεταξύ των κυττάρων και του περιβάλλοντος τους. Πρόκειται για το **κυκλοφορικό σύστημα** το οποίο μεταφέρει αίμα σε όλο το σώμα. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί το κυκλοφορικό σύστημα του ανθρώπου.

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από το αίμα, την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία.

9.2 Το αίμα

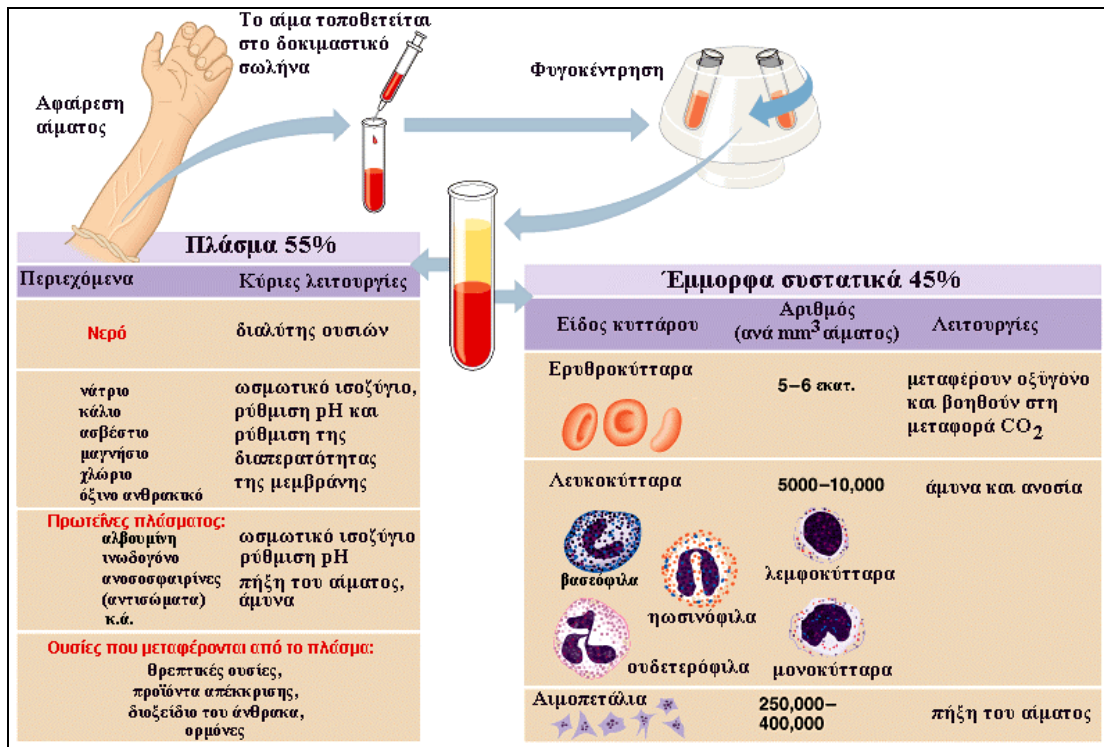
Το αίμα είναι ένας υγρός ιστός που βρίσκεται σε συνεχή κίνηση. Αποτελείται από το **πλάσμα** (υγρό περιβάλλον μέσο) και από τα **έμμορφα συστατικά** (ερυθροκύτταρα, λευκοκύτταρα και αιμοπετάλια) που αιωρούνται στο πλάσμα και κινούνται μαζί του. Η παρουσία των κυττάρων κάνει το αίμα ένα ζωντανό ιστό. Ένας άνθρωπος μέσου ύψους και βάρους έχει περίπου 5 λίτρα αίμα. Το αίμα κινείται μέσα στα αγγεία του κυκλοφορικού συστήματος και φθάνει διαρκώς σε όλους ανεξαιρέτως τους ιστούς του σώματος. Το σχήμα στην επόμενη σελίδα παρουσιάζει τα συστατικά του αίματος.

Οι λειτουργίες του αίματος

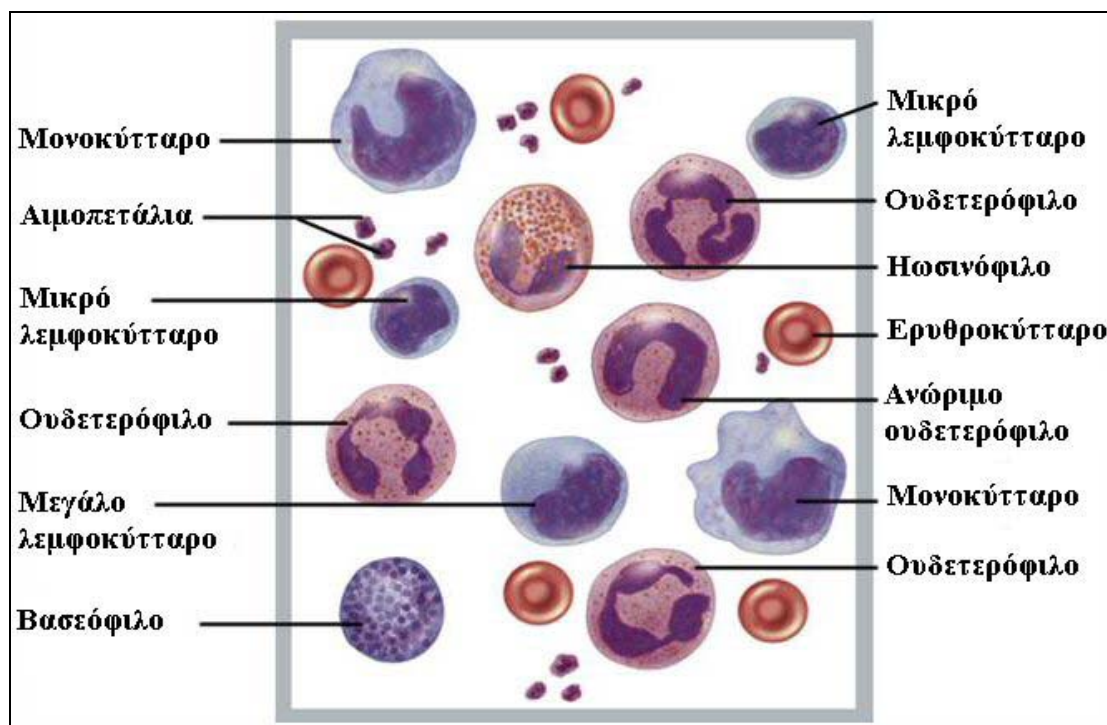
Από πολύ νωρίς, ο πρωτόγονος άνθρωπος αντιλήφθηκε το μέγεθος της σημασίας του αίματος, μιας σημασίας που πηγάζει από τη σπουδαιότητα του αίματος στη διατήρηση της ζωής. Το αίμα είναι το υγρό της ζωής (μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα), το υγρό της ανάπτυξης (μεταφορά θρεπτικών ουσιών και ορμονών) και το υγρό της υγείας (μεταφορά ουσιών για καταπολέμηση μικροβίων).

Πολύ αδρά, οι **λειτουργίες του αίματος** είναι:

- Διαρκής μεταφορά οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς και ταυτόχρονη μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα από τους ιστούς στους πνεύμονες.
- Διαρκής μεταφορά θρεπτικών ουσιών στους ιστούς και άχρηστων ή τοξικών ουσιών στα απεκκριτικά όργανα (νεφροί) ή στα όργανα αποτοξίνωσης (συκώτι, σπλήνας).
- Μεταφορά χρήσιμων ουσιών (ορμόνες, βιταμίνες) από τα σημεία παραγωγής τους στα σημεία δράσης τους.
- Ισοκατανομή της θερμικής ενέργειας που παράγεται από το μεταβολισμό των ιστών, σε όλο το σώμα.
- Αποτελεί τμήμα του ανοσοποιητικού συστήματος.



Εικόνα 9.1 Τα συστατικά του αίματος και η λειτουργία τους



Εικόνα 9.2 Μικροσκοπική εξέταση του αίματος

Στον πίνακα 9.1 παρουσιάζεται συνοπτικά η λειτουργία των συστατικών του αίματος

<p>Μονοκύτταρα: Φαγοκυτταρώνουν ξένα κύτταρα με αμοιβαδοειδείς κινήσεις.</p> <p>Λεμφοκύτταρα: Διαφοροποιούνται σε Β και Τ λεμφοκύτταρα υπεύθυνα για την παραγωγή αντισωμάτων.</p> <p>Ουδετερόφιλα: Φαγοκυτταρώνουν ξένα κύτταρα και τοξικές ουσίες με αμοιβαδοειδείς κινήσεις.</p> <p>Βασεόφιλα: Παράγουν ισταμίνη που δρα κατά μικροβίων που προκαλούν τοπικές λοιμώξεις.</p> <p>Ηωσινόφιλα: Καταπολεμούν σχετικά μεγάλα σε μέγεθος εσωτερικά παράσιτα.</p> <p>Ερυθροκύτταρα: Μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα.</p> <p>Αιμοπετάλια: Πήξη του αίματος</p> <p>Πλάσμα: Υγρό μέρος του αίματος κατά 90% νερό που περιέχει διαλυμένα ανόργανα άλατα, θρεπτικές ουσίες, βιταμίνες και κυτταρικά προϊόντα.</p>
--

Πίνακας 9.1 Η λειτουργία των συστατικών του αίματος

Τα συστατικά του αίματος

Η φωτογραφία στη σελίδα 3 παρουσιάζει μικροσκοπική απεικόνιση του ανθρώπινου αίματος. Πιο κάτω θα εξετάσουμε όλα τα συστατικά του αίματος

Το πλάσμα

Το πλάσμα αποτελεί το 55% περίπου του όγκου του αίματος. Αποτελείται κατά 90% από νερό και το χρώμα του είναι υποκίτρινο (χρώμα ώριμου σταχυού). Μέσα στο πλάσμα βρίσκονται διαλυμένες πολλές ουσίες, όπως:

- Ανόργανα άλατα (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} κ.ά.)
- Θρεπτικά υλικά από την αξιοποίηση των τροφών (αμινοξέα, σάκχαρα, λίπη, νουκλεοτίδια κ.α.)
- Βιταμίνες (Α, Β, C κ.ά.)
- Κυτταρικά προϊόντα (ινωδογόνο, ορμόνες, ουρία κ.ά)

Τα έμμορφα συστατικά

Τα έμμορφα συστατικά του αίματος είναι:

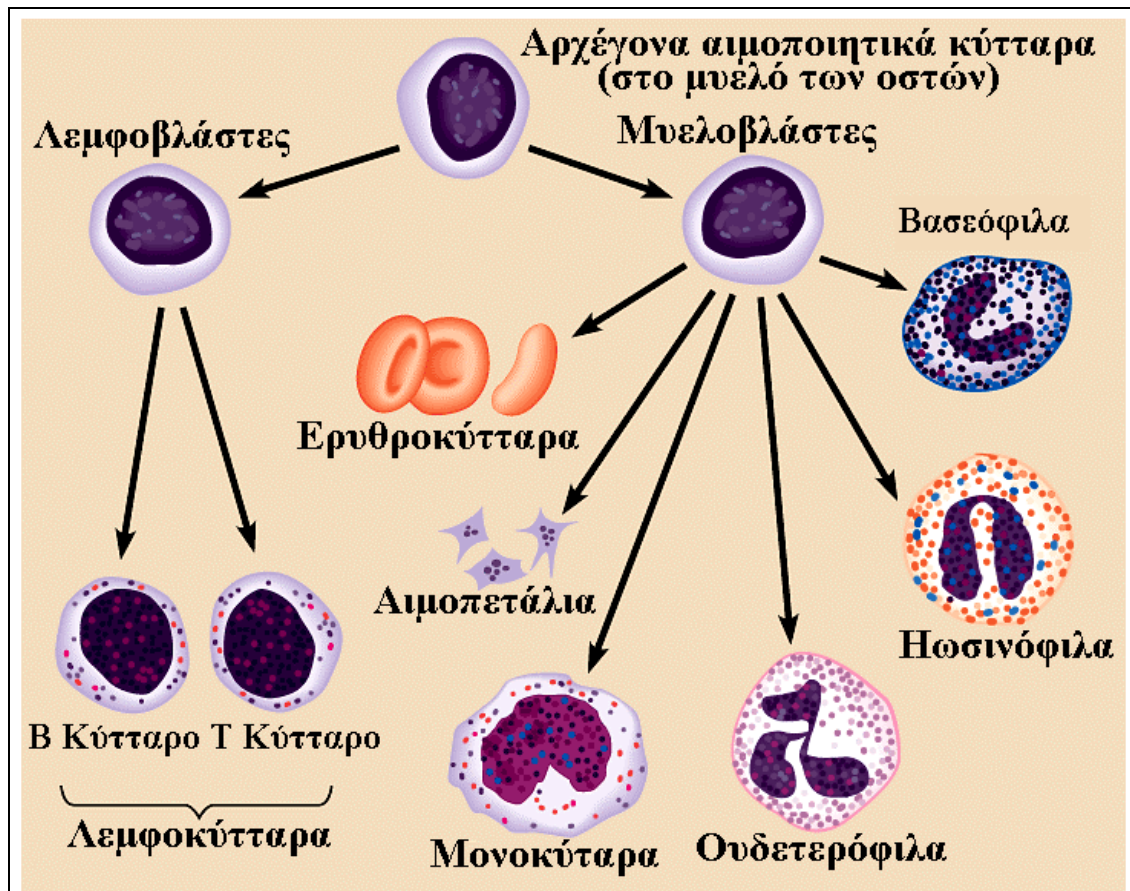
- τα κύτταρα (ερυθροκύτταρα, λευκοκύτταρα) και
- τα αιμοπετάλια που είναι θραύσματα κυττάρων.

Όλα τα έμμορφα συστατικά του αίματος δημιουργούνται, στα αρχικά τους τουλάχιστον στάδια, στο μυελό των οστών.

- **Τα ερυθροκύτταρα (ερυθρά αιμοσφαίρια)**

Παράγονται στον ερυθρό μυελό των οστών (ειδικότερα στις πλευρές, στους σπόνδυλους, στο στέρνο και στη λεκάνη) από τα **αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα** (φωτογραφία στη σελίδα 5) και έχουν σχήμα αμφίκοιλου δίσκου. Αρχέγονα ονομάζονται τα κύτταρα που έχουν τη δυνατότητα να διαφοροποιούνται σε οποιοδήποτε είδος κυττάρου του αίματος ή κυττάρων από τα οποία δημιουργούνται τα αιμοπετάλια. Τα κύτταρα αυτά εμφανίζονται κατά την εμβρυϊκή ηλικία και συνεχώς ανανεώνονται με μιτωτικές διαιρέσεις. Από αυτά τα κύτταρα

ανανεώνονται συνεχώς τα έμμορφα συστατικά του αίματος. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια παράγονται από διαφοροποιημένα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα, τους **μυελοβλάστες**.



Εικόνα 9.3 Προέλευση των έμμορφων συστατικών του αίματος

Όλα τα έμμορφα συστατικά του αίματος δημιουργούνται από ένα πληθυσμό αρχέγονων αιμοποιητικών κυττάρων. Μερικά από αυτά τα κύτταρα διαφοροποιούνται σε λεμφοβλάστες που στη συνέχεια μετατρέπονται σε B κύτταρα και σε T κύτταρα τα οποία είναι λεμφοκύτταρα υπεύθυνα για την άμυνα του σώματος κατά των αντιγόνων. Τα υπόλοιπα αρχέγονα, διαφοροποιούνται σε μυελοβλάστες που δημιουργούν τα ερυθροκύτταρα, όλα τα άλλα λευκοκύτταρα και τα αιμοπετάλια

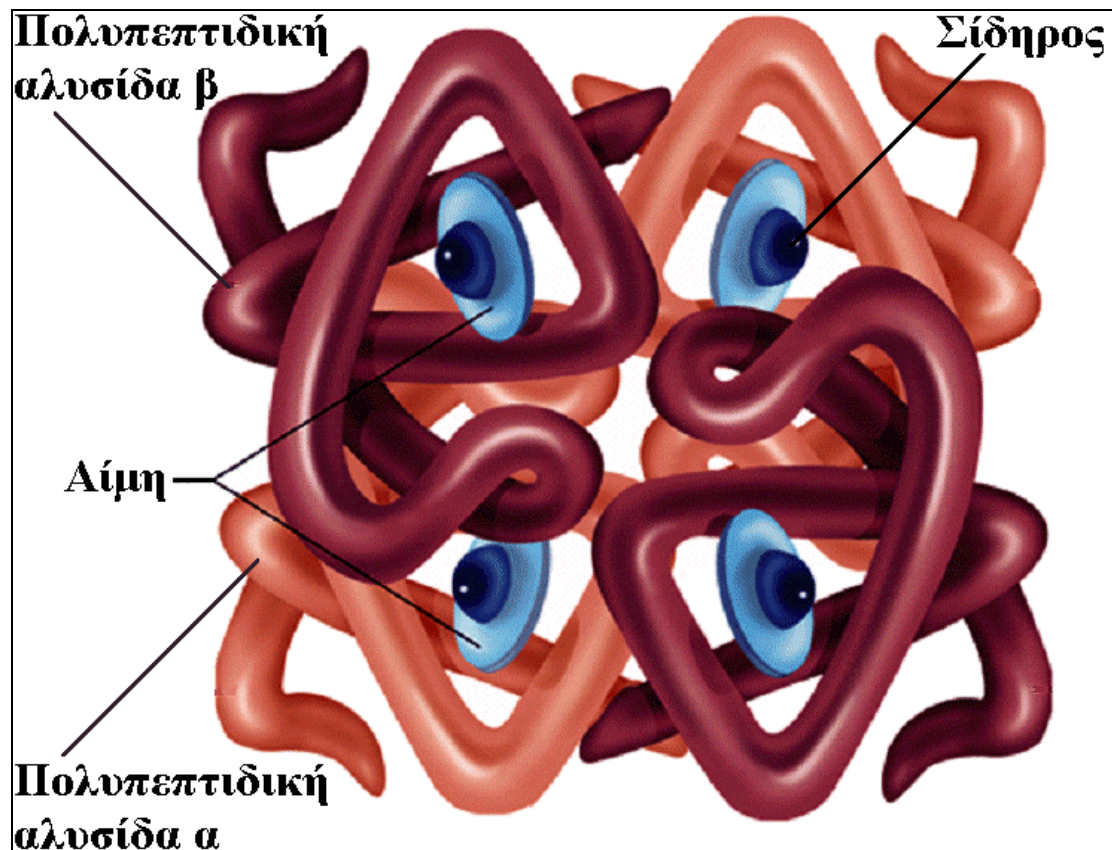
Τα ερυθροκύτταρα δεν έχουν πυρήνα και ζουν για 120 περίπου ημέρες. Προς το τέλος της ζωής τους, η μεμβράνη τους γίνεται εύθραυστη και όταν σπάσει, τα κύτταρα παθαίνουν λύση. Το περιεχόμενο των ερυθροκυττάρων (ιδιαίτερα ο σίδηρος) που συμπλήρωσαν τον κύκλο ζωής τους ανακυκλώνεται από τα φαγοκύτταρα του σπλήνα και ξαναχρησιμοποιείται στη δημιουργία νέων ερυθροκυττάρων. Η παραγωγή ερυθροκυττάρων είναι εντυπωσιακή και φτάνει τα 2 περίπου εκατομμύρια το δευτερόλεπτο καθώς τόσα ερυθροκύτταρα καταστρέφονται ανά δευτερόλεπτο. Συνολικά, τα 30 τρισεκατομμύρια κύτταρα από τα 50 που αποτελείται το ανθρώπινο σώμα, είναι ερυθροκύτταρα.

