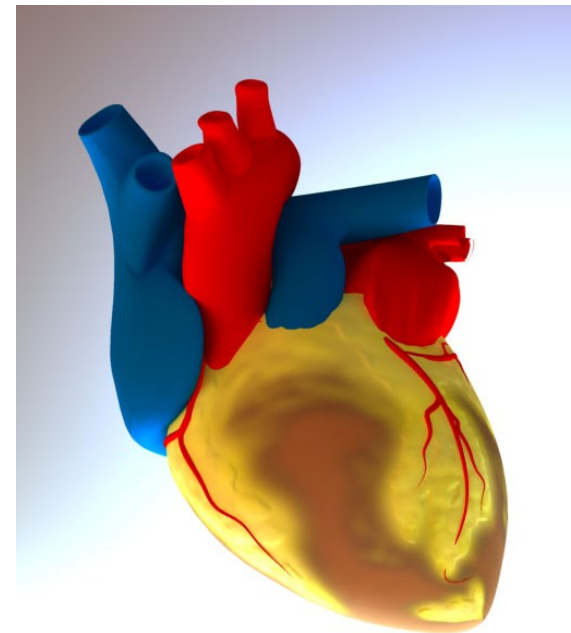


ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



Η καρδιά και το έργο της

Τα κύτταρα του σώματος είναι περίπου 1 τρισεκατομμύριο και ενεργούν σαν μικρές μηχανές που χρειάζονται:

- (α) **καύσιμα** (τροφές, αποθηκευμένο λίπος)
- (β) O_2 για να οξειδώσουν τα καύσιμα και να εκλυθεί ενέργεια και
- (γ) ένα **σύστημα μεταφορών**, που θα προσάγει τα καύσιμα και το O_2 και θα απάγει τα υποπροϊόντα (κυρίως H_2O , CO_2 , ουρία και θερμότητα) της καύσεως.

Απαιτείται ένα τελειοποιημένο σύστημα μεταφοράς του καυσίμου και του O_2 στα κύτταρα και απομάκρυνσης των παραπροϊόντων

Το εξαιρετικό αυτό σύστημα είναι το **καρδιαγγειακό σύστημα - ΚΑΣ**



Κ. Α. Σ.

Αποτελείται από τρεις συνιστώσες: **αίμα, αγγεία, καρδιά**

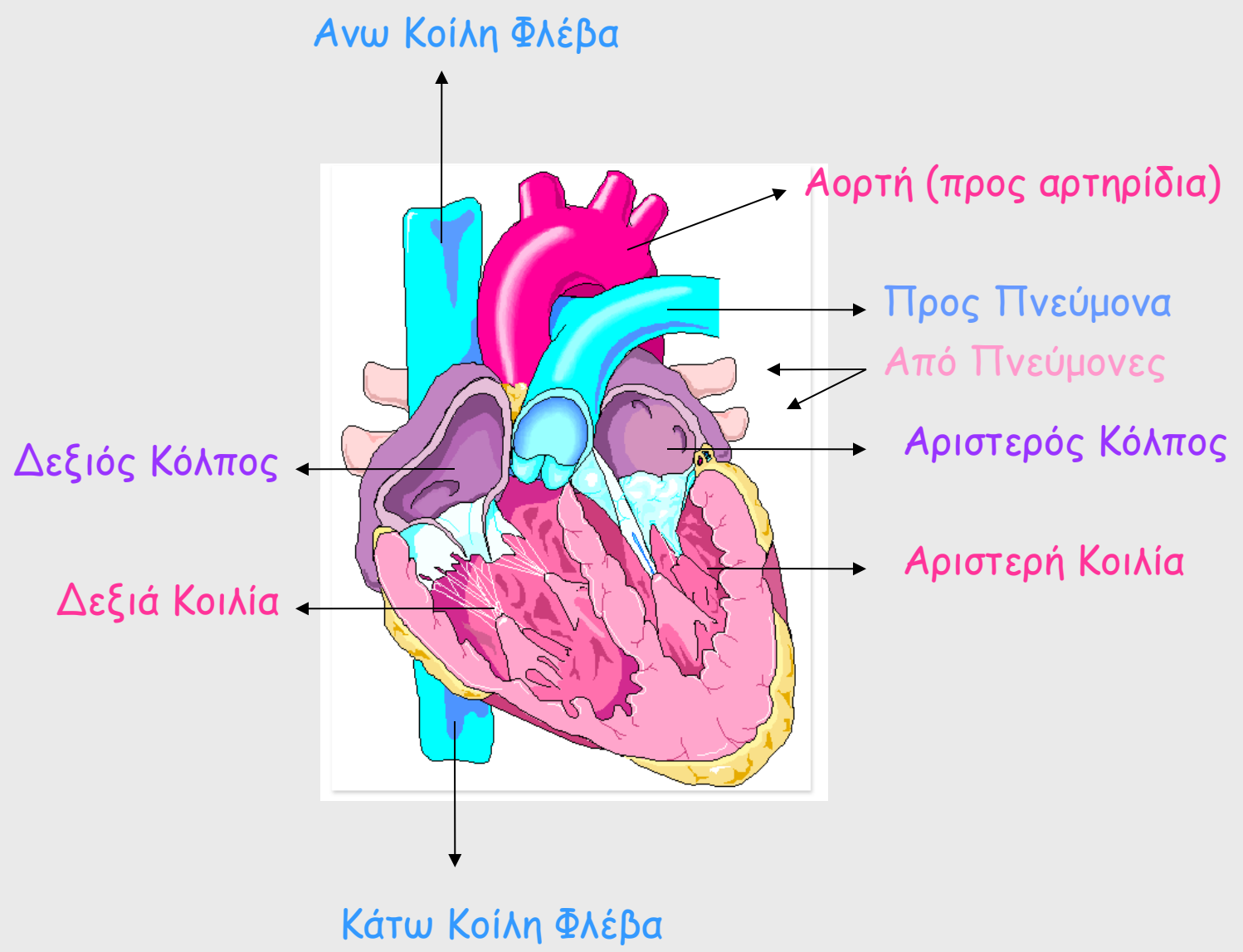
Αίμα: Όχημα για την μεταφορά ουσιών. Μεταφέρει το καύσιμο στα κύτταρα από την πέψη των τροφών και οξυγόνο στους πνεύμονες από τον αέρα, έτσι ώστε η ένωσή του με το καύσιμο να απελευθερώνει ενέργεια.

Αντιπροσωπεύει περίπου 7% του βάρους του σώματος και η μάζα του είναι 4,5 kg για κάποιον που ζυγίζει 64 kg.

Κυκλοφορικό σύστημα: Σύστημα διανομής αποτελούμενο από μία σειρά διακλαδιζόμενων αιμοφόρων αγγείων.

Καρδιά: Αντλία τεσσάρων θαλάμων, αποτελούμενη κυρίως από τον καρδιακό μυ ο οποίος καθιστά ικανή την κυκλοφορία του αίματος.





Σχήμα: Η καρδιά. Η αριστερή κοιλία έχει ισχυρότερα τοιχώματα και κυκλική διατομή για να δώσει την απαιτούμενη υψηλή πίεση.