Η ορμόνη που είναι υπεύθυνη για τη διαφοροποίηση των μυελοβλαστών σε ερυθροκύτταρα είναι η **ερυθροποιητίνη**, που παράγεται στους νεφρούς και δρα στο μυελό των οστών. Απαραίτητη για την αιμοποίηση είναι και η βιταμίνη B₁₂.

Τα ερυθροκύτταρα παράγουν την πρωτεΐνη **αιμοσφαιρίνη** που είναι απαραίτητη για τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα της κυτταρικής αναπνοής.

Το μόριο της **αιμοσφαιρίνης A** αποτελείται από τέσσερις πρωτεϊνικές αλυσίδες, δύο α και δύο β. Κάθε αλυσίδα συνδέεται με ένα μόριο **αίμης** (μη πρωτεϊνική ουσία) που περιέχει

σίδηρο. Στο σίδηρο, δεσμεύονται χαλαρά το οξυγόνο και σε μικρό ποσοστό το διοξείδιο του άνθρακα για να μεταφερθούν σε όλους τους ιστούς και στους πνεύμονες αντίστοιχα. Κάθε ερυθροκύτταρο περιέχει περίπου 250 000 μόρια αιμοσφαιρίνης και κάθε μόριο αιμοσφαιρίνης μεταφέρει τέσσερα μόρια οξυγόνου.



Εικόνα 9.4 Μόριο αιμοσφαιρίνης Α

- Τα λευκοκύτταρα

Σε κάθε 1mm^3 αίματος υπάρχουν περίπου 7 χιλιάδες λευκοκύτταρα τα οποία δεν είναι μια ομοιογενής ομάδα κυττάρων. Υπάρχουν πολλοί, διαφορετικοί τύποι λευκοκυττάρων καθένας από τους οποίους παίζει σημαντικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού.

Στα λευκοκύτταρα ανήκουν τα:

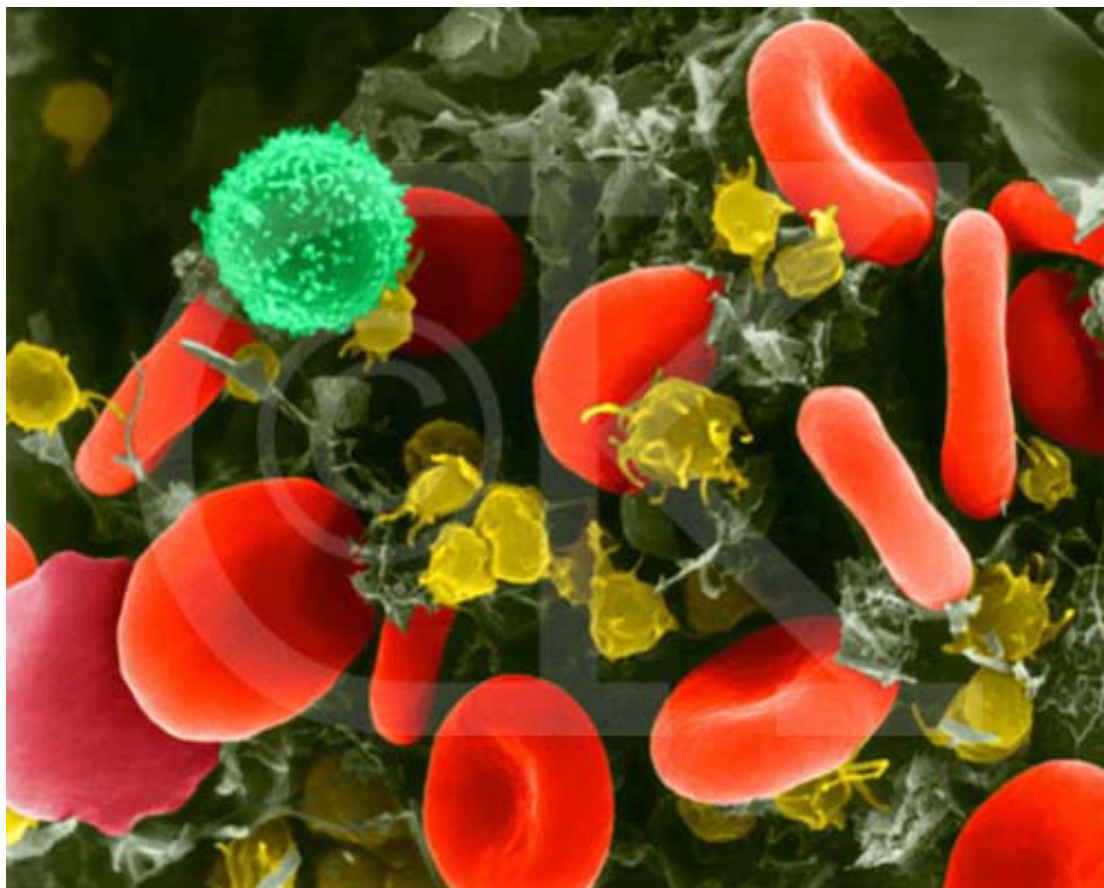
- μονοκύτταρα,
- ουδετερόφιλα,
- βασεόφιλα,
- ηωσινόφιλα,
- λεμφοκύτταρα.

Τα λεμφοκύτταρα πρωτοπατηρήθηκαν στους λεμφαδένες και γι' αυτό ονομάστηκαν έτσι. Όλα τα λεμφοκύτταρα προέρχονται από τους λεμφοβλάστες που είναι κύτταρα του ερυθρού μυελού των οστών και δημιουργούνται από τα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες λεμφοκυττάρων, τα Β λεμφοκύτταρα και τα Τ λεμφοκύτταρα. Παίζουν σημαντικότερο ρόλο στην άμυνα του οργανισμού.

Τα μονοκύτταρα και τα ουδετερόφιλα (τα ουδετερόφιλα είναι τα πολυπληθέστερα των λευκοκυττάρων) εξειδικεύονται στη φαγοκυττάρωση και εξουδετέρωση ξένων κυττάρων και τοξικών ουσιών. Όταν τα μονοκύτταρα μεταναστεύσουν στους ιστούς, μεγαλώνουν σε μέγεθος και ονομάζονται **μακροφάγα**. Ο ρόλος τους είναι να ανιχνεύουν τυχόν εισβολείς ανάμεσα στους ιστούς και να τους καταστρέφουν με φαγοκυττάρωση. Τα ουδετερόφιλα

διαπερνούν και αυτά τα τοιχώματα των τριχοειδών αγγείων και εξοντώνουν τους εισβολείς επίσης με φαγοκυττάρωση. Ορισμένα μικρόβια, όμως, έχουν αναπτύξει μηχανισμούς με τους οποίους καταφέρνουν να αποφεύγουν τα μακροφάγα μονοκύτταρα.

Τα ηωσινόφιλα καταπολεμούν σχετικά μεγάλα σε μέγεθος εσωτερικά παράσιτα, όπως είναι διάφορα είδη σκωλήκων.



Εικόνα 9.5 Ερυθρά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια και T λεμφοκύτταρα

Τα βασεόφιλα παράγουν ισταμίνη που είναι ουσία υπεύθυνη για τις αλλεργικές αντιδράσεις. Τυχόν τραυματισμός των βασεόφιλων και άλλων κυττάρων του συνδετικού ιστού γνωστών ως βλαστικών κυττάρων, προκαλεί την έκκριση ισταμίνης και την εμφάνιση της αλλεργικής αντίδρασης.

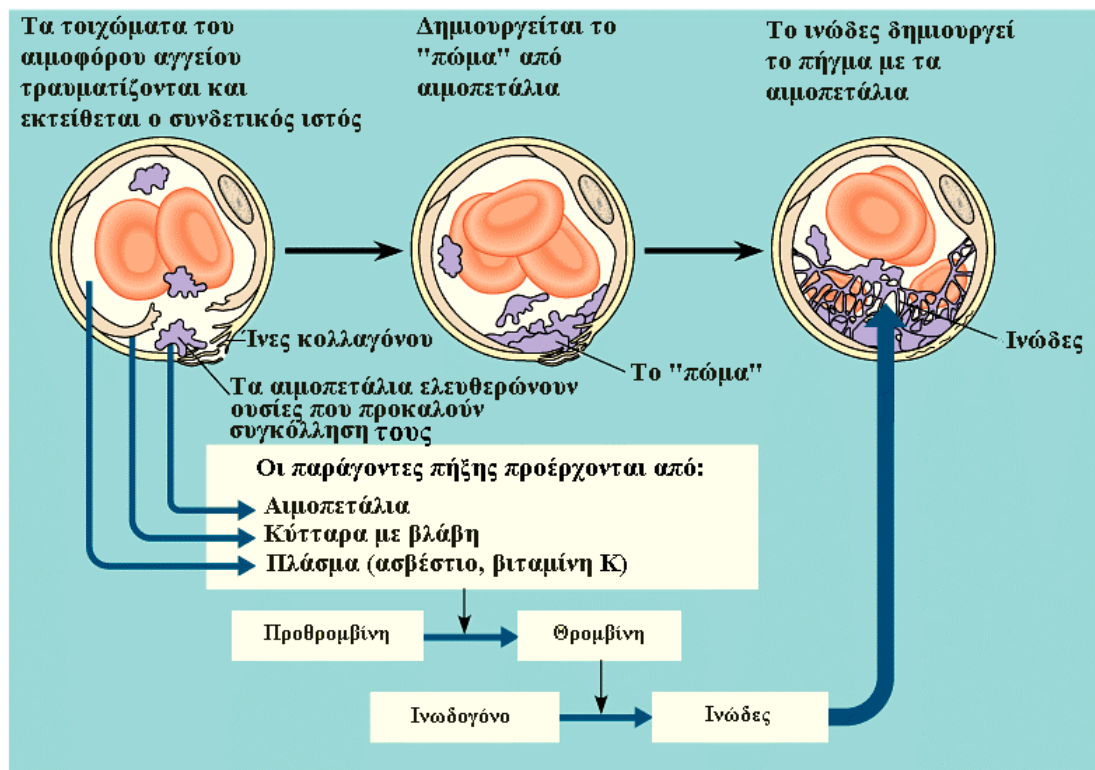
- **Τα αιμοπετάλια**

Τα αιμοπετάλια παράγονται από ειδικά κύτταρα του ερυθρού μυελού των οστών που λέγονται **μεγακαρυοκύτταρα** λόγω του μεγάλου μεγέθους τους. Είναι θραύσματα από αυτά και όχι αυτοτελή κύτταρα. Έχουν διάμετρο περίπου 2-3μm και είναι απύρρηνα. Βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στο αίμα και είναι σημαντικοί παράγοντες του μηχανισμού πήξης του αίματος. Καθημερινά, δημιουργούνται πολλές μικροβλάβες στους ιστούς. Όχι μόνο όταν πέφτουμε και κτυπάμε, αλλά ακόμη όταν καθόμαστε σε μια καρέκλα, πολλές χιλιάδες τριχοειδή και μικρά αγγεία σπάνε και παράλληλα αρκετά κύτταρα τραυματίζονται. Τότε, ενεργοποιείται ο μηχανισμός πήξης του αίματος για να κλείσει το τραυματισμένο αγγείο και να εμποδιστεί η περαιτέρω απώλεια του αίματος (αιμορραγία) στην περιοχή της βλάβης.

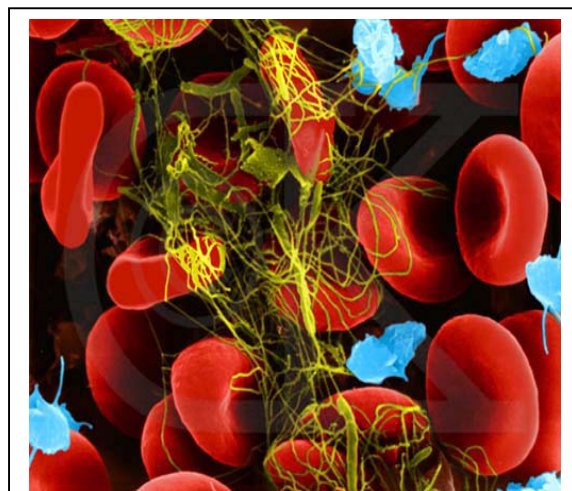
Η διαδικασία της πήξης του αίματος

Η διαδικασία ξεκινά όταν το ενδοθήλιο ενός αιμοφόρου αγγείου υποστεί βλάβη και ο συνδετικός ιστός στα τοιχώματα του αγγείου σπάσει και προκληθεί αιμορραγία, λόγω

τραυματισμού. Τότε, τα αιμοπετάλια προσκολλώνται στις ίνες κολλαγόνου του συνδετικού ιστού και εκκρίνουν ουσίες οι οποίες κάνει τα γειτονικά αιμοπετάλια να συγκολληθούν. Τα αιμοπετάλια δημιουργούν ένα είδος πύματος που εμποδίζει προσωρινά την αιμορραγία. Όταν η πληγή είναι πιο σοβαρή, το «πύμα» ενισχύεται από μια πρωτεΐνη που ονομάζεται ινώδες.



Εικόνα 9.6 Η πήξη του αίματος διαγραμματικά.



Εικόνα 9.7 Δημιουργία του πύγματος: (ερυθροκύτταρα, αιμοπετάλια, ινώδες πήγμα)

Το πλάσμα του αίματος περιέχει την πρωτεΐνη **προθρομβίνη** ή οποία μετατρέπεται σε ενεργό μορφή, τη **θρομβίνη**, από παράγοντες που εκκρίνουν τα συγκολλημένα αιμοπετάλια και οι γύρω ιστοί που έχουν υποστεί τη ζημιά. Έχουν βρεθεί περισσότεροι από 12 τέτοιοι παράγοντες. Προς αυτή την κατεύθυνση βοηθά και το **ασβέστιο** με τη **βιταμίνη Κ**. Η θρομβίνη είναι ένα ένζυμο που μετατρέπει το **ινωδογόνο** σε **ινώδες**. Ο πλήρης μηχανισμός πήξης του αίματος δεν είναι ακόμη απόλυτα γνωστός.

9.3 Ομάδες αίματος

Τα ερυθροκύτταρα, όπως και όλα τα κύτταρα του οργανισμού, έχουν πρωτεΐνες στην εξωτερική επιφάνεια της πλασματικής μεμβράνης που χρησιμεύουν στην επικοινωνία των ερυθροκυττάρων με άλλα κύτταρα του οργανισμού. Αυτές οι πρωτεΐνες δυνατόν να εισέλθουν

σε άλλο οργανισμό, για παράδειγμα με τη μετάγγιση αίματος. Τότε, οι πρωτεΐνες αυτές των ερυθροκυττάρων αναγνωρίζονται ως ξένες και ουσιαστικά λειτουργούν ως **αντιγόνα** (συγκολλητινογόνα). Τα αντιγόνα ενεργοποιούν τον ανοσοποιητικό μηχανισμό του δέκτη, δηλαδή τα λεμφοκύτταρα και τα μακροφάγα και σε λίγες μέρες παράγονται ειδικές πρωτεΐνες, τα **αντισώματα** που έχουν στόχο την εξουδετέρωση των αντιγόνων.

Οι επιφανειακές πρωτεΐνες των ερυθροκυττάρων του κάθε ανθρώπου είναι πολλών ειδών και ορισμένες είναι εντελώς προσωπικές. Όταν βρίσκονται στον οργανισμό δεν κινητοποιούν τους αμυντικούς μηχανισμούς και την παραγωγή αντισωμάτων, αλλά επειδή έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν την παραγωγή αντισωμάτων όταν βρεθούν σε ξένο οργανισμό, αποκαλούνται αντιγόνα, ακόμη και αν δεν εισέλθουν ποτέ σε ξένο οργανισμό.