Η ΚΑΡΔΙΑ ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ

Το πρώτο όργανο που λειτουργεί:

- ✓ Οκτώ εβδομάδες μετά την σύλληψη, η καρδιά του εμβρύου έχει ήδη αναπτυχθεί και λειτουργεί.
- ✓ Επειδή το έμβρυο δεν αναπνέει με την βοήθεια των πνευμόνων του, μόνο το 10% του αίματός του κυκλοφορεί δ'αυτών.

Πως οξυγονώνεται το αίμα;

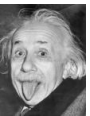
με την βοήθεια της μητέρας μέσω του ομφάλιου λώρου



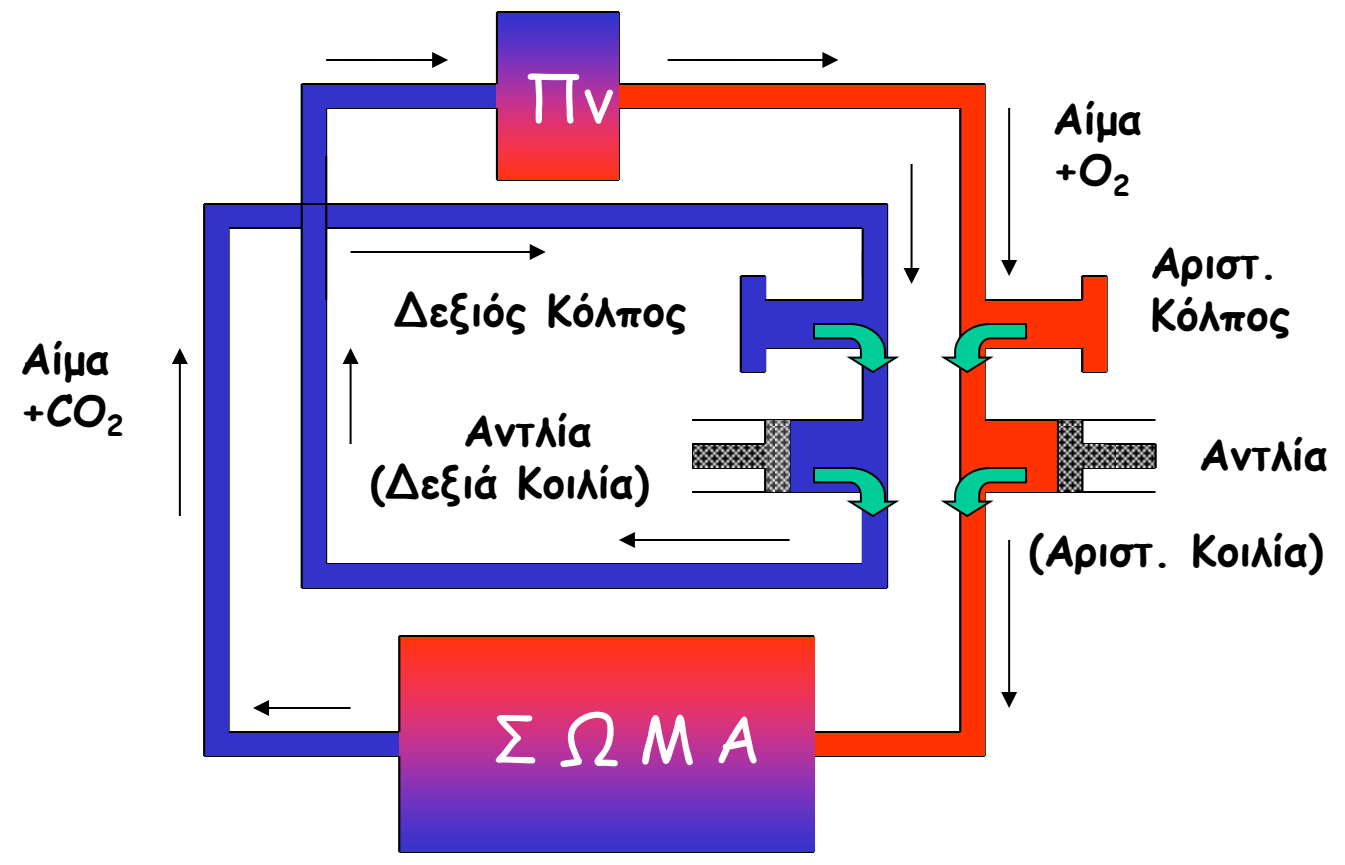
Η ΚΑΡΔΙΑ ΤΟΥ ΕΜΒΡΥΟΥ

Πως αναπνέει το έμβρυο:

- ✓ Η καρδιά του εμβρύου έχει ένα **άνοιγμα** που επιτρέπει την ροή αίματος από τον δεξιό προς τον αριστερό κόλπο (παρακάμπτεται η κυκλοφορία στους πνεύμονες).
- ✓ Αυτό το «**βραχυκύκλωμα**» διακόπτεται (το μεγαλύτερο μέρος της οπής κλείνει) μέσα σε λίγα λεπτά μετά την γέννηση.
- ✓ **Ανεπαρκές κλείσιμο** της οπής συνεπάγεται κακή οξυγόνωση του αίματος (κυάνωση) και αποτελεί μία από τις συγγενείς καρδιοπάθειες που διορθώνονται σήμερα χειρουργικά.