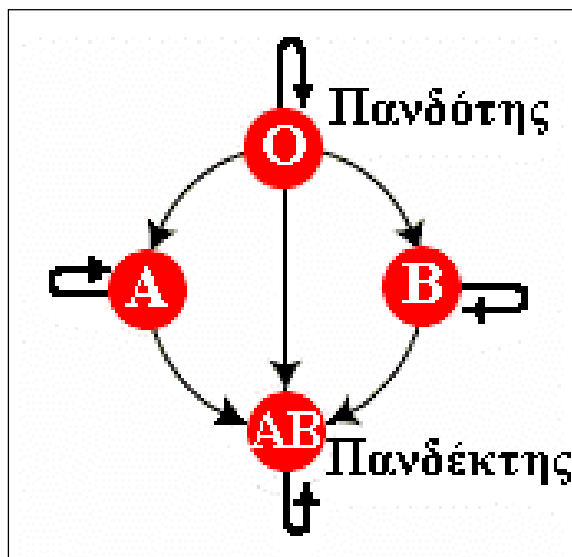
Ορισμένα από τα πολλά αυτά αντιγόνα προκαλούν πολύ έντονη αντίδραση στους δέκτες μετά από μια μετάγγιση αίματος. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι το αντιγόνο **A**, το αντιγόνο **B** και το αντιγόνο **Rhesus**.

Η ομάδα αίματος καθορίζεται από την παρουσία ή μη των αντιγόνων A και B στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων.

Το 40% της ινδοευρωπαϊκής φυλής έχει ομάδα A, δηλαδή τα ερυθροκύτταρα φέρουν το αντιγόνο A, ενώ το 10% περίπου έχει ομάδα αίματος B, δηλαδή, τα ερυθροκύτταρα φέρουν το αντιγόνο B. Το 5% έχει ομάδα αίματος AB, δηλαδή τα ερυθροκύτταρά τους διαθέτουν στη μεμβράνη τους και το αντιγόνο A και το αντιγόνο B. Το υπόλοιπο 45% έχει ομάδα αίματος **O**, πράγμα που σημαίνει ότι δεν έχει ούτε το αντιγόνο A ούτε το αντιγόνο B στη μεμβράνη των ερυθροκυττάρων τους.

Αν ένας άνθρωπος έχει ομάδα αίματος A, τα λεμφοκύτταρά του δεν παράγουν αντισώματα έναντι του A (αντι-A) αλλά αντισώματα έναντι του B (αντι-B). Στο αίμα αυτού του ανθρώπου δηλαδή, θα έχουμε ερυθροκύτταρα με το αντιγόνο A στην επιφάνειά τους και αντισώματα αντι-B στο πλάσμα.

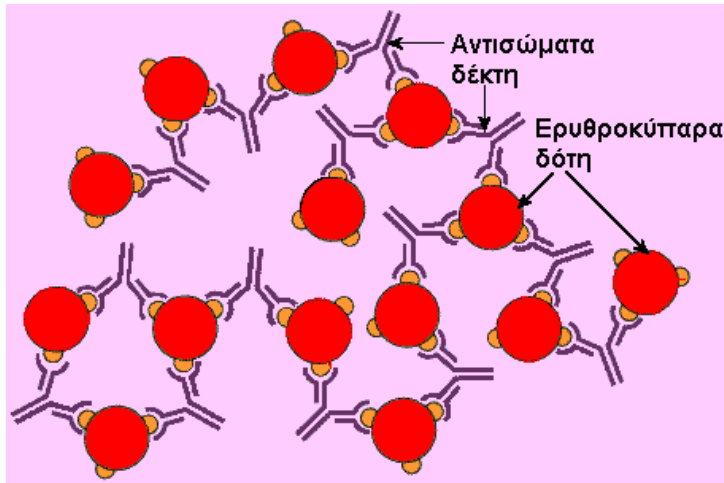
Αντίστοιχα, ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος B έχει ερυθροκύτταρα με το αντιγόνο B και αντισώματα αντι-A, ενώ ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος AB δεν έχει ούτε αντισώματα αντι-A ούτε αντισώματα αντι-B. Τέλος, ένας άνθρωπος με ομάδα αίματος O έχει και αντισώματα αντι-A και αντισώματα αντι-B.



Εικόνα 9.8 Η συμβατότητα των ομάδων αίματος

Στο διάγραμμα αιμοδοσίας της εικόνας 9.8 φαίνεται σχηματικά η συμβατότητα του αίματος στις διάφορες ομάδες.

Άτομα με ομάδα αίματος O είναι γνωστά ως **πανδότες** λόγω της απουσίας αντιγόνων A και B στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων τους. Οι ίδιοι, όμως μπορούν μόνο να πάρουν αίμα ομάδας O επειδή έχουν στο πλάσμα του αίματός τους τα αντισώματα αντι-A και αντι-B. Αντίθετα, άτομα με ομάδα αίματος AB είναι γνωστά ως **πανδέκτες** επειδή στο πλάσμα του



αίματός τους απουσιάζουν τα αντισώματα αντι-A και αντι-B. Τα άτομα AB μπορούν να δώσουν αίμα μόνο σε άλλα άτομα AB.

Εικόνα 9.9 Συγκόλληση των ερυθρών αιμοσφαιρίων

Όταν μεταγγιστεί αίμα O σε άτομο που έχει ομάδα αίματος A, δεν θα παρατηρηθεί συγκόλληση των ερυθροκυττάρων του δότη διότι τα ερυθροκύτταρα του δότη δεν έχουν αντιγόνα. Στο

αίμα του δότη θα υπάρχουν βέβαια αντισώματα αντι-A και αντι-B, αλλά αυτό δεν θα προκαλέσει ζημιά στο αίμα του δέκτη γιατί τα αντισώματα αντι-A που θα δώσει ο δότης είναι πολύ λίγα για να προκαλέσουν συγκόλληση των ερυθροκυττάρων του δέκτη.

Ένας άλλος παράγοντας που προκαλεί έντονη ανοσολογική αντίδραση του οργανισμού είναι το αντιγόνο **Rhesus**. Πρόκειται για άλλο ένα αντιγόνο της κυτταρικής μεμβράνης το οποίο εντοπίστηκε αρχικά σε πιθήκους και σήμερα είναι γνωστό πως το 85% περίπου του ανθρώπινου πληθυσμού έχει επίσης τον παράγοντα αυτό. Όταν ένας άνθρωπος έχει το αντιγόνο Rhesus, το άτομο αυτό είναι ρέζους θετικού (Rh^+). Αν κάποιος δεν έχει το αντιγόνο Rhesus στα ερυθροκύτταρά του, λέμε ότι είναι ρέζους αρνητικού (Rh^-). Αν ένα άτομο έχει ομάδα αίματος A και τον παράγοντα Rhesus, λέμε ότι έχει αίμα A θετικό (A^+).

Άτομο που έχει τον παράγοντα Rhesus δεν παράγει ποτέ αντισώματα αντι-Rhesus. Ούτε και άτομο με Rh^- παράγει αντισώματα. Αυτό θα συμβεί μόνο όταν και αν το ανοσοποιητικό σύστημα του ατόμου βρεθεί αντιμέτωπο με το αντιγόνο Rhesus. Τότε, το ανοσοποιητικό σύστημα θα αρχίσει να παράγει αντισώματα αντι-Rhesus και η διαδικασία αυτή συνήθως ολοκληρώνεται σε 6 περίπου μήνες.

Ομάδα αίματος	Αντιγόνα στα ερυθροκύτταρα	Αντισώματα στο πλάσμα
A	A	ΑΝΤΙ-B
B	B	ΑΝΤΙ-A
AB	A και B	-
O	-	ΑΝΤΙ-A και ΑΝΤΙ-B

Πίνακας 9.2 Οι ομάδες αίματος και τα αντιγόνα των ερυθροκυττάρων

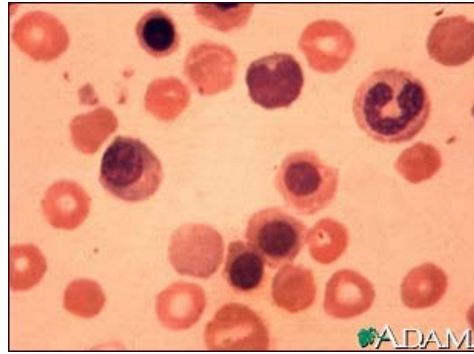
Ομάδα αίματος	Ομάδες στις οποίες δίνει	Ομάδες από τις οποίες παίρνει
A	A, AB	A, O
B	B, AB	B, O
AB	AB	AB, O, A, B
O	O, A, B, AB	O

Πίνακας 9.3 Η συμβατότητα των ομάδων αίματος

- **Ερυθροβλάστωση, μια αιμολυτική αναιμία των νεογνών**

Στην περίπτωση που γυναίκα με αρνητικό rhesus (Rh^-) κυφορεί έμβρυο που απέκτησε με άνδρα rhesus θετικό (Rh^+), υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το έμβρυο να είναι rhesus θετικό. Κατά τη διάρκεια του τοκετού, αναπόφευκτα, το αίμα της μητέρας θα αναμειχθεί με το αίμα του νεογνού με αποτέλεσμα η μητέρα να αρχίσει να παράγει αντισώματα κατά της πρωτεΐνης rhesus. Το νεογέννητο δεν επηρεάζεται από αυτή την εξέλιξη, αλλά στην περίπτωση δεύτερης κύησης με έμβρυο rhesus θετικό, τα αντισώματα (αντι-Rhesus) περνούν από το αίμα της μητέρας στο αίμα του εμβρύου και επιτίθενται κατά των ερυθρών αιμοσφαιρίων του εμβρύου

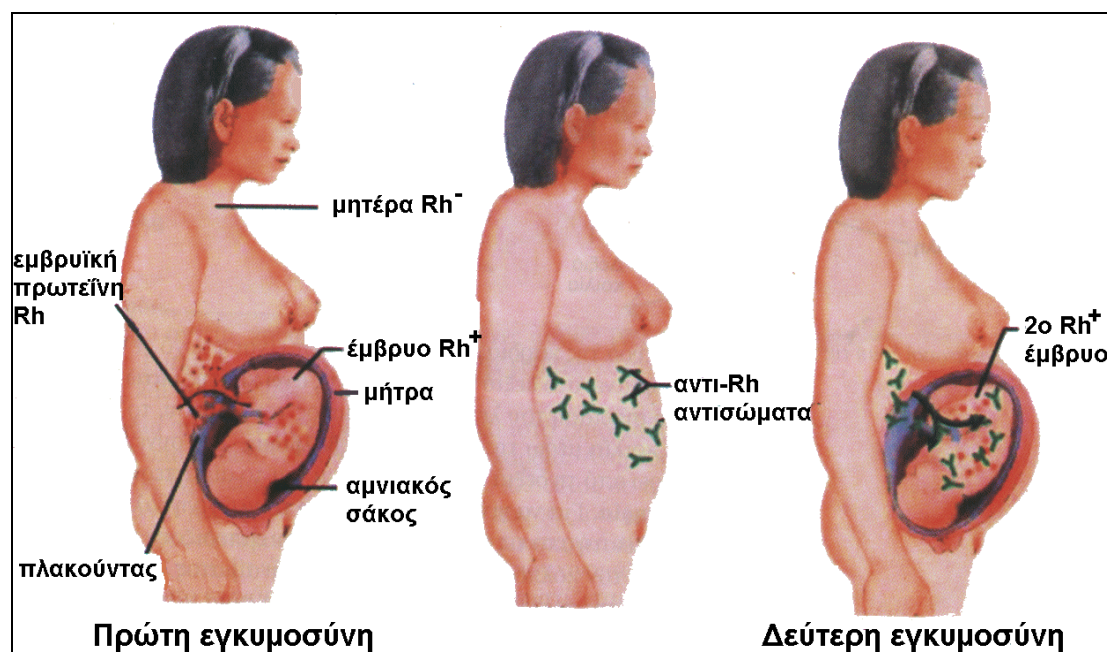
με αποτέλεσμα πολλά να καταστρέφονται και να προκαλείται αιμολυτική νόσος με πολύ επικίνδυνες συνέπειες για το έμβρυο ή το νεογνό. Η νόσος λέγεται **ερυθροβλάστωση** των νεογνών και μπορεί να προκαλέσει αναιμία, ίκτερο, εγκεφαλική βλάβη, καρδιακές παθήσεις, ακόμη και το θάνατο του νεογνού. Ο θάνατος προέρχεται από την καταστροφή τεράστιου αριθμού ερυθροκυττάρων του νεογνού, που στην προσπάθειά του να αντιμετωπίσει το πρόβλημα, αυξάνει την παραγωγή ερυθροκυττάρων και στέλλει στην κυκλοφορία ανώριμα ερυθροκύτταρα, πολλά από τα οποία διαθέτουν ακόμη και πυρήνα, όπως ορισμένα που φαίνονται στο πιο πάνω φωτομικρογράφημα αίματος από νεογνό με ερυθροβλάστωση. Αυτά τα κύτταρα ονομάζονται **ερυθροβλάστες** και δίνουν το όνομα στη νόσο. Ο κίνδυνος πολλαπλασιάζεται στο 2^ο, 3^ο και στα επόμενα παιδιά λόγω αύξησης του αριθμού των αντισωμάτων αντι-Rhesus στο αίμα της μητέρας επειδή σε κάθε γέννα λόγω της αιμορραγίας του πλακούντα μπαίνουν περισσότερα αιμοσφαίρια του εμβρύου που φέρουν τον παράγοντα rhesus στο αίμα της μητέρας.



Παλαιότερα, η αιμολυτική νόσος των νεογνών συνιστούσε τεράστιο πρόβλημα. Σήμερα, το πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί με μεγάλη επιτυχία από την ιατρική επιστήμη.

Όταν, νωρίς στην κύηση, γίνει αντιληπτό ότι γυναίκα Rh⁻ κυοφορεί έμβρυο Rh⁺, χορηγούνται σ' αυτή δύο δόσεις ανοσοσφαιρίνης αντι-Rh. Η πρώτη δόση χορηγείται κατά την 28^η εβδομάδα της κύησης και η δεύτερη αμέσως μετά τον τοκετό. Η ανοσοσφαιρίνη αντι-Rh εμποδίζει τη δημιουργία των αντισωμάτων αντι-Rhesus στο σώμα της μητέρας. Αυτά τα αντισώματα προσκολλώνται στα ερυθρά αιμοσφαίρια Rh⁺ του εμβρύου που πιθανό να εισήλθαν στο αίμα της μητέρας και τα εξουδετερώνει και έτσι το ανοσοποιητικό σύστημα της μητέρας δεν παράγει αντισώματα αντι-Rhesus.

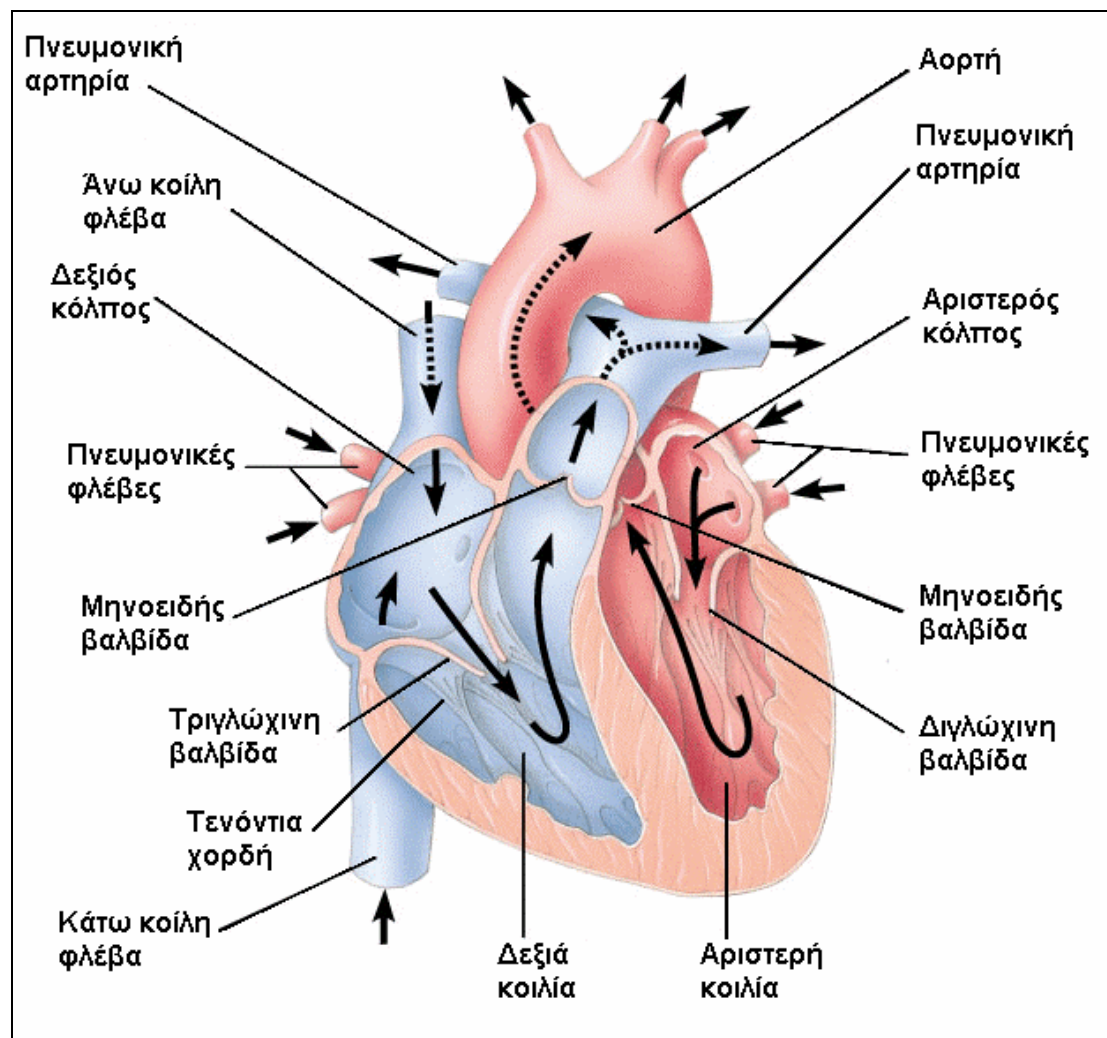
Στην περίπτωση προχωρημένης κύησης κατά την οποία δε λήφθηκαν μέτρα αντιμετώπισης της περίπτωσης, γίνεται αφαιμαξομετάγγιση, δηλαδή αφαίρεση του αίματος και ταυτόχρονη μετάγγιση άλλου αίματος στο έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης ή στο νεογνό αμέσως μετά τον τοκετό.



Εικόνα 9.11 Ερυθροβλάστωση των νεογνών

9.4 Η καρδιά

Η καρδιά είναι ένα κοίλο, μυώδες όργανο που λειτουργεί ως αντλία. Βρίσκεται μέσα στη θωρακική κοιλότητα, πίσω από το στέρνο. Το αριστερό μέρος ουδέποτε συγκοινωνεί με το δεξιό. Οι δύο κόλποι χωρίζονται με το **μεσοκολπικό διάφραγμα** και οι δύο κοιλίες χωρίζονται με το **μεσοκοιλιακό διάφραγμα**. Η εικόνα 9.12 πιο κάτω δείχνει τη δομή της ανθρώπινης καρδιάς:



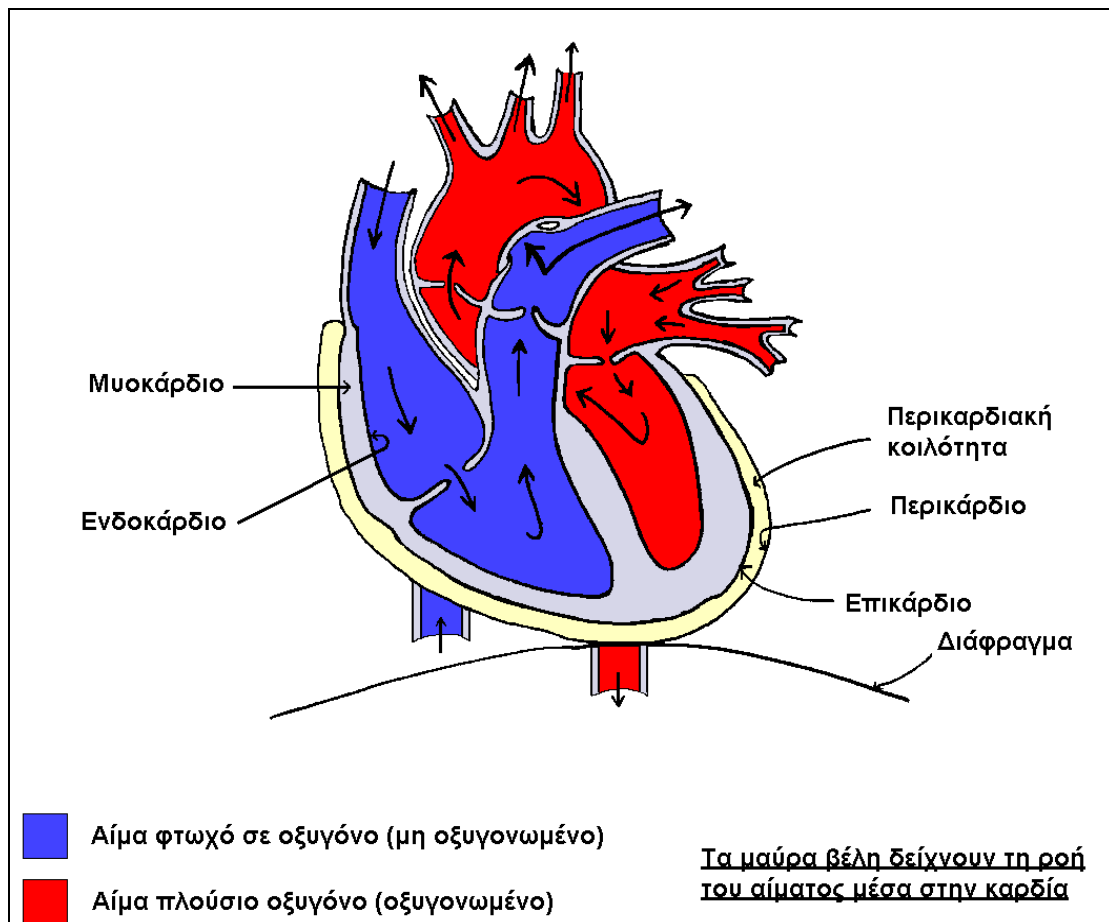
Εικόνα 9.12 Εσωτερική δομή της ανθρώπινης καρδιάς

Η δεξιά πλευρά της καρδιάς δέχεται αίμα που είναι φτωχό σε οξυγόνο. Το αίμα αυτό φτάνει στο **δεξιό κόλπο** μέσω της **άνω** και της **κάτω κοίλης φλέβας**. Με τη σύσπαση του λεπτού τοιχώματος του κόλπου, το αίμα περνά στη **δεξιά κοιλία** μέσω της **τριγλώχινης βαλβίδας**. Στη συνέχεια, το μυοκάρδιο γύρω από τη δεξιά κοιλία συσπάται και το αίμα περνά στην **πνευμονική αρτηρία**. Για να γίνει αυτό κλείνει η τριγλώχινη βαλβίδα η οποία κρατείται κλειστή από τις **τενόντιες χορδές** που εμποδίζουν τη βαλβίδα να γυρίσει προς τον κόλπο. Η αυξημένη πίεση του αίματος ανοίγει τη **μηνοειδή βαλβίδα** της πνευμονικής αρτηρίας και το αίμα κατευθύνεται προς τους πνεύμονες. Μετά τη σύσπαση, επέρχεται χαλάρωση κατά την οποία η κοιλία γεμίζει ξανά με αίμα για να ετοιμαστεί για την επόμενη σύσπαση του μυοκαρδίου. Το αίμα που βρίσκεται στην πνευμονική αρτηρία δεν επιστρέφει πίσω στη δεξιά κοιλία γιατί κλείνει η μηνοειδής βαλβίδα

Αντίστοιχη σειρά γεγονότων ισχύει και για την αριστερή πλευρά της καρδιάς στην οποία έρχεται το αίμα από τους πνεύμονες και μετά φεύγει με μεγάλη πίεση προς όλα τα μέρη του σώματος. Η κυκλοφορία του αίματος εξετάζεται πιο λεπτομερώς στη συνέχεια. Το μυοκάρδιο

γύρω από την αριστερή κοιλία είναι περίπου πέντε φορές παχύτερο από εκείνο γύρω από τη δεξιά κοιλία. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

Η καρδιά αποτελείται από τρεις χιτώνες. Εσωτερικά βρίσκεται το **ενδοκάρδιο**, ενδιάμεσα το **μυοκάρδιο** και εξωτερικά το **επικάρδιο**.

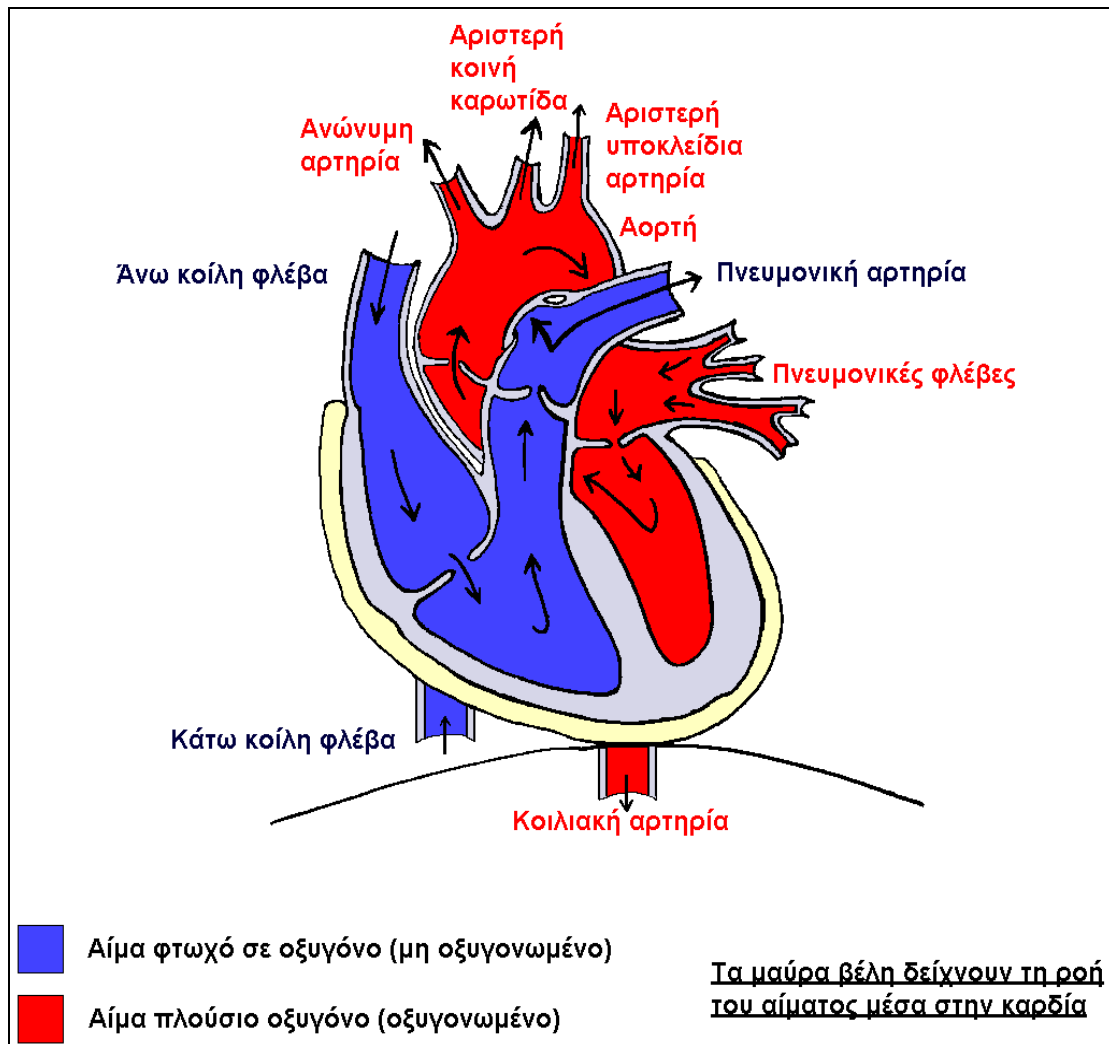


Εικόνα 9.13 Οι χιτώνες της καρδιάς

Το **ενδοκάρδιο** αποτελείται από επιθήλιο και συνδετικό ιστό που περιέχει αιμοφόρα αγγεία καθώς και εξειδικευμένες μυϊκές ίνες που ονομάζονται ίνες Purkinje. Το ενδοκάρδιο επενδύει εσωτερικά τους κόλπους, τις κοιλίες και τις βαλβίδες της καρδιάς.

Το **μυοκάρδιο** αποτελείται κυρίως από μυϊκό ιστό (καρδιακός μυς) του οποίου η σύσπαση διώχνει το αίμα από την καρδιά. Ανάμεσα στις καρδιακές μυϊκές ίνες υπάρχει συνδετικός ιστός πλούσιος σε τριχοειδή. Το **επικάρδιο** είναι μεμβράνη συνδετικού ιστού που περιβάλλει το μυοκάρδιο και έχει προστατευτικό ρόλο. Αποτελεί το εσωτερικό μέρος ενός αναδιπλωμένου σάκου. Το εξωτερικό μέρος του σάκου ονομάζεται **περικάρδιο**. Ανάμεσα στο επικάρδιο και περικάρδιο σχηματίζεται η **περικαρδιακή κοιλότητα**, η οποία περιέχει μικρή ποσότητα υγρού, ώστε να περιορίζονται οι τριβές λόγω της κίνησης της καρδιάς.

Η εικόνα 9.14 δείχνει τα μέρη της καρδιάς και τα κύρια αγγεία.

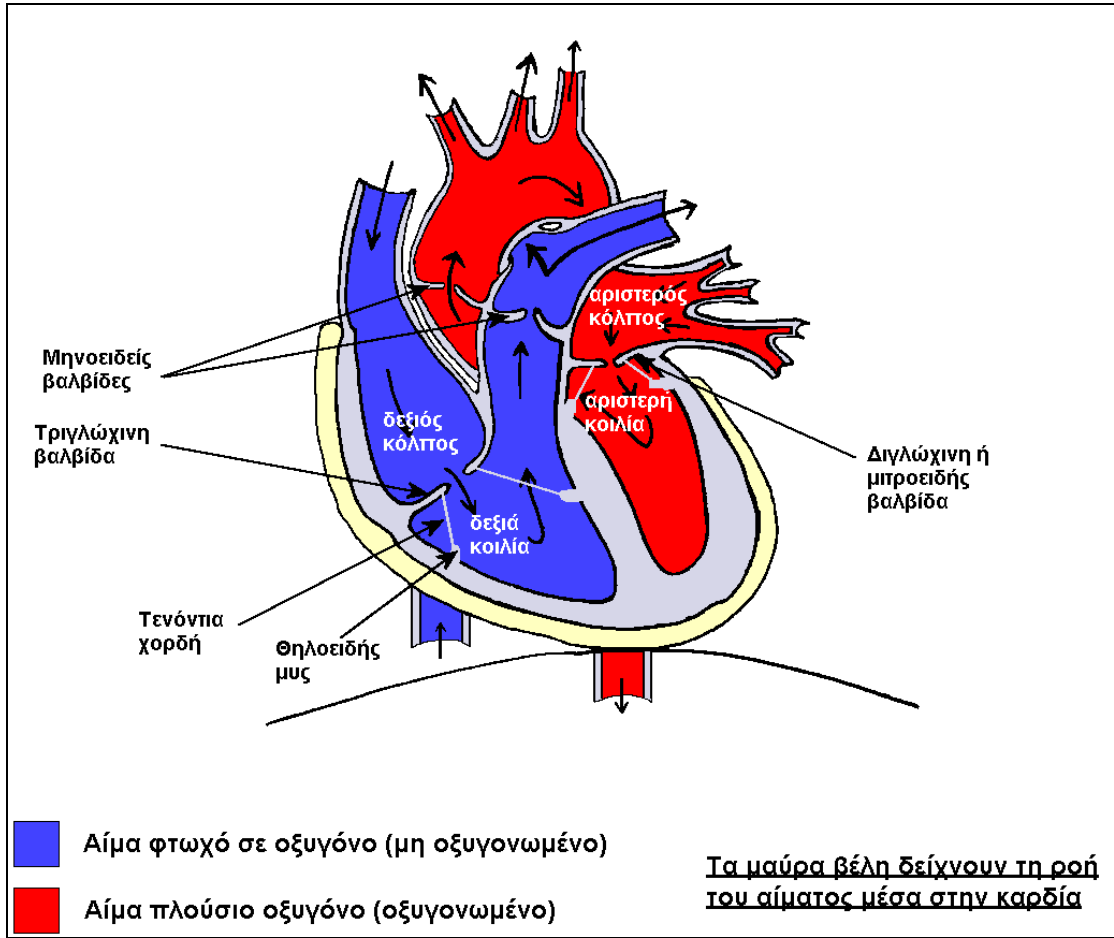


Εικόνα 9.14 Τα κύρια αγγεία στην περιοχή της καρδιάς

Εσωτερικά η καρδιά χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες ή θαλάμους. Οι δύο επάνω κοιλότητες είναι οι **κόλποι** που έχουν σχετικά λεπτά τοιχώματα και δέχονται αίμα από τις φλέβες. Οι κάτω κοιλότητες, οι **κοιλίες**, προωθούν το αίμα προς τις αρτηρίες. Οι δύο κόλποι χωρίζονται με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα και οι δύο κοιλίες με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Τα διαφράγματα αυτά δεν επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των δύο κόλπων ή των δύο κοιλιών. Η καρδιά στην πραγματικότητα αποτελείται από δύο ξεχωριστά τμήματα, το αριστερό και το δεξιό μισό, το καθένα από τα οποία δρα ως αντλία. Το δεξιό τμήμα προωθεί το αίμα προς τους πνεύμονες και το αριστερό τμήμα προς το υπόλοιπο σώμα.

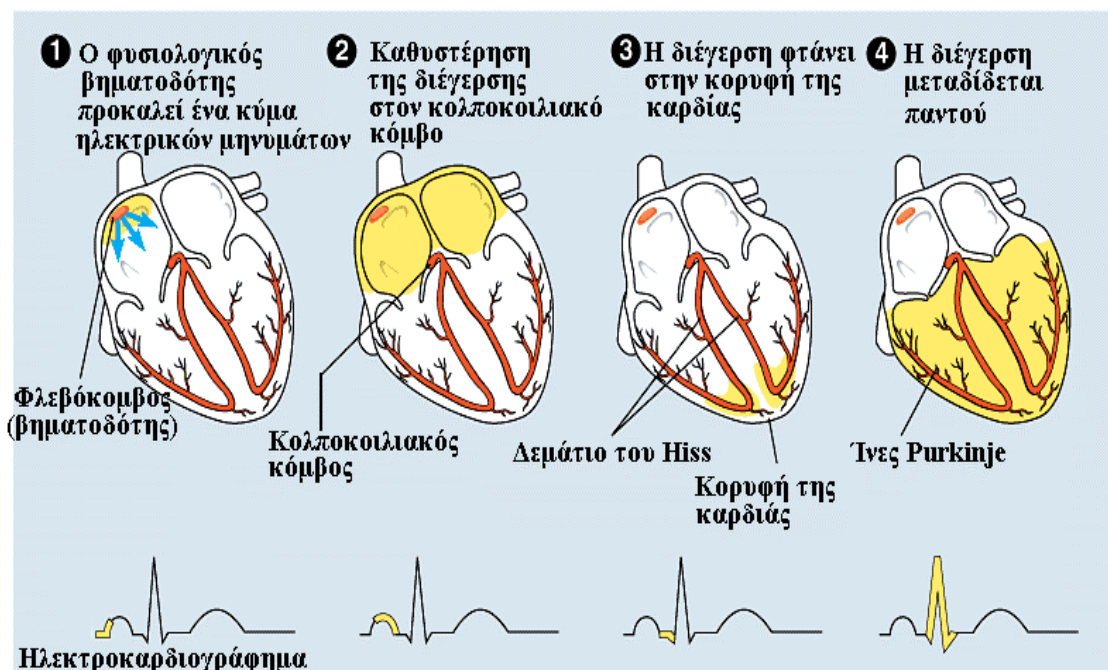
Η εικόνα 9.12 δείχνει τα εσωτερικά μέρη της καρδιάς. Η διγλώχινη και η τριγλώχινη βαλβίδα επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ του αριστερού κόλπου και της αριστερής κοιλίας και δεξιού κόλπου με δεξιά κοιλία αντίστοιχα.