Μικρή ή Πνευμονική Κυκλοφορία, $-CO_2$, $+O_2$

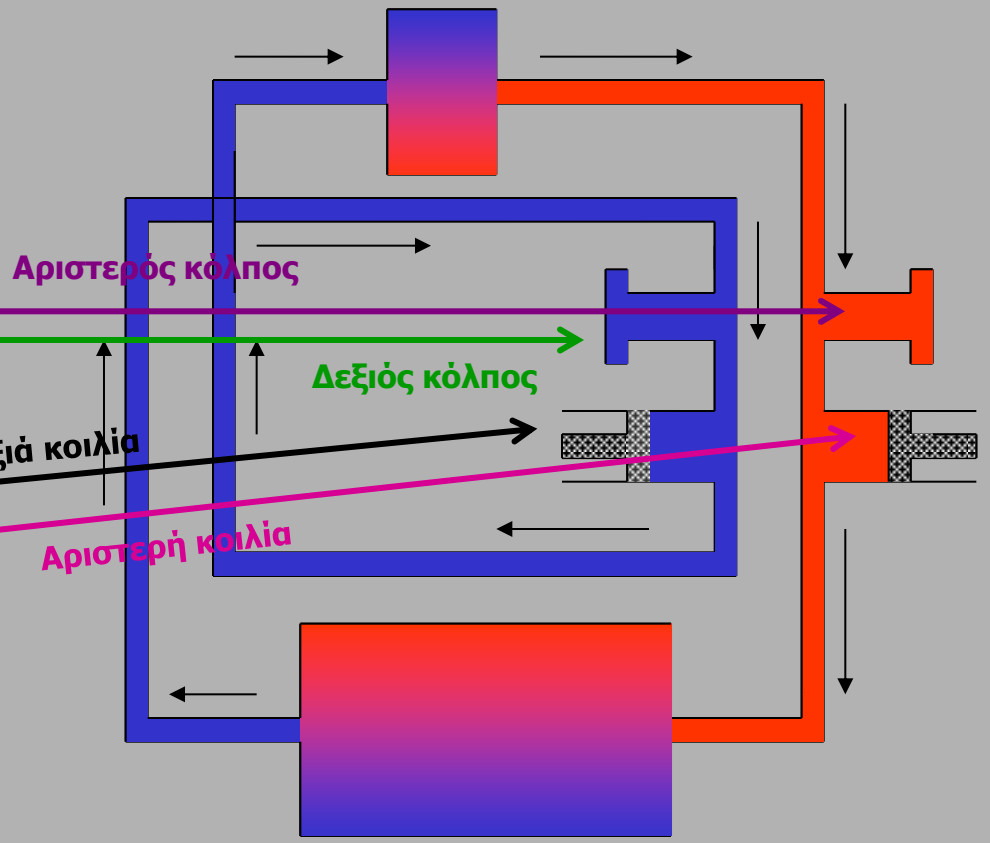
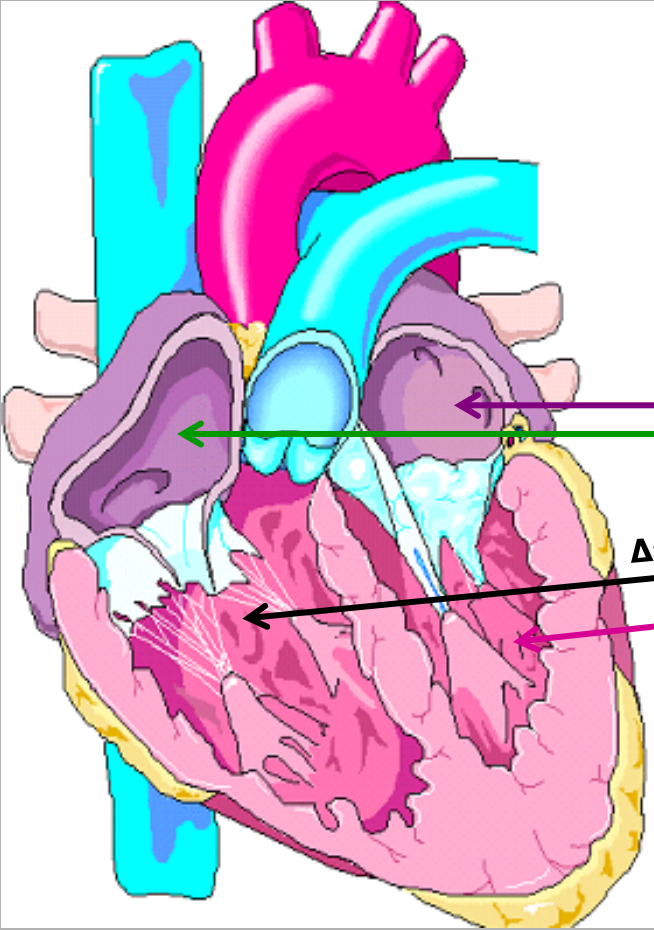


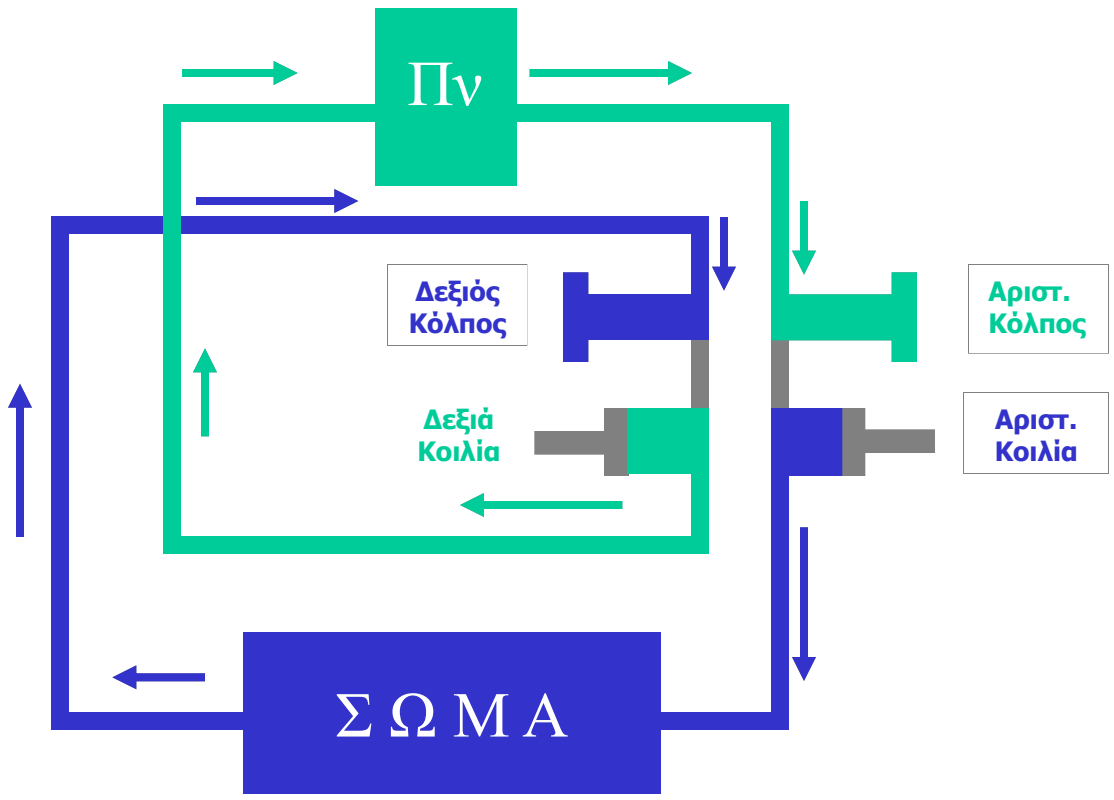
Μεγάλη Κυκλοφορία, $+CO_2$, $-O_2$

Σχήμα: Παράσταση του κυκλοφοριακού σαν σύστημα κλειστού βρόχου με δύο αντλίες. Οι τέσσερις βαλβίδες μιας κατευθύνσεως εξασφαλίζουν την προς τα κάτω ροή του αίματος. Εάν οι βαλβίδες δυσλειτουργούν και δεν ανοιγοκλείνουν κατάλληλα η διοχέτευση του αίματος είναι ανεπαρκής.



ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΣ

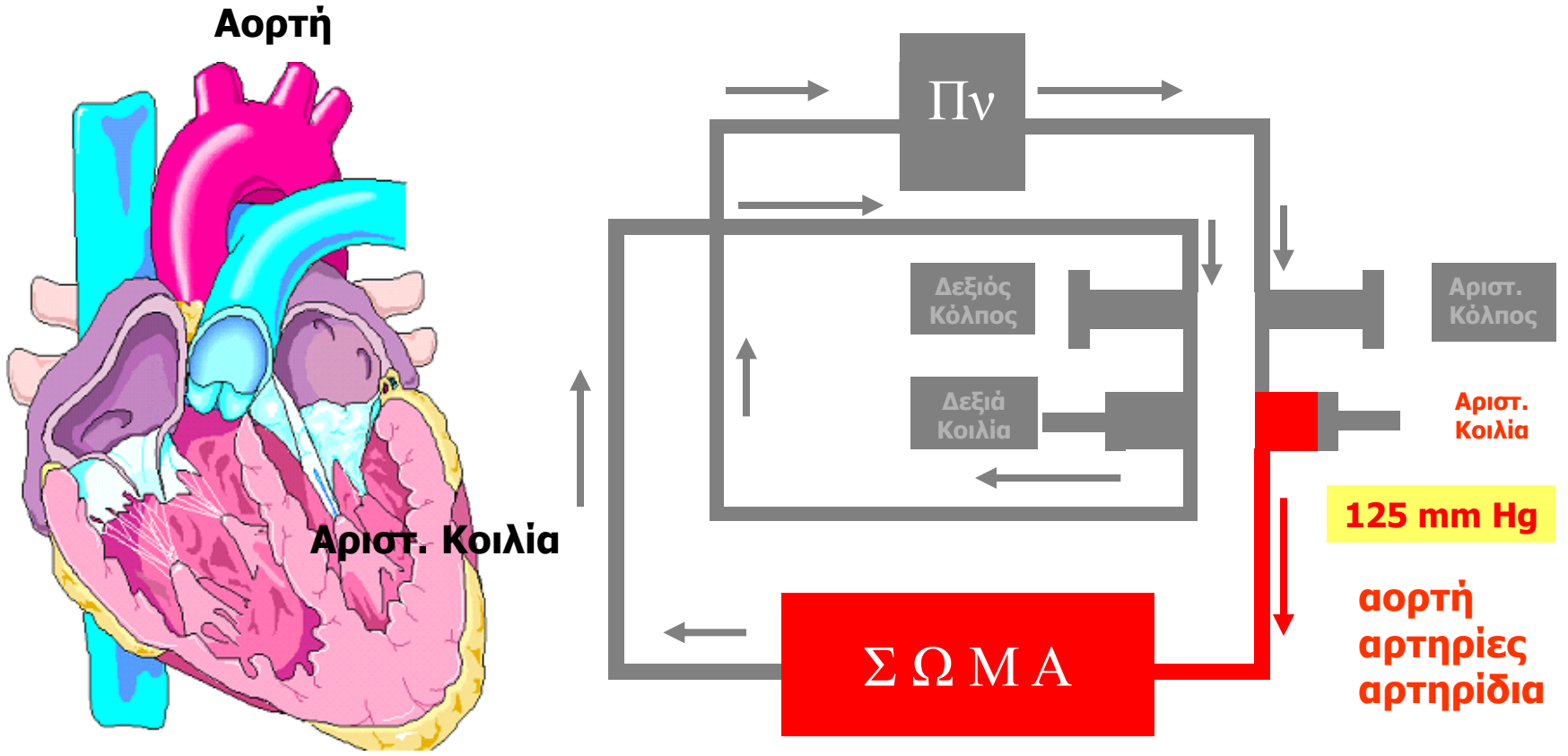




(α) Συνιστώσες του καρδιαγγειακού συστήματος

Η καρδιά λειτουργώντας σαν **διπλή αντλία** καταθλίβει το αίμα και το αναγκάζει να κυκλοφορήσει δια των πνευμόνων (**μικρή ή πνευμονική κυκλοφορία**) και δια του υπόλοιπου σώματος (**μεγάλη ή συστηματική κυκλοφορία**).



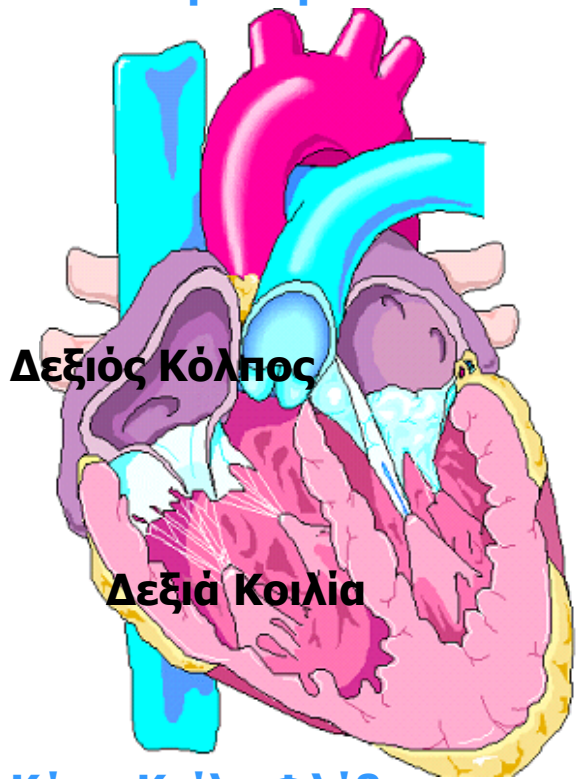


Η **συστολή της αριστερής κοιλίας** στέλνει το αίμα με μέγιστη πίεση περίπου **125 mm Hg** (μέσω της *αορτικής μηννοειδούς βαλβίδος*) στην «αορτή», στην συνέχεια σε δίκτυο «αρτηριών» που υποδιαιρούνται σε «αρτηρίδια» και τελικά στο πυκνότερο δίκτυο των τριχοειδών αγγείων.