Στο κάτω μέρος των κοιλιών προσφύονται οι θηλοειδείς μύες των οποίων προέκταση είναι οι τενόντιες χορδές. Αυτές συνδέονται με τις κοιλιοκοιλιακές βαλβίδες (διγλώχινη και τριγλώχινη) με σκοπό να τις εμποδίσουν να γυρίσουν προς τους κόλπους κατά τη διάρκεια της συστολής των κοιλιών. Με αυτό τον τρόπο παρεμποδίζεται η παλινδρόμηση του αίματος από τις κοιλίες στους κόλπους.



Εικόνα 9.15 Οι εσωτερικοί χώροι της καρδιάς

Μηχανισμός διέγερσης της καρδιάς και καρδιακός κύκλος



Εικόνα 9.16 Ο μηχανισμός διέγερσης του μυοκαρδίου.

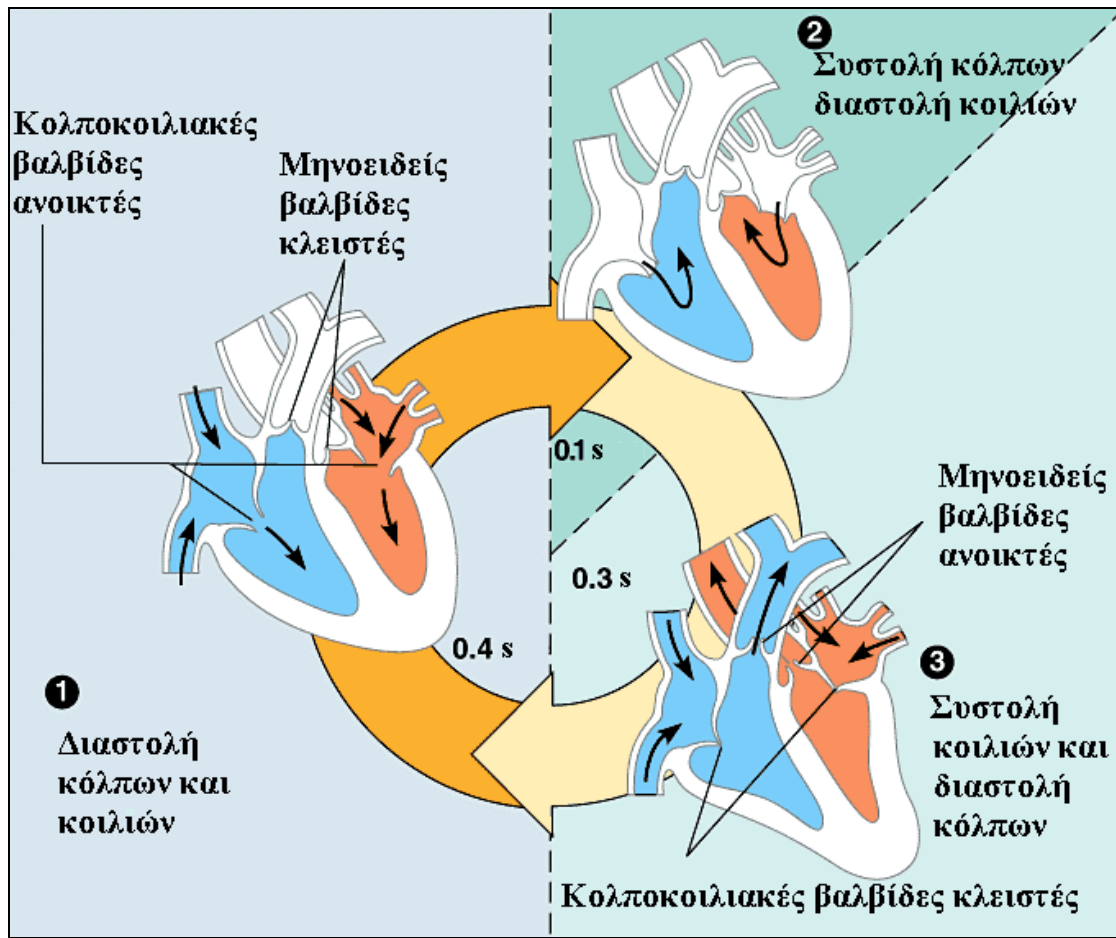
Διακρίνεται ο φλεβόκομβος, ο κολποκοιλιακός κόμβος και το δεμάτιο του Hiss. Από τα άκρα του δεματίου ξεκινούν οι ειδικές ίνες Purkinje που μεταφέρουν το ερέθισμα σε όλη την επιφάνεια των κοιλιών προκαλώντας την ταυτόχρονη σύσπασή τους.

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

Αρχικά η διέγερση μεταδίδεται σε ολόκληρη τη μάζα του μυοκαρδίου των κόλπων και προκαλεί την ταυτόχρονη συστολή τους. Οι κόλποι όμως χωρίζονται από τις κοιλίες με συνδετικό ιστό, ο οποίος δεν μπορεί να μεταδώσει τη διέγερση. Η διέγερση παρά όλα αυτά μεταδίδεται στις κοιλίες, αλλά όχι αμέσως. Αυτό συμβαίνει ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος να αδειάσουν οι κόλποι το αίμα προς τις κοιλίες πριν αυτές συσταλούν. Η μετάδοση της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες επιτυγχάνεται μέσω ενός εξειδικευμένου μυϊκού ιστού, του **κολποκοιλιακού κόμβου**. Η διέγερση φτάνει σε όλα τα σημεία των κοιλιών με το **δεμάτιο του Hiss** που αποτελείται από τις **ίνες Purkinje**. Η μετάδοση της διέγερσης στις κοιλίες γίνεται ταχύτατα, με αποτέλεσμα οι κοιλίες να διεγείρονται σχεδόν ταυτόχρονα και με καθυστέρηση περίπου 150 ms από τη συστολή των κόλπων.

Σκοπός όλων των σχηματισμών που προαναφέρθηκαν και οι οποίοι αποτελούν το σύστημα παραγωγής και αγωγής των διεγέρσεων, είναι ο συντονισμός των μυϊκών διεγέρσεων, ώστε να εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη συστολή πρώτα των κόλπων και στη συνέχεια των κοιλιών.

Η λειτουργία της καρδιάς χαρακτηρίζεται από περιοδικότητα που ονομάζεται **καρδιακός κύκλος (παλμός)**. Ο καρδιακός κύκλος περιλαμβάνει την περίοδο διέγερσης και συστολής των κόλπων (0,1s), τη διέγερση και συστολή των κοιλιών (0,3s) και την καρδιακή παύλα (0,4s). Ολόκληρος δηλαδή ο καρδιακός παλμός, σε φυσιολογικό ρυθμό 75 συστολών κατά πρώτο λεπτό, διαρκεί 0,8s. Σε περιπτώσεις ταχυκαρδίας η χρονική διάρκεια της καρδιακής παύλας μειώνεται.



Εικόνα 9.17 Ο καρδιακός κύκλος

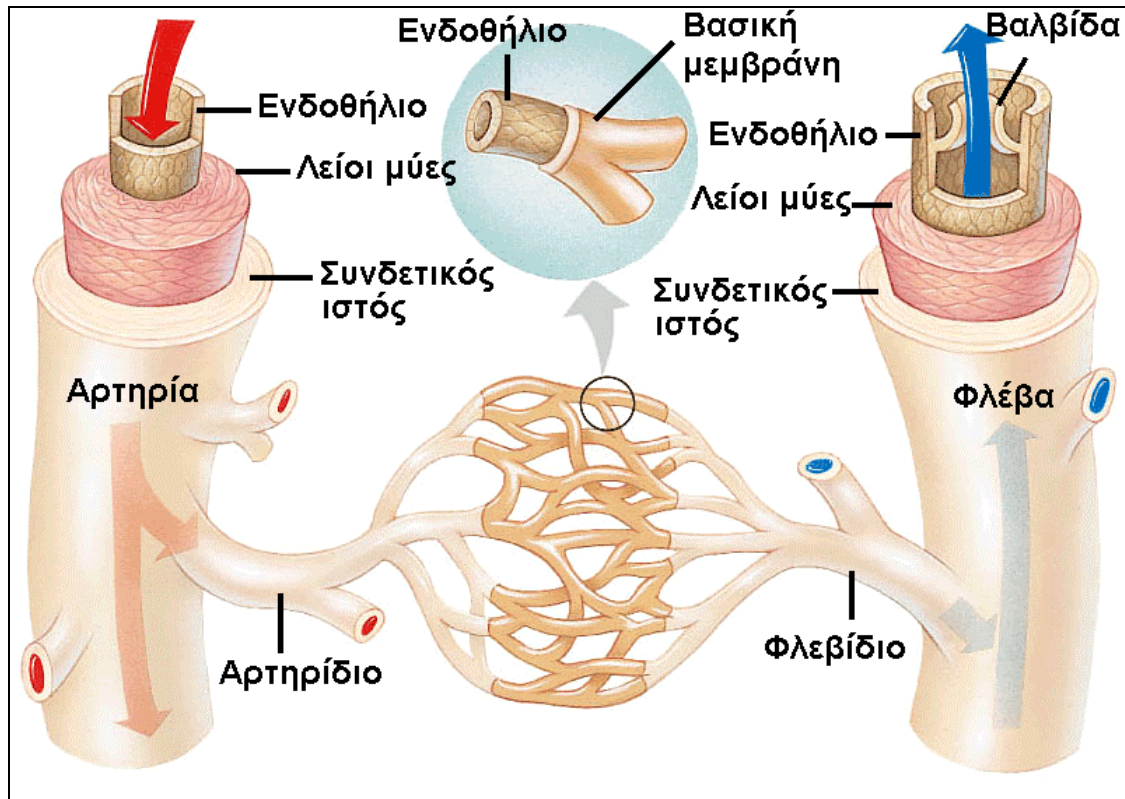
Οι μυϊκές ίνες συστέλλονται (συστολή) και χαλαρώνουν (διαστολή) ρυθμικά. Κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης (διαστολή κόλπων και κοιλιών) που διαρκεί 0,4s το αίμα που επιστρέφει στην καρδιά εισέρχεται στους κόλπους και στις κοιλίες. Η συστολή των κόλπων διαρκεί μόλις 0,1s και στέλλει επιπλέον αίμα στις κοιλίες. Στα υπόλοιπα 0,3s του καρδιακού κύκλου η συστολή των κοιλιών στέλλει το αίμα στις μεγάλες αρτηρίες.

Ο φλεβόκομβος και ο κολποκοιλιακός κόμβος τροφοδοτούνται με νευρώνες του ΑΝΣ (Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα) και με αυτό τον τρόπο ο εγκέφαλος μπορεί να ελέγχει τη συχνότητα των παλμών της καρδιάς καθώς και την ένταση των συσπάσεων. Όταν πλαγιάζουμε, για παράδειγμα, η διέγερση είναι παρασυμπαθητική και μειώνεται σημαντικά η συχνότητα και η ένταση των παλμών ενώ όταν τρέχουμε η διέγερση είναι συμπαθητική με αποτέλεσμα την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των παλμών..

Σε μερικές περιπτώσεις, είναι δυνατόν να προκληθεί «βραχυκύκλωμα» στο ηλεκτρικό σύστημα διέγερσης της καρδιάς με αποτέλεσμα την εμφάνιση **αρρυθμίας**. Ακραία περίπτωση είναι η **κοιλιακή μαρμαρυγή**, η οποία προκαλεί ανακοπή ή συγκοπή με αποτέλεσμα τον αιφνίδιο θάνατο. Η κοιλιακή μαρμαρυγή είναι η μη συντονισμένη σύσπαση πολλών διαφορετικών τμημάτων των κοιλιών, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα η καρδιά να μην αντλεί καθόλου αίμα. Ο θάνατος επέρχεται σε λίγα μόνο λεπτά. Αν στα πρώτα 3-4 λεπτά προκληθεί ηλεκτροσόκ στον άρρωστο με ειδική συσκευή (**απινιδωτής**), τότε η πορεία μπορεί να αναστραφεί και ο ασθενής να συνέλθει.

9.5 Τα αιμοφόρα αγγεία

Αρτηρίες ονομάζονται τα αγγεία που μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά προς όλο το σώμα (απαγωγά αγγεία). Η ροή του αίματος στις αρτηρίες εξασφαλίζεται με την πίεση που έχει το αίμα μετά την έξοδό του από την αριστερή κοιλία της καρδιάς (αρτηριακή πίεση). Οι αρτηρίες όσο απομακρύνονται από την καρδιά, διακλαδίζονται για να σχηματίσουν μικρότερες αρτηρίες τα αρτηρίδια. Αυτά με τη σειρά τους θα καταλήξουν στα τριχοειδή.



Εικόνα 9.18 Δομή των αιμοφόρων αγγείων

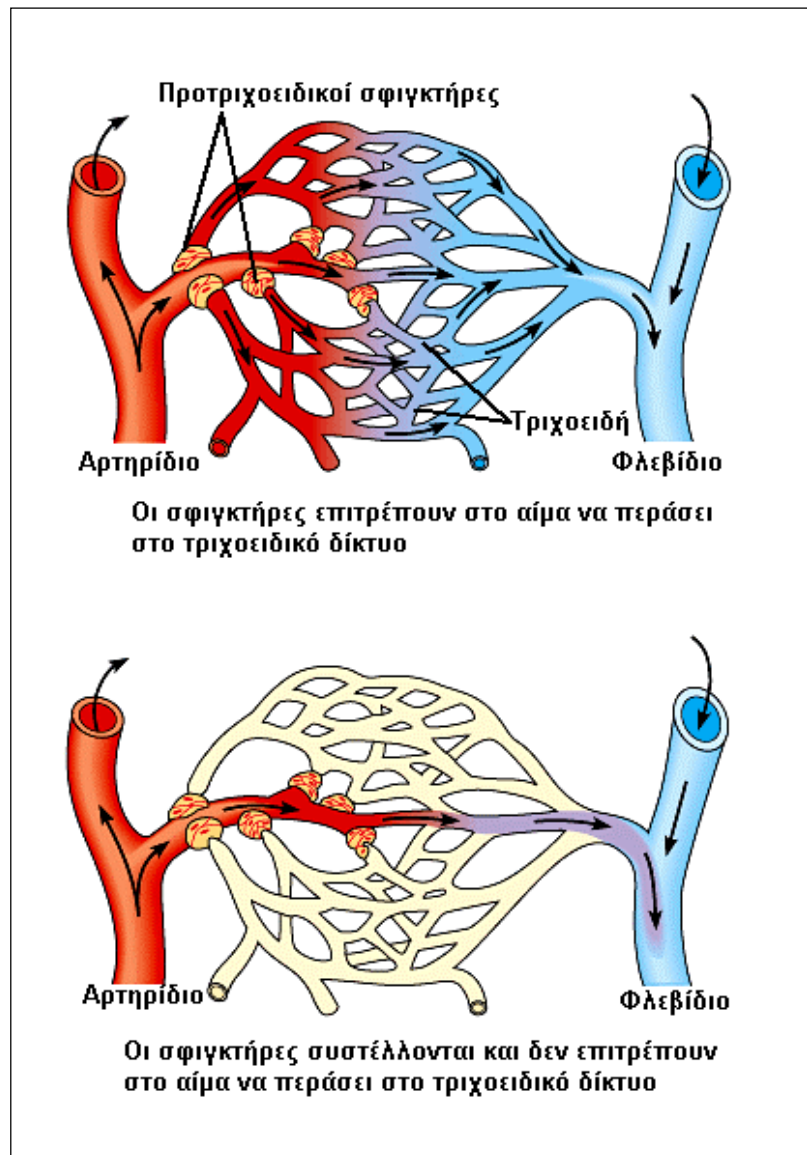
Τα **τριχοειδή** έχουν σχετικά απλή δομή και σχηματίζουν ένα ευρύτατο δίκτυο σε όλους τους ιστούς. Η εσωτερική τους διάμετρος είναι κατά μέσο όρο μόλις 8μm. Η ανταλλαγή των ουσιών μεταξύ του σώματος και του αίματος γίνεται μόνο όταν το αίμα περνά από τα τριχοειδή. Η είσοδος του αίματος στα τριχοειδή ελέγχεται από προτριχοειδικούς σφιγκτήρες.

Από τα τριχοειδή αρχίζουν τα φλεβίδια που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και σχηματίζουν τις **φλέβες** που μεταφέρουν το αίμα από όλο το σώμα στην καρδιά (προσαγωγά αγγεία).

Αρτηρίες και φλέβες έχουν την ίδια γενικά δομή. Τα τοιχώματά τους αποτελούνται από τρεις βασικές στοιβάδες. Εξωτερικά υπάρχει ένα στρώμα **συνδετικού ιστού** ο οποίος περιέχει ελαστικές ίνες. Η μεσαία στοιβάδα αποτελείται από **λείους μύες** και περισσότερες ελαστικές ίνες. Στις αρτηρίες, η μεσαία και η εξωτερική στοιβάδα είναι παχύτερες από τις αντίστοιχες στις φλέβες. Τα τοιχώματα των κυριότερων μεγάλων αρτηριών είναι τόσο παχιά που τα ίδια αιματώνονται από άλλα αιμοφόρα αγγεία. Εσωτερικά, τα αιμοφόρα αγγεία επενδύονται με **ενδοθήλιο**, που είναι μονόστιβο επιθήλιο που καλύπτεται από **βασική μεμβράνη** (ινώδες στηρικτικός χιτώνας). Κατά διαστήματα, οι φλέβες διαθέτουν βαλβίδες που εξασφαλίζουν τη μονόδρομη ροή του αίματος προς την καρδιά. Τα τριχοειδή αγγεία δε διαθέτουν τη μεσαία και εξωτερική στοιβάδα και τα πολύ λεπτά τους τοιχώματα αποτελούνται μόνο από ενδοθήλιο και τη βασική του μεμβράνη.