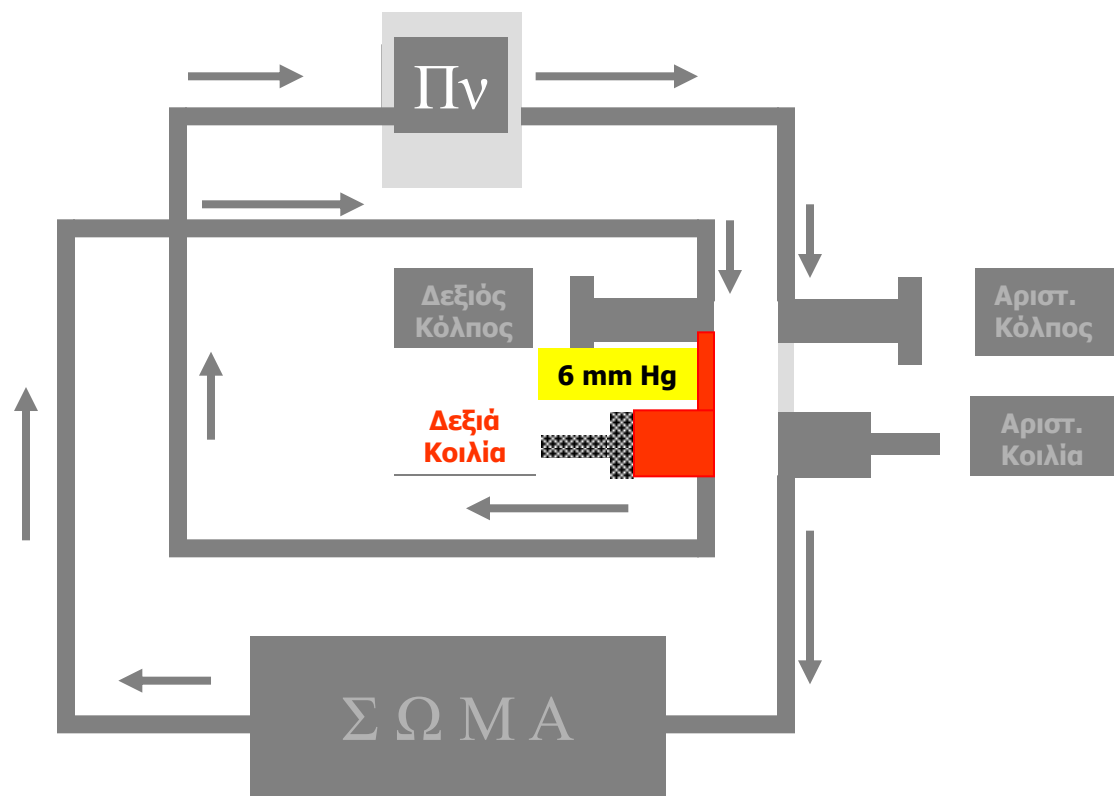
Εκεί το αίμα καταφέρνει σε λίγα δευτερόλεπτα να δώσει στα κύτταρα O_2 και να παραλάβει από αυτά CO_2 .