Το τριχοειδικό δίκτυο

Τα τριχοειδή αποτελούν την πεμπτούσια του κυκλοφορικού συστήματος λόγω της πολύ μεγάλης λειτουργικής τους σημασίας. Είναι μικροί σωλήνες που σχηματίζουν ένα ευρύτατο δίκτυο σε όλους τους ιστούς. Το τοίχωμά τους αποτελείται από μονόστοιβο ενδοθήλιο και περιβάλλεται από τη βασική μεμβράνη. Η εσωτερική διάμετρος τους είναι μόλις 8 μm. Η ανταλλαγή των ουσιών γίνεται μεταξύ του αίματος και του μεσοκυττάρου υγρού και επιτυγχάνεται ουσιαστικά με διάχυση. Η είσοδος του αίματος στα τριχοειδή ελέγχεται από μια λεία μυϊκή ίνα η οποία περιβάλλει το κάθε τριχοειδές και αποτελεί τον **προτριχοειδικό σφιγκτήρα**. Συστέλλοντας τους σφιγκτήρες ο οργανισμός μπορεί να περιορίζει το ποσό του αίματος που εισέρχεται στο δίκτυο τριχοειδών του κάθε ιστού και έτσι να ελέγχει το ρυθμό ανταλλαγής των ουσιών στον ιστό αυτό, όπως φαίνεται και στο σχήμα.



Εικόνα 9.19 Η ροή του αίματος στο τριχοειδικό δίκτυο

Το αίμα που εισέρχεται στα τριχοειδή είναι πλούσιο σε οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά, γεγονός που βοηθά τη διάχυσή τους προς το μεσοκυττάριο υγρό. Το αντίθετο συμβαίνει με το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα προϊόντα του μεταβολισμού των κυττάρων, που διαχέονται προς το εσωτερικό των τριχοειδών.

Τα ενδοθηλιακά κύτταρα από τα οποία είναι φτιαγμένα τα τριχοειδή είναι εξαιρετικά λεπτά και επίπεδα και περιβάλλονται από τη γνωστή πλασματική μεμβράνη των κυττάρων, δηλαδή, τη διπλοστιβάδα των φωσφορολιπιδίων. Οι ουσίες που είναι λιποδιαλυτές (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, λιπαρά οξέα) διαχέονται με σχετική ευκολία, εκείνες όμως οι ουσίες που δεν είναι λιποδιαλυτές (ιόντα χλωρίου και νατρίου και γλυκόζη) και το νερό ανταλλάσσονται με άλλους τρόπους.

Στα ενδοθηλιακά κύτταρα υπάρχουν πολυάριθμα πινοκυτταρικά κυστίδια. Εκείνα που είναι στην επιφάνεια προς το εσωτερικό του τριχοειδούς, περιέχουν πλάσμα. Εκείνα που είναι προς τη μεριά του μεσοκυττάρου υγρού, περιέχουν μεσοκυττάριο υγρό. Τα κυστίδια μπορούν να κινούνται και να αδειάζουν το περιεχόμενό τους στην άλλη πλευρά του κυττάρου, ενώ,

ορισμένες φορές συνενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πινοκυτταρικούς αγωγούς μέσω των οποίων μεταφέρονται ουσίες.

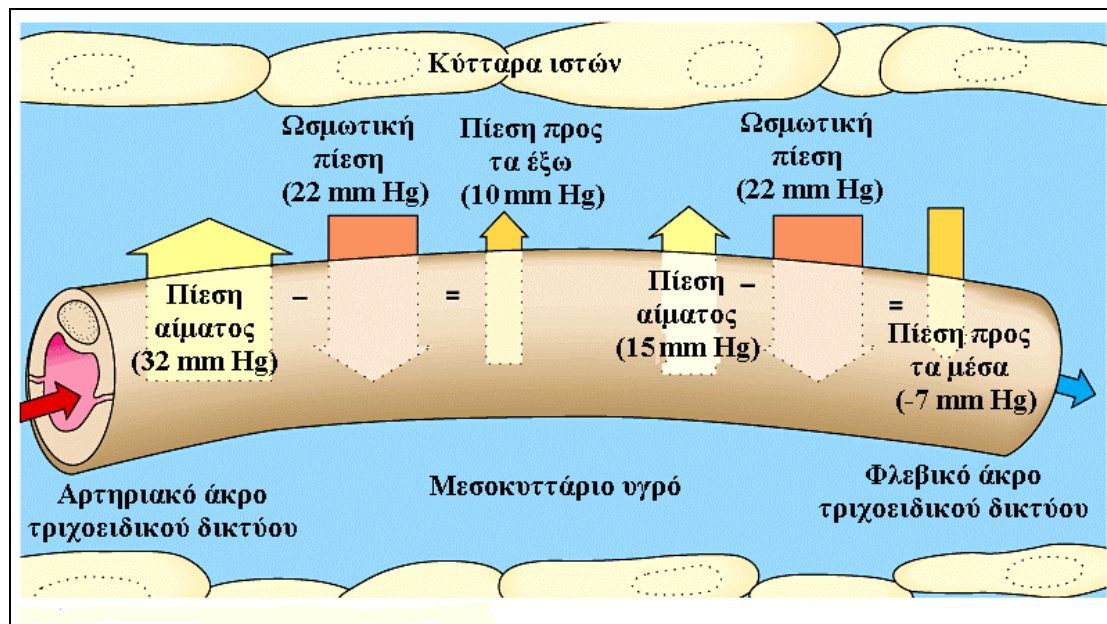
Ορισμένες φορές τα γειτονικά ενδοθηλιακά κύτταρα του τριχοειδούς δεν είναι απόλυτα συνδεδεμένα μεταξύ τους και υπάρχουν μεσοκυττάρια σχισμές. Μικρές ουσίες μπορούν και περνούν από αυτές τις σχισμές, για παράδειγμα η γλυκόζη, η ουρία και τα ιόντα νατρίου και χλωρίου. Το μέγεθος των



σχισμών εξαρτάται από τον ιστό. Στον εγκέφαλο, για παράδειγμα, δεν υπάρχουν σχισμές μεταξύ των ενδοθηλιακών κυττάρων με αποτέλεσμα να μην περνά οτιδήποτε παθητικά στο μεσοκυττάριο υγρό. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται **αιματοεγκεφαλικός φραγμός** και μεταξύ άλλων εμποδίζει την είσοδο τοξικών ουσιών από το αίμα στον εγκέφαλο. Το πιο κάτω σχεδιάγραμμα δείχνει τη δομή του τριχοειδικού τοιχώματος.

Εικόνα 9.20 Λεπτομερής δομή του τριχοειδικού τοιχώματος

Ανταλλαγές μεταξύ των τριχοειδών αγγείων και του μεσοκυττάριου υγρού



Εικόνα 9.21 Ανταλλαγή αερίων και ουσιών στην περιοχή των τριχοειδών αγγείων

Καθώς απομακρυνόμαστε από την καρδιά η πίεση του αίματος μειώνεται. Στο αρτηριακό άκρο η Υδροστατική Πίεση (Υ.Π.) που είναι η πίεση του αίματος, είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το φλεβικό άκρο. Η Ωσμωτική Πίεση (Ω.Π.) του αίματος δεν αλλάζει καθώς το αίμα προχωρεί από το αρτηριακό στο φλεβικό άκρο γιατί η συγκέντρωση πρωτεϊνών στο εσωτερικό των τριχοειδών παραμένει σταθερή και είναι πάντα μεγαλύτερη απ' ό,τι στο μεσοκυττάριο υγρό. Ως αποτέλεσμα της διαφοράς των δύο πιέσεων, στο αρτηριακό άκρο, νερό με τις διαλυμένες σ' αυτό ουσίες, βγαίνει έξω από τα τριχοειδή και περιλούει τα κύτταρα.

Στο φλεβικό άκρο, το νερό, μαζί με άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού των κυττάρων, εισέρχεται στα τριχοειδή, πάλι λόγω της διαφοράς των δύο πιέσεων. Άρα, η διακίνηση του νερού και των ουσιών που περιέχει, καθορίζεται από τη διαφορά μεταξύ Υ.Π. και Ω.Π. κατά μήκος του τριχοειδούς δικτύου. Όταν η Υ.Π. είναι μεγαλύτερη από την Ω.Π. (αρτηριακό άκρο) το νερό εξέρχεται των τριχοειδών. Όταν η Ω.Π. είναι μεγαλύτερη της Υ.Π. (φλεβικό άκρο) το νερό εισέρχεται στα τριχοειδή.

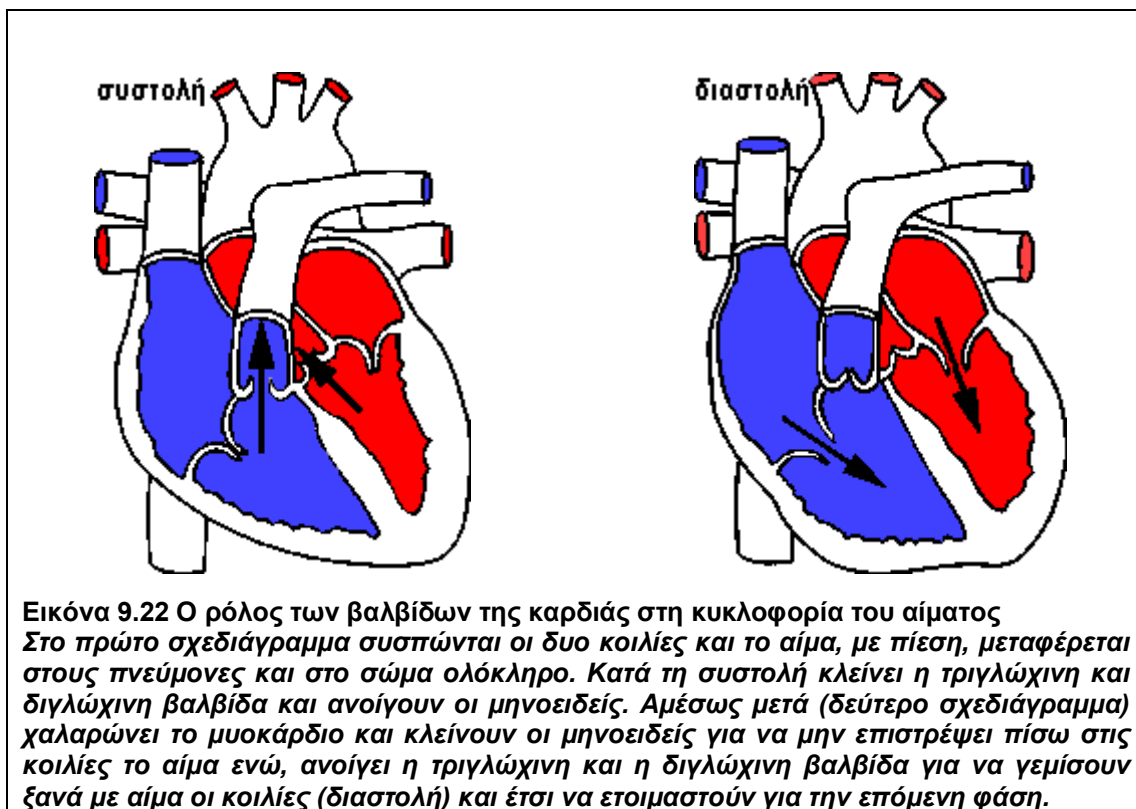
9.6 Η κυκλοφορία του αίματος

Για να γίνει καλύτερα κατανοητή, η κυκλοφορία του αίματος στον οργανισμό, χωρίζεται σε τρεις επί μέρους κυκλοφορίες:

- **Πνευμονική ή μικρή κυκλοφορία:** το χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο αίμα από την καρδιά φθάνει στους πνεύμονες όπου οξυγονώνεται και στη συνέχεια επιστρέφει στην καρδιά.
- **Συστηματική ή μεγάλη κυκλοφορία:** το οξυγονωμένο αίμα από την καρδιά προωθείται προς όλους τους ιστούς του σώματος με σκοπό να μεταφέρει οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά. Στη συνέχεια επιστρέφει στην καρδιά πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα και φτωχό σε οξυγόνο.
- **Στεφανιαία κυκλοφορία:** αφορά την αιμάτωση του μυοκαρδίου. Το αίμα μεταφέρεται στο μυοκάρδιο και επιστρέφει πίσω στο δεξιό κόλπο της καρδιάς.

Η πορεία του αίματος γενικά

Από τους πνεύμονες, το οξυγονωμένο αίμα μεταφέρεται στην καρδιά με τις πνευμονικές φλέβες και εισέρχεται στον αριστερό κόλπο. Από εκεί, περνάει στην αριστερή κοιλία μέσω της διγλώχινης βαλβίδας. Περίπου 80% του αίματος περνάει στην αριστερή κοιλία κατά τη χαλάρωση της καρδιάς και το υπόλοιπο 20% κατά τη σύσπαση του αριστερού κόλπου. Με τη



σύσπαση της αριστερής κοιλίας, η διγλώχινη βαλβίδα κλείνει και με αυτό τον τρόπο εμποδίζεται η επιστροφή του αίματος στον αριστερό κόλπο. Οι τενόντιες χορδές συγκρατούν τη βαλβίδα για να μη γυρίζει προς τη μεριά του κόλπου. Καθώς συσπάται η αριστερή κοιλία η ενδοκοιλιακή πίεση αυξάνει με αποτέλεσμα να ανοίξει η μηννοειδής βαλβίδα της αορτής και να

αρχίσει η διοχέτευση του αίματος προς τη σωματική κυκλοφορία. Με τον τερματισμό της κοιλιακής σύσπασης, κλείνει η μηννοειδής βαλβίδα της αορτής και το αίμα δεν μπορεί να επιστρέψει στην αριστερή κοιλία.

- **Συστηματική (μεγάλη) κυκλοφορία**

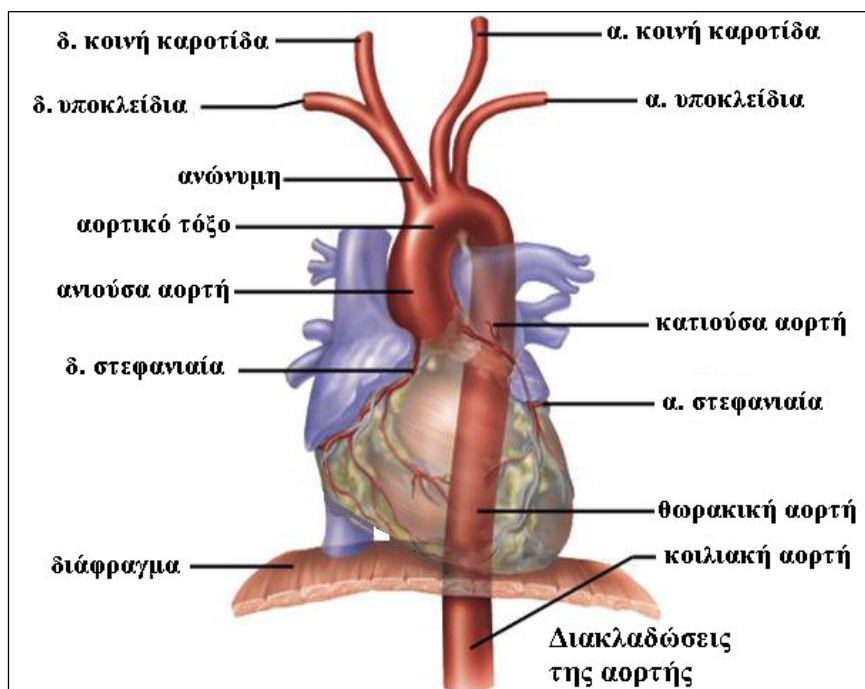
Με τη σύσπαση της αριστερής κοιλίας το οξυγονωμένο αίμα προωθείται προς την αορτή. Από την αορτή διακλαδίζονται όλες οι αρτηρίες του σώματος (εξαιρούνται οι πνευμονικές αρτηρίες) οι οποίες μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα σε όλους τους ιστούς. Μετά την ανταλλαγή αερίων και ουσιών που γίνεται στα τριχοειδικά δίκτυα, το αίμα μπαίνει στις φλέβες που το επιστρέφουν στην καρδιά με την άνω και κάτω κοίλη φλέβα. Το αίμα, που είναι φτωχό σε οξυγόνο και πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα, εισέρχεται στο δεξιό κόλπο και από εκεί περνάει στη δεξιά κοιλία μέσω της τριγλώχινης βαλβίδας.

- **Πνευμονική κυκλοφορία**

Στη συνέχεια η δεξιά κοιλία συσπάται με αποτέλεσμα να ανοίξει η μηννοειδής βαλβίδα και το αίμα να προωθηθεί στην πνευμονική αρτηρία. Η πνευμονική αρτηρία που μεταφέρει αίμα πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα, λίγο μετά την καρδιά διακλαδίζεται σε αριστερή και δεξιά. Αυτές καταλήγουν στον αριστερό και δεξιό πνεύμονα αντίστοιχα. Μέσα στους πνεύμονες διακλαδίζονται αρκετές φορές μέχρι να καταλήξουν στο δίκτυο των τριχοειδών. Καθώς το αίμα ρέει μέσα στα τριχοειδή, γίνεται η ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα με οξυγόνου. Ως αποτέλεσμα το αίμα που ρέει στα φλεβίδια των πνευμόνων είναι πλούσιο σε οξυγόνο. Τα φλεβίδια συνενώνονται σε μικρές φλέβες και αυτές με τη σειρά τους σχηματίζουν δύο πνευμονικές φλέβες σε κάθε πνεύμονα. Συνολικά 4 πνευμονικές φλέβες μεταφέρουν το οξυγονωμένο αίμα στον αριστερό κόλπο της καρδιάς.

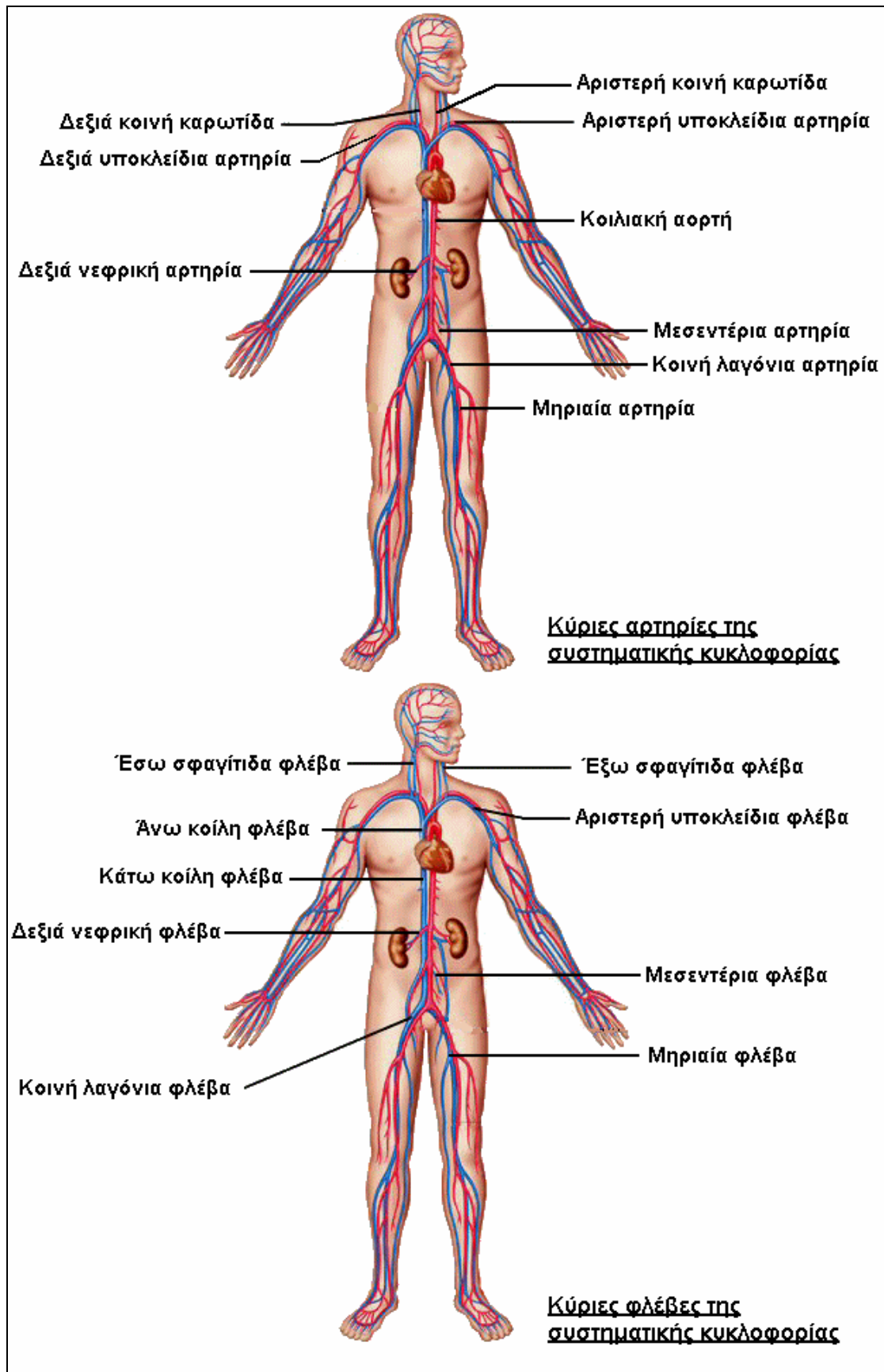
- **Στεφανιαία κυκλοφορία**

Τα κύτταρα της καρδιάς, όπως όλα τα κύτταρα, χρειάζονται αιμάτωση. Η καρδιά αιματώνεται από δύο **στεφανιαίες** αρτηρίες που αποτελούν και τις πρώτες διακλαδώσεις της αορτής. Οι στεφανιαίες αρτηρίες διακλαδίζονται και καλύπτουν το σύνολο του μυοκαρδίου. Η ανταλλαγή αερίων και θρεπτικών ουσιών γίνεται, όπως πάντα, στα



Εικόνα 9.23 Οι διακλαδώσεις της αορτής

τριχοειδή και το αίμα καταλήγει στη μεγαλύτερη στεφανιαία φλέβα που ονομάζεται **στεφανιαίος κόλπος** που βρίσκεται στο πίσω μέρος της καρδιάς. Από το στεφανιαίο κόλπο το αίμα μεταφέρεται στο δεξιό κόλπο.



Εικόνα 9.24 Κύριες αρτηρίες και φλέβες της συστηματικής κυκλοφορίας

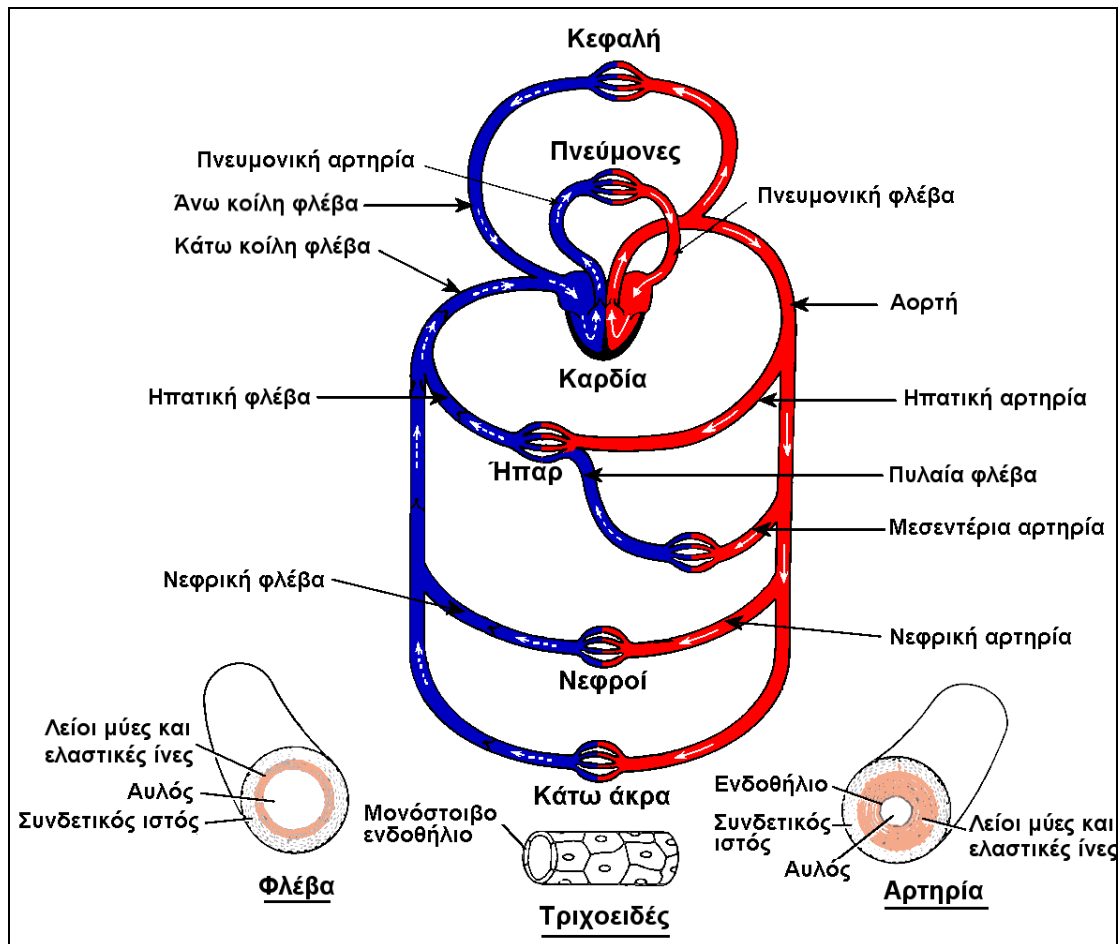
- **Η πυλαία κυκλοφορία**

Το αίμα που συγκεντρώνεται από μερικά όργανα του πεπτικού συστήματος, όπως για παράδειγμα το λεπτό έντερο, δεν καταλήγει απ' ευθείας στην κάτω κοίλη φλέβα αλλά μεταφέρεται πρώτα στο συκώτι με την πυλαία φλέβα σχηματίζοντας την πυλαία κυκλοφορία. Οι φλέβες που παίρνουν το αίμα από τα τριχοειδή δίκτυα του στομάχου, του λεπτού εντέρου, του παχέος εντέρου, του παγκρέατος και του σπλήνα, το μεταφέρουν στην πυλαία φλέβα. Αυτή το οδηγεί (το αίμα) στο συκώτι (ήπαρ). Ένα μεγάλο μέρος του αίματος που φέρεται με την πυλαία φλέβα στο ήπαρ, προέρχεται από το στομάχι και το λεπτό έντερο και είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά λόγω της πέψης.

Το συκώτι επεξεργάζεται τα θρεπτικά συστατικά ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού. Από το συκώτι, το αίμα συλλέγεται από τις ηπατικές φλέβες και καταλήγει στο δεξιό κόλπο της καρδιάς μέσω της κάτω κοίλης φλέβας.

Κατά συνέπεια, τα τριχοειδικά δίκτυα του συκωτιού έχουν φλέβες και από τις δύο τους πλευρές και αποτελούν εξαίρεση από όλα τα άλλα τριχοειδικά δίκτυα του οργανισμού. Το ήπαρ τροφοδοτείται με αίμα πλούσιο σε οξυγόνο με την ηπατική αρτηρία.

9.7 Ρύθμιση της αιμάτωσης των ιστών



Εικόνα 9.25

Η ροή του αίματος καθορίζεται από τις ανάγκες του οργανισμού. Τα όργανα που εργάζονται περισσότερο, αιματώνονται περισσότερο. Ταυτόχρονη αιμάτωση πολλών οργάνων υπερφορτώνει την καρδιά γι' αυτό μετά το φαγητό δε συνιστάται έντονη μυϊκή δραστηριότητα. Η διάμετρος των αγγείων δεν είναι σταθερή και μπορεί να αυξομειώνεται. Εκεί που υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, για παράδειγμα, προκαλείται διαστολή των αγγείων που προκαλεί αυξημένη ροή αίματος, (άρα και οξυγόνου) και χαλάρωση των προτριχοειδικών σφιγκτήρων.

9.8 Ρύθμιση της λειτουργίας της καρδιάς

Η λειτουργία της καρδιάς ρυθμίζεται και ανάλογα με τις ανάγκες των ιστών η καρδιά προωθεί το αίμα προς αυτούς. Η ποσότητα του αίματος (σε λίτρα) που προωθείται από την καρδιά ανά λεπτό ονομάζεται **καρδιακή παροχή**. Η ρύθμιση της καρδιακής λειτουργίας γίνεται με δύο μηχανισμούς:

- (α) Την ενδογενή αυτορύθμιση
- (β) Την αντανακλαστική ρύθμιση

α) Η **ενδογενής αυτορύθμιση** επηρεάζεται από την ποσότητα του αίματος που φέρνουν οι φλέβες στην καρδιά. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα, τόσο δυνατότερη είναι η σύσπαση του μυοκαρδίου και τόσο πιο πολύ αίμα αντλείται από την καρδιά προς τις αρτηρίες.

β) Στην **αντανακλαστική ρύθμιση** η συχνότητα του παλμού και η ένταση συστολής της καρδιάς ελέγχονται από το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα. Η συμπαθητική διέγερση, μέσω της νευροδιαβιβαστικής ουσίας νορ επινεφρίνης (νορ αδρεναλίνη) που εκκρίνουν συμπαθητικές νευρικές ίνες, αυξάνει τη συχνότητα και την ένταση ενώ η παρασυμπαθητική διέγερση τις ελαττώνει. Από τον προμήκη μυελό και τη γέφυρα του εγκεφάλου (όπου εδράζεται το κέντρο της καρδιακής λειτουργίας) ξεκινούν συμπαθητικοί και παρασυμπαθητικοί νευρώνες που καταλήγουν στο φλεβόκομβο και στον κολποκοιλιακό κόμβο. Το κέντρο καρδιακής λειτουργίας δέχεται μηνύματα (ώσεις) από διάφορα μέρη του κυκλοφορικού συστήματος και στη συνέχεια στέλνει ώσεις στην καρδιά η οποία προσαρμόζεται στις ανάγκες του οργανισμού

Υποδοχείς που ανιχνεύουν την πίεση του αίματος (τασεοϋποδοχείς) βρίσκονται στα μεγάλα αγγεία και ενημερώνουν συνέχεια το κέντρο καρδιακής λειτουργίας, το οποίο, μέσω των παρασυμπαθητικών νευρώνων, αν η πίεση είναι ψηλή, διαμηνύει στην καρδιά (μέσω της ακετυλοχολίνης που εκκρίνουν) να μειώσει τη συχνότητα αλλά και την ένταση των συστολών της, με αποτέλεσμα να μειώνεται η καρδιακή παροχή.

9.9 Η πίεση του αίματος

Τα υγρά ασκούν υδροστατική πίεση στις επιφάνειες με τις οποίες έρχονται σε επαφή. Αυτή είναι η πίεση που προκαλεί την κίνηση των υγρών στους σωλήνες. Η υδροστατική πίεση που ασκεί το αίμα στις επιφάνειες των αιμοφόρων αγγείων λέγεται **πίεση του αίματος** και είναι πολύ μεγαλύτερη στις αρτηρίες παρά στις φλέβες, όπως επίσης είναι κατά πολύ μεγαλύτερη στις αρτηρίες κατά τη συστολή των κοιλιών της καρδιάς.

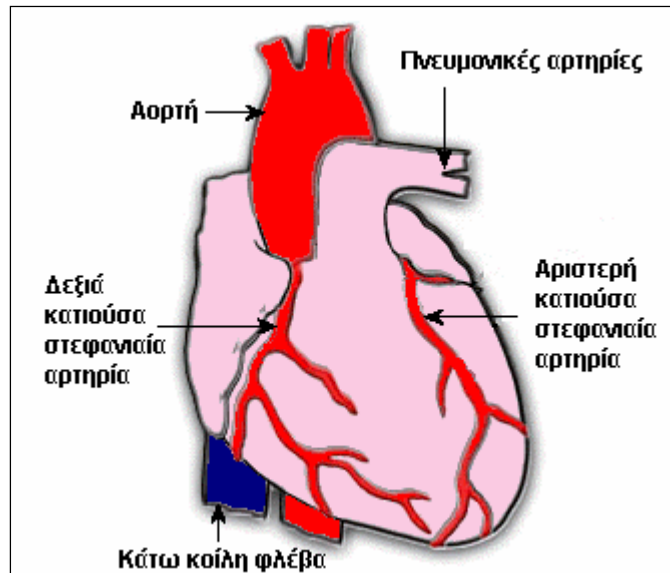
Η **αρτηριακή πίεση**, που είναι η πίεση του αίματος στις αρτηρίες της συστηματικής κυκλοφορίας, αυξομειώνεται ανάλογα με τη φάση της καρδιακής λειτουργίας. Με τη σύσπαση των κοιλιών το αίμα προωθείται στις αρτηρίες και αναπτύσσεται η μέγιστη αρτηριακή πίεση που αναφέρεται ως **συστολική πίεση**. Κατά τη χαλάρωση των κοιλιών έχουμε **διαστολική πίεση**. Συνήθεις τιμές για νεαρό υγιή άνδρα είναι 120 mmHg - 80 mmHg. Οι παράγοντες που ρυθμίζουν τη λειτουργία της καρδιάς ρυθμίζουν και την αρτηριακή πίεση. Από την αριστερή κοιλία το αίμα εισέρχεται με πίεση στην αορτή η οποία διαστέλλεται, ενώ στη συνέχεια επανέρχεται στην αρχική της διάμετρο. Αυτό επαναλαμβάνεται συνέχεια και η εναλλαγή στη διάμετρο μεταδίδεται κατά μήκος των τοιχωμάτων όλων των αρτηριών. Αυτός είναι ο **σφυγμός** που μπορεί να ψηλαφηθεί σε αρτηρίες που βρίσκονται κάτω από το δέρμα (στον καρπό του χεριού, στο λαιμό και αλλού). Οι δυο κοιλίες συσπώνται ταυτόχρονα και κάθε φορά, 70 ml αίμα φεύγουν από την κάθε κοιλία της καρδιάς προς την αντίστοιχη αρτηρία. Αν υποθέσουμε πως η καρδιά σε ηρεμία κτυπάει 72 φορές το λεπτό τότε σε κάθε λεπτό προωθούνται 5 περίπου λίτρα αίματος.

Η ρύθμιση της πίεσης του αίματος έχει μεγάλη σημασία. Οι μεγάλες αποκλίσεις προς τα κάτω (υπόταση) και προς τα πάνω (υπέρταση) όταν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα είναι επιβλαβείς για τον οργανισμό (πρόκληση εγκεφαλικών επεισοδίων και άλλων ασθενειών).