Ανω Κοίλη Φλέβα

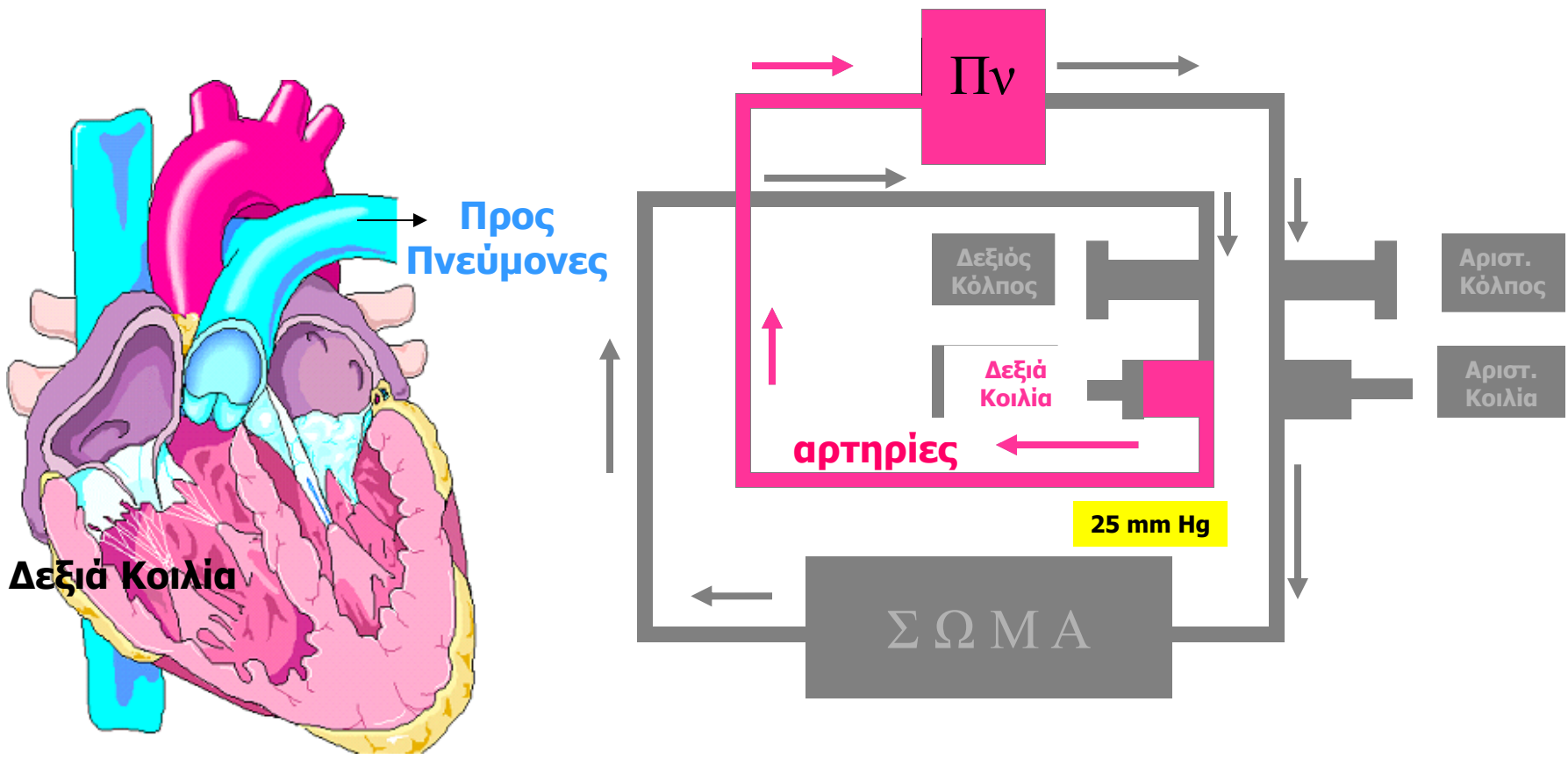


Κάτω Κοίλη Φλέβα



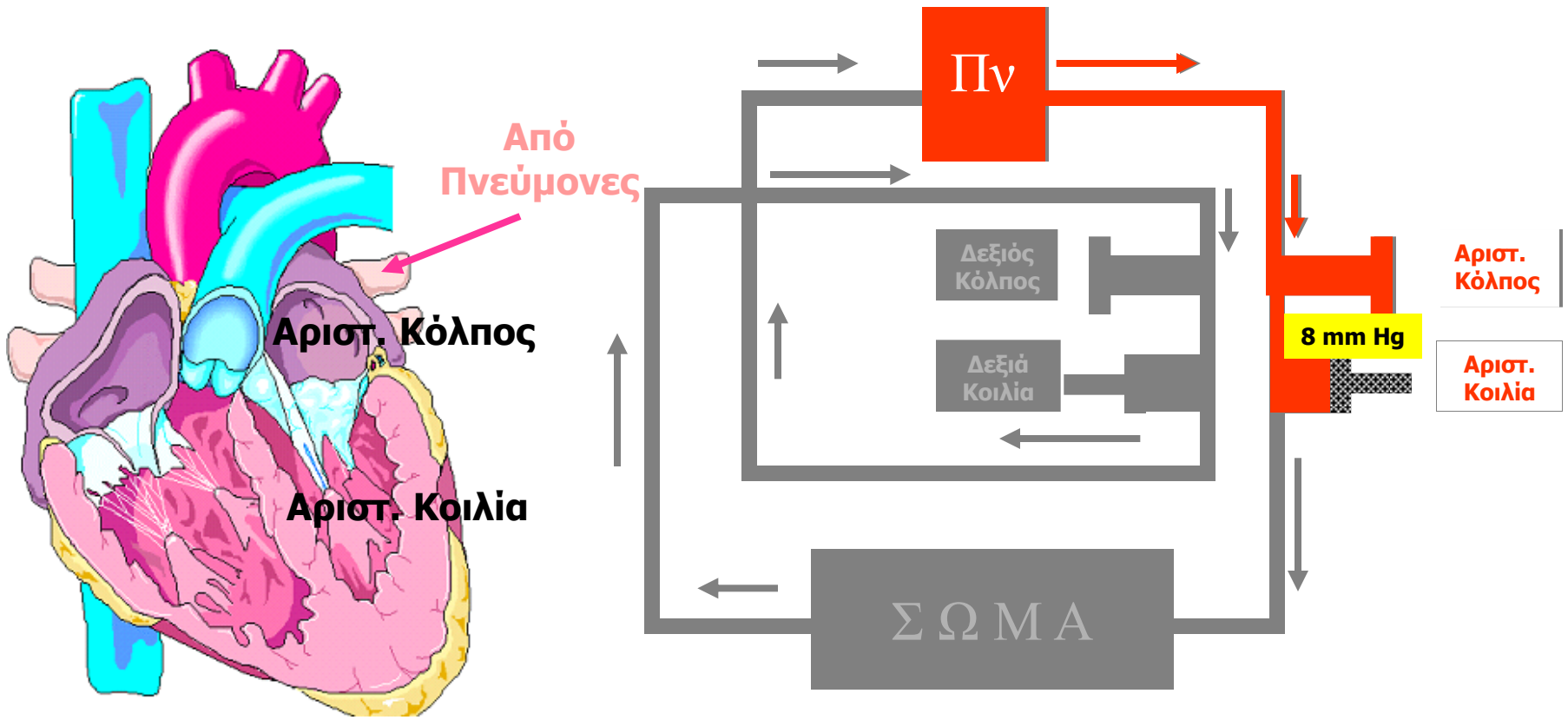
Μετά συλλέγεται από μικρά **φλεβίδια**. Αυτά συγκλίνουν σε μεγαλύτερες φλέβες για να καταλήξουν στην άνω και στην κάτω κοίλη φλέβα, που το επιστρέφουν στον δεξιό κόλπο. Αδύναμη (5 έως 6 mm Hg) συστολή του δεξιού κόλπου στέλνει το αίμα (μέσω της *δεξιάς κολποκοιλιακής ή τριγλώχινας βαλβίδος*) στην δεξιά κοιλία.





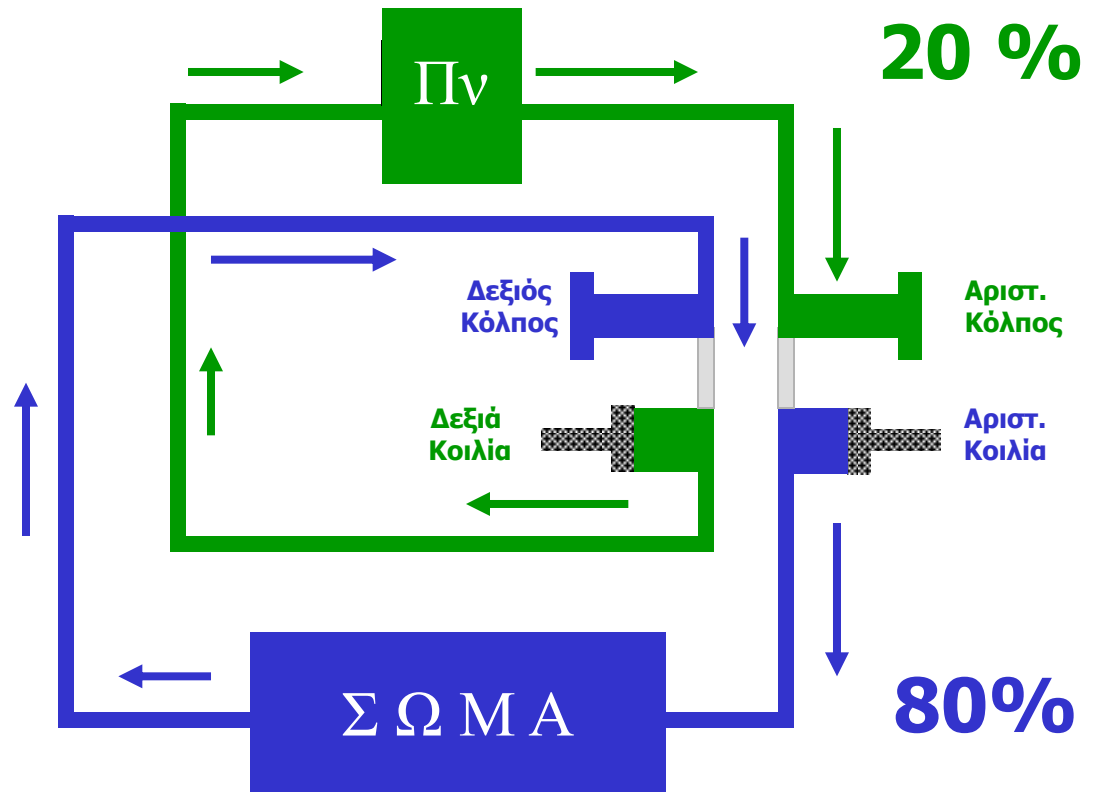
Η επόμενη συστολή της δεξιάς κοιλίας (25 mm Hg) στέλνει το αίμα (μέσω της πνευμονικής μηνοειδούς βαλβίδος) στις πνευμονικές αρτηρίες. Οι πνευμονικές αρτηρίες διακλαδίζονται σε αρτηρίες, αρτηρίδια και τριχοειδή μέσα στους πνεύμονες, ενώνονται με στα φλεβίδια, φλέβες και τελικά πνευμονικές φλέβες. Στους πνεύμονες ανταλλάσσεται CO₂ με O₂





Το αίμα επιστρέφει (οξυγονωμένο) μέσω των πνευμονικών φλεβών στον αριστερό κόλπο. Μετά την ασθενή (7 έως 8 mm Hg) συστολή του αριστερού κόλπου το αίμα επιστρέφει (μέσω της *αριστερής ή διγλώχινας ή μιτροειδούς βαλβίδος*) στην αριστερή κοιλία κ.ο.κ.

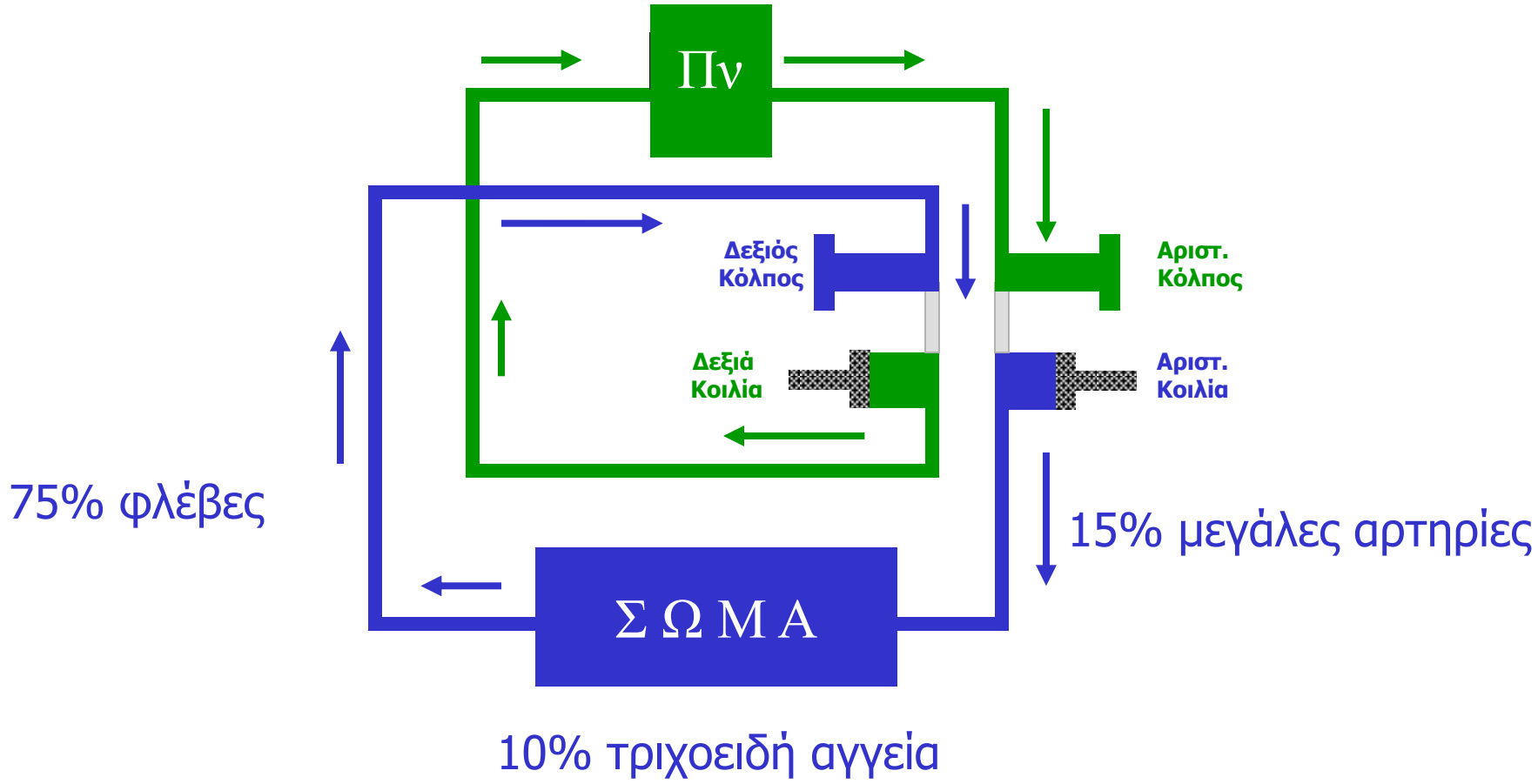




Η κάθε συστολή καταθλίβει περίπου **80ml αίματος** και συμβαίνει περίπου μία ανά sec. Επειδή ο μέσος άνθρωπος έχει **περίπου 4,5 l αίματος**,

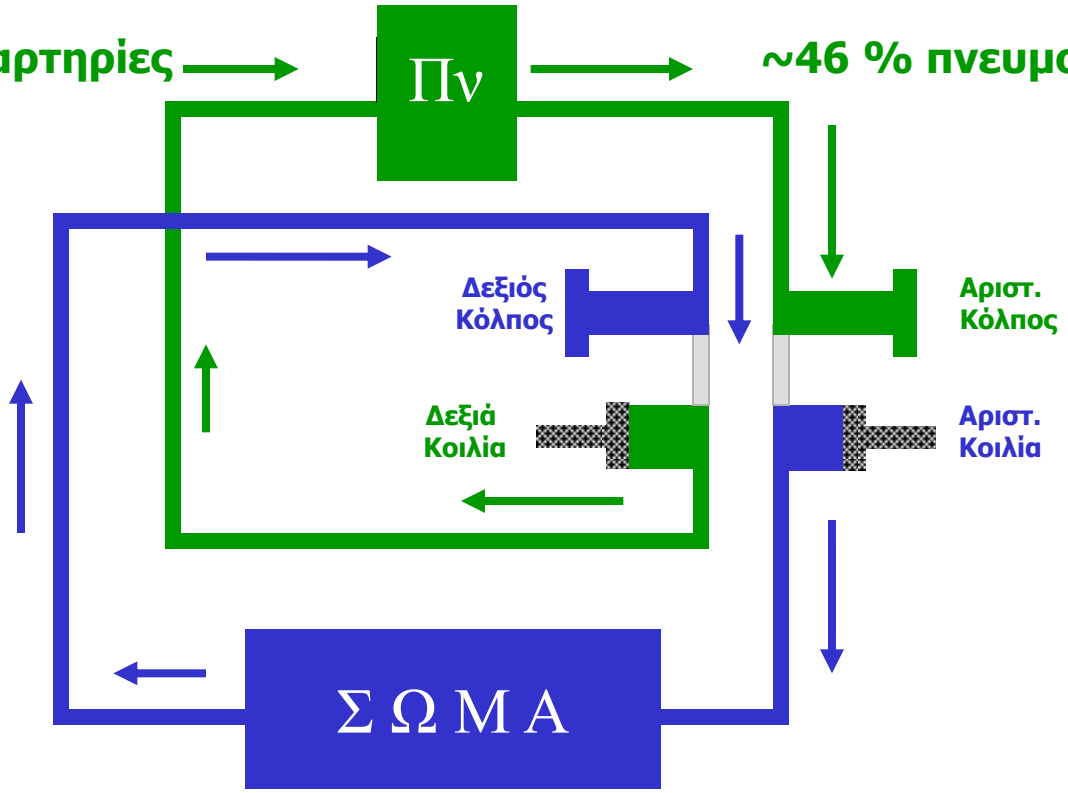
το κάθε αιμοσφαίριο συμπληρώνει μία πλήρη διαδρομή (μικρής και μεγάλης κυκλοφορίας) σε περίπου 1 min.