9.10 Παθήσεις του κυκλοφορικού συστήματος

Οι καρδιακές παθήσεις είναι η κυρίαρχη αιτία θανάτου στο Δυτικό κόσμο (και στην Κύπρο)

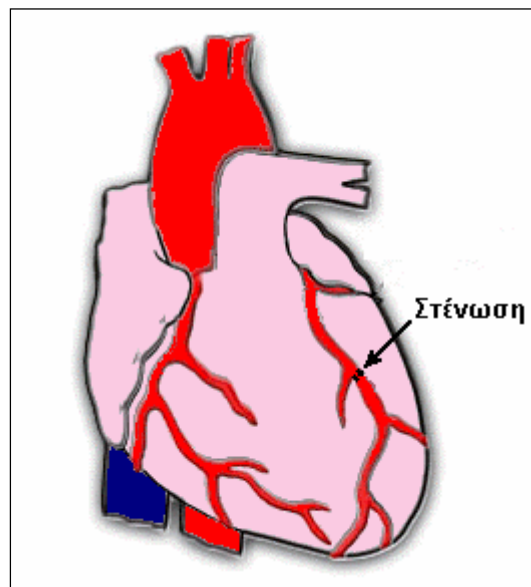
- Έμφραγμα μυοκαρδίου



Εικόνα 9.26 "Καθαρή" καρδιά όπου η ροή του αίματος στις στεφανιαίες γίνεται ανεμπόδιστα. Να σημειωθεί ότι η εναπόθεση των λιπιδίων γίνεται από νεαρότατη ηλικία, γι' αυτό και το έμφραγμα στη μέση ηλικία μπορεί να είναι το αποτέλεσμα κακομεταχείρισης της καρδιάς πολλά χρόνια

Το κυκλοφορικό σύστημα επηρεάζεται από γενετικές ανωμαλίες, μολύνσεις από ιούς και βακτήρια, από τον τρόπο ζωής και τη διατροφή. Το έμφραγμα μυοκαρδίου προκαλείται από το φράξιμο κάποιας αρτηρίας που

αιματώνει την καρδιά. Αυτό οδηγεί σε μη οξυγόνωση και νέκρωση τμήματος της καρδιάς. Η καρδιά αιματώνεται από δύο στεφανιαίες αρτηρίες οι οποίες καλύπτουν ολόκληρο το μυοκάρδιο. Το φράξιμο συνήθως προκαλείται από εναπόθεση χοληστερίνης κάτω από το ενδοθήλιο των αρτηριών και τη δημιουργία **αθηρωματικών πλακών**. Με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η διάμετρος της αρτηρίας (στένωση) και εμποδίζεται η κανονική ροή του αίματος και η αιμάτωση του μυοκαρδίου. Αυτό ονομάζεται **ισχαιμία** του μυοκαρδίου που προκαλεί ισχυρό πόνο στο στήθος που ονομάζεται **στηθάγχη**.



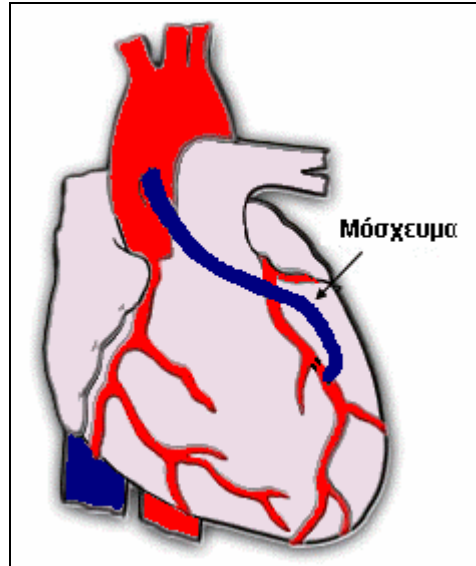
Εικόνα 9.27 Η καρδιά πριν την παρακαμπτήριο επέμβαση

Οι αθηρωματικές πλάκες μπορούν να προκαλέσουν τη δημιουργία θρόμβου ο οποίος παρασύρεται από τη ροή του αίματος και στη συνέχεια μπορεί να προκαλέσει στένωση κάποιας αρτηρίας προκαλώντας ισχαιμία. Αν η αρτηρία είναι στον εγκέφαλο θα προκληθεί εγκεφαλικό επεισόδιο. Το φράξιμο των στεφανιαίων αρτηριών μπορεί να αντιμετωπισθεί σήμερα χειρουργικά με την παρακαμπτήριο επέμβαση, γνωστή ως bypass. Ορισμένες φορές, μπορεί να αντιμετωπισθεί συντηρητικά με τη μέθοδο «μπαλονάκι».

Στον αυλό της αρτηρίας εισάγεται ένας πολύ λεπτός σωλήνας που όταν φθάσει στο σημείο της στένωσης η άκρη του φουσκώνει με αποτέλεσμα να πιέζονται τα τοιχώματα της αρτηρίας μέχρι η διάμετρος της να φθάσει στα φυσιολογικά επίπεδα. Στην περίπτωση που η χοληστερίνη κλείσει εντελώς τον αυλό της αρτηρίας, το μέρος του μυοκαρδίου που δεν οξυγονώνεται θα νεκρωθεί. Το φράξιμο (κλείσιμο) μιας αρτηρίας που αιματώνει την καρδιά ονομάζεται **έμφραγμα του μυοκαρδίου**. Υπολογίζεται πως το 40% των πρόωρων θανάτων σε όλο τον κόσμο οφείλεται στο έμφραγμα του μυοκαρδίου. Παράγοντες που ευθύνονται για το έμφραγμα είναι: διατροφή πλούσια σε κορεσμένα (ζωικά) λίπη και γλυκά. Ακόμη, η υπέρταση, το κάπνισμα, η παχυσαρκία, το άγχος, η καθιστική ζωή, ο διαβήτης και η γενετική προδιάθεση (πρόσφατα βρέθηκε γονίδιο υπεύθυνο για το έμφραγμα)

είναι σοβαροί παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία της καρδιάς. Στο πιο πάνω σχήμα φαίνονται η δεξιά όσο και η αριστερή στεφανιαία αρτηρία να έχουν πρόβλημα στένωσης λόγω εναπόθεσης λιπιδίων (κυρίως χοληστερίνης) κάτω από το ενδοθήλιο.

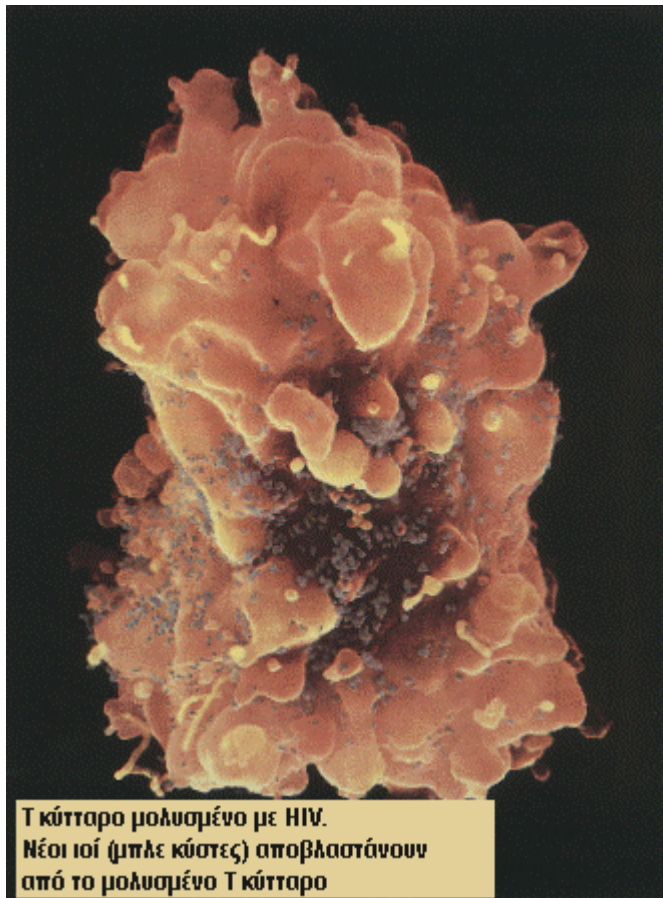
Στην εικόνα 9.28 φαίνεται ή ίδια καρδιά μετά τη χειρουργική επέμβαση με την προσθήκη των μοσχευμάτων που παρακάμπτουν τις αρτηρίες με τη στένωση.



Εικόνα 9.28 Η καρδιά μετά την παρακαμπτήριο επέμβαση

ΕΝΘΕΤΟ

Η άμυνα του οργανισμού



Ο οργανισμός πρέπει να αμύνεται συνεχώς κατά των «απρόσκλητων επισκεπτών» όπως είναι οι ιοί, τα βακτήρια και άλλοι παρασιτικοί ή σαπροφυτικοί οργανισμοί οι οποίοι συνιστούν θανάσιμη απειλή για τον οργανισμό. Ακόμη, ο οργανισμός πρέπει να προστατευθεί και από τα ίδια τα κύτταρά του που για κάποιο λόγο έχουν μετατραπεί σε καρκινικά.

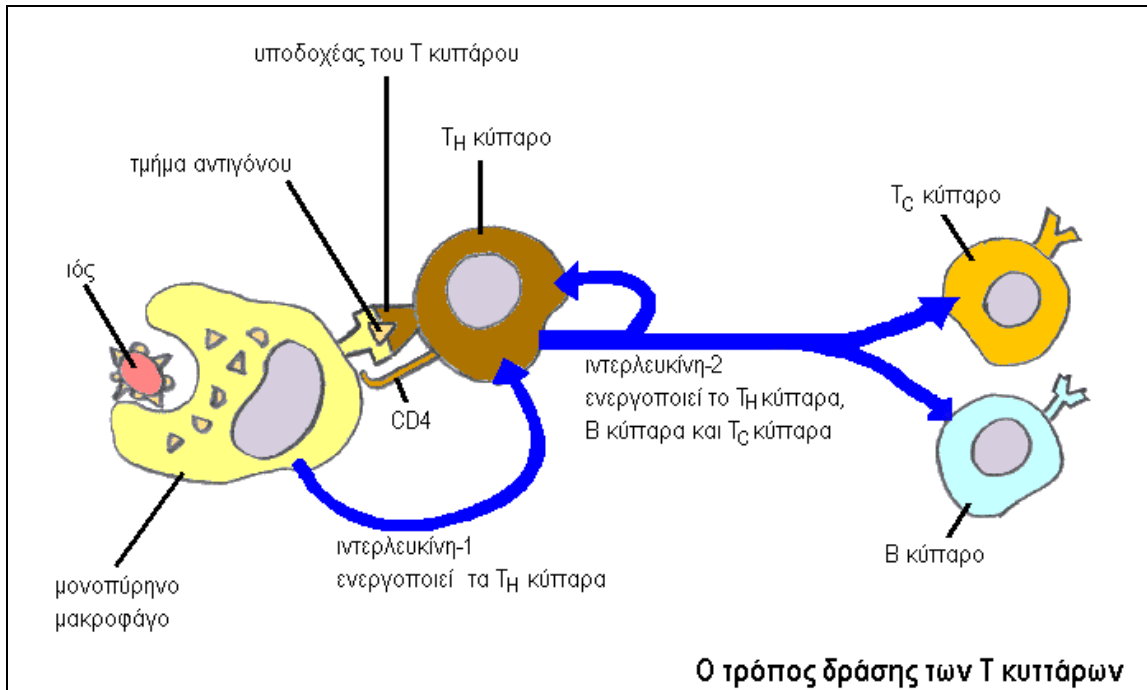
Το **Ανοσοποιητικό Σύστημα** είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση όλων των απειλών και λειτουργεί με την παραγωγή πρωτεϊνικών μορίων που ονομάζονται **αντισώματα** και τα οποία παράγονται κάθε φορά που ξένο **αντιγόνο** εισέρχεται στον οργανισμό. Τα αντισώματα παράγονται από τα λεμφοκύτταρα, τα οποία διαφοροποιούνται σε Β κύτταρα και Τ κύτταρα. Τα πρώτα, παράγουν αντισώματα τα οποία εξουδετερώνουν αντιγόνα που βρίσκονται εκτός των κυττάρων, για παράδειγμα, στο μεσοκυττάριο υγρό ή στο πλάσμα. Τα δεύτερα, παράγουν αντισώματα τα οποία εξουδετερώνουν αντιγόνα που έχουν εισβάλει στα κύτταρα.

Εικόνα 9.29 Τ κύτταρο μολυσμένο με HIV

Τα κύτταρα του Ανοσοποιητικού Συστήματος

Αποτελούνται από δυο είδη λεμφοκυττάρων: **Β κύτταρα** και **Τ κύτταρα**. Τα λεμφοκύτταρα, όπως όλα τα έμμορφα συστατικά του αίματος, παράγονται από αρχέγονα κύτταρα του μυελού των οστών (ενήλικες) και στο συκώτι (έμβρυο). Αρχικά όλα τα λεμφοκύτταρα είναι τα ίδια αλλά αργότερα διαφοροποιούνται σε Τ κύτταρα και Β κύτταρα, ανάλογα με το σημείο που μεταναστεύουν για να ωριμάσουν. Εκείνα που μεταφέρονται στο Θύμο αδένα διαφοροποιούνται σε Τ κύτταρα (από το αγγλικό Thymus για το Θύμο αδένα) και εκείνα που παραμένουν στο μυελό των οστών διαφοροποιούνται σε Β κύτταρα (από το λατινικό bursa του Φαβρίκιου, ένα μοναδικό όργανο των πτηνών).

Τα Β κύτταρα διαθέτουν υποδοχείς στην επιφάνειά τους. Υπάρχει ένας άπειρος αριθμός διαφορετικών Β κυττάρων που διαφέρουν μόνο ως προς το σχήμα των υποδοχέων. Όταν το ξένο **αντιγόνο** ενωθεί με τον υποδοχέα, το κύτταρο αρχίζει να πολλαπλασιάζεται δημιουργώντας μεγάλο αριθμό αντιγράφων του εαυτού του, όλα με τον ίδιο ειδικό υποδοχέα. Τα νέα κύτταρα που δημιουργούνται με αυτό τον τρόπο ονομάζονται **πλασματοκύτταρα**. Είναι αυτά τα κύτταρα που παράγουν τα αντισώματα σε μεγάλες ποσότητες και τα οποία θα εξουδετερώσουν τα αντιγόνα. Ένας αριθμός των κυττάρων που προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των Β κυττάρων δε θα μετατραπεί σε πλασματοκύτταρα αλλά θα παραμείνει στον οργανισμό ως **λεμφοκύτταρα της Ανοσολογικής μνήμης** τα οποία μπορούν να δράσουν άμεσα πλέον σε περίπτωση μεταγενέστερης εισόδου των ιδίων αντιγόνων. Είναι γι' αυτό το λόγο που αρρωσταίνουμε μόνο μια φορά στη ζωή μας με μαγουλά, ανεμοβλογιά και άλλες παρόμοιες ασθένειες. Πριν 2400 περίπου χρόνια, ο Θουκυδίδης περιέγραφε πως οι ασθενείς κατά τη διάρκεια επιδημίας πανώλης φροντίζονταν από άτομα που είχαν προσβληθεί από την ασθένεια αλλά επέζησαν. «Κανένας, από τα άτομα που φρόντιζαν τους ασθενείς, αναφέρει ο Θουκυδίδης, δεν αρρώστησε ξανά». Κατά κάποιο τρόπο, ο Θουκυδίδης ήταν ο πρώτος που παρατήρησε τον τρόπο δράσης του ανοσοποιητικού συστήματος.



Εικόνα 9.30 Ο τρόπος δράσης των T κυττάρων

Υπάρχουν δύο είδη T κυττάρων. Τα T_C κύτταρα που καταστρέφουν τα μολυσμένα κύτταρα και ακόμη τα καρκινικά κύτταρα. Τα T_H κύτταρα εκκρίνουν πρωτεϊνικούς παράγοντες, όπως είναι η ιντερλευκίνη-2, που παίζουν σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Τα T_H κύτταρα αναγνωρίζουν **αντιγονικούς επίτοπους** που βρίσκονται στην επιφάνεια των κυττάρων του ίδιου του οργανισμού. Οι ειδικοί υποδοχείς των T_H κυττάρων αναγνωρίζουν και ενώνονται με τους επίτοπους υποβοηθούμενα και από ένα άλλο είδος μορίου που βρίσκεται στην επιφάνειά τους και το οποίο ονομάζεται CD4. Στη συνέχεια τα T κύτταρα πολλαπλασιάζονται με τη βοήθεια της ιντερλευκίνης-2.

Ο ιός HIV της επίκτητης ανοσοποιητικής ανεπάρκειας (ιός του AIDS) μολύνει T_H κύτταρα τα οποία διαθέτουν μόρια CD4 στην επιφάνειά τους. Στην πραγματικότητα, ο ιός χρησιμοποιεί τα μόρια CD4 ως υποδοχείς. Μια γλυκοπρωτεΐνη στην επιφάνεια του ιού ενώνεται με ένα μόριο CD4 και έτσι αρχίζει η διαδικασία της μόλυνσης. Ο ιός μπαίνει στη συνέχεια στο T_H κύτταρο όπου αρχίζει να πολλαπλασιάζεται. Οι νέοι ιοί που δημιουργούνται βγαίνουν έξω από το T_H κύτταρο, κυκλοφορούν, και εισέρχονται σε άλλα T_H κύτταρα. Με αυτό τον τρόπο καταστρέφονται τα T_H κύτταρα με αποτέλεσμα να παραλύσει το ανοσοποιητικό σύστημα.

Συνοπτικά: Ο HIV μολύνει τα T κύτταρα τα οποία χρησιμοποιεί για «δικό» του λογαριασμό, δηλαδή, πολλαπλασιάζεται σε αυτά τα κύτταρα τα οποία στη συνέχεια πεθαίνουν με αποτέλεσμα, το ανοσοποιητικό σύστημα να παραλύσει και να μη μπορεί πλέον να προστατεύσει το άτομο από άλλα παθογόνα μικρόβια όπως εκείνα που προκαλούν πνευμονία, γρίπη κ.ά.