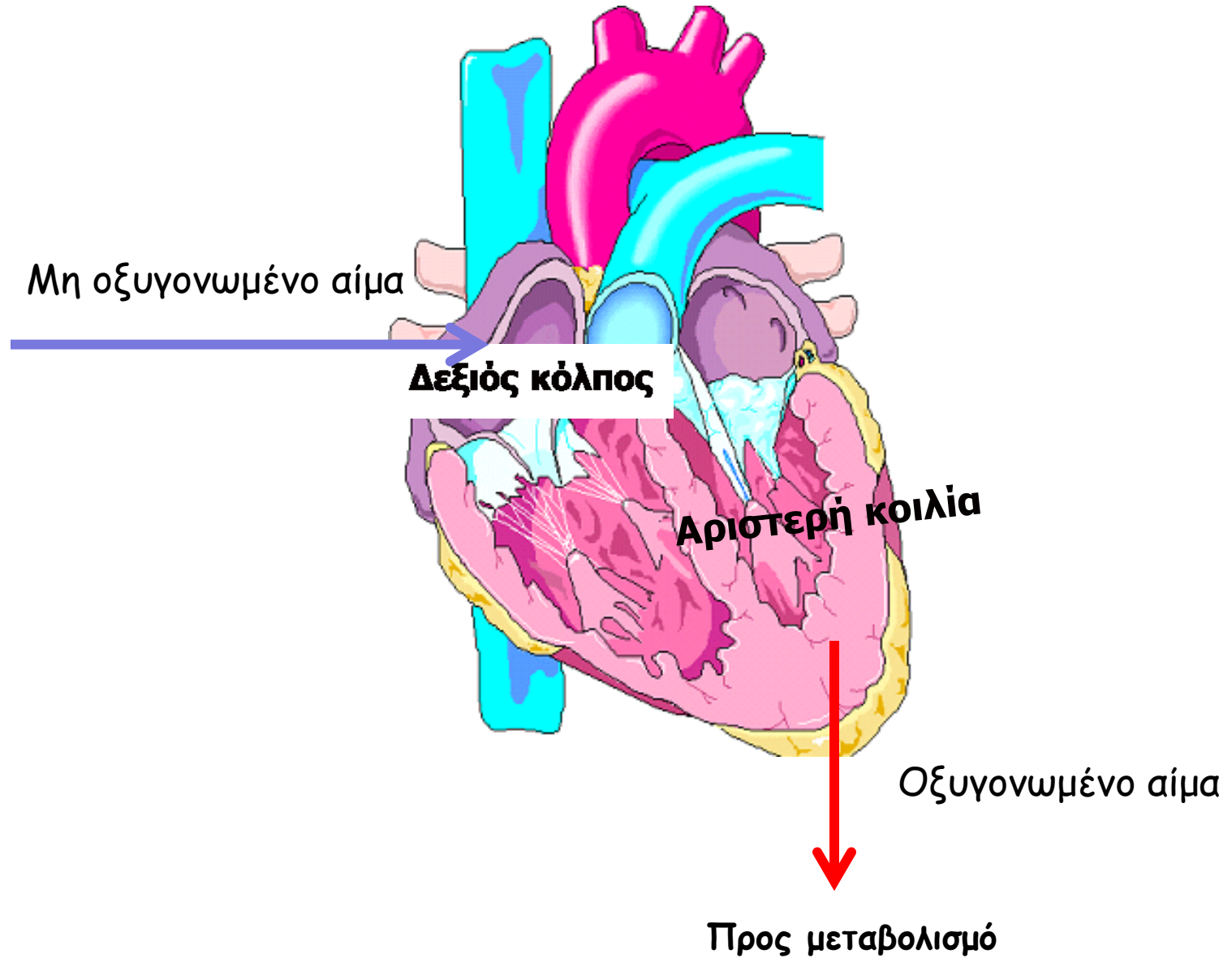


7 % τριχοειδή αγγεία πνευμόνων

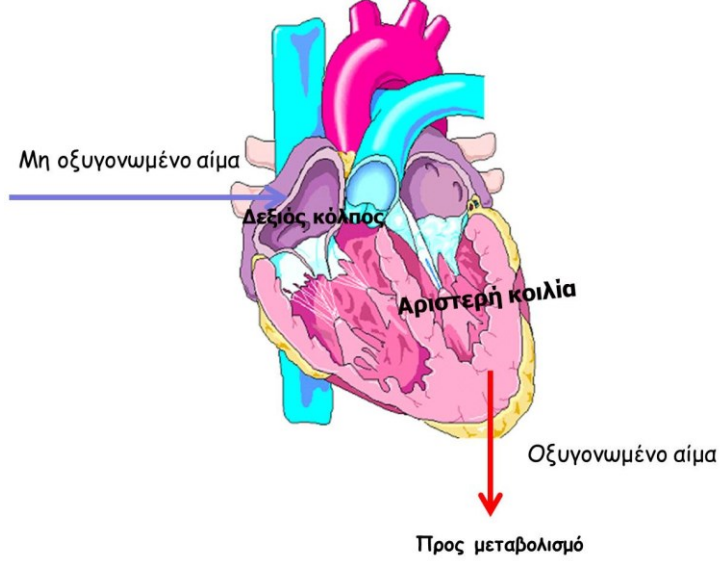
~46 % πνευμονικές αρτηρίες → Πν → ~46 % πνευμονικές φλέβες



Κεντρική ιδέα του συστήματος

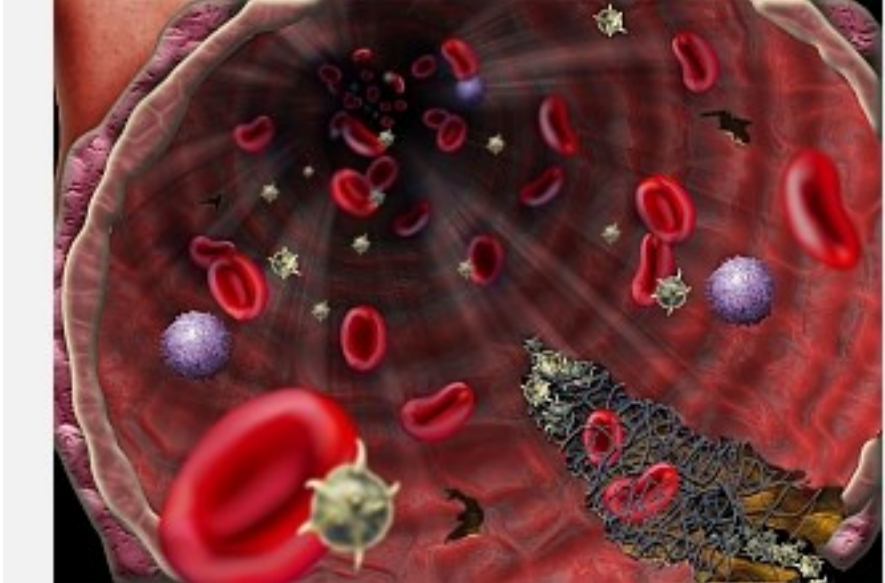


Ομοιότητες & Διαφορές των 2 Συστημάτων



- ΠΚ & ΣΚ έχουν τον ίδιο ογκομετρικό ρυθμό ροής Q
- ΣΚ: απόδοση O₂ και λήψη CO₂, ΠΚ: απόδοση CO₂ και λήψη O₂
- ΣΚ: υψηλότερες πιέσεις στις αρτηρίες και μεγαλύτερους όγκους σε σχέση με την ΠΚ παρά την ίδια Q (λόγω μεγαλύτερων διανυόμενων αποστάσεων)
- Αριστερό τμήμα καρδιάς > δεξιό τμήμα (=> μεγαλύτερη αντλία)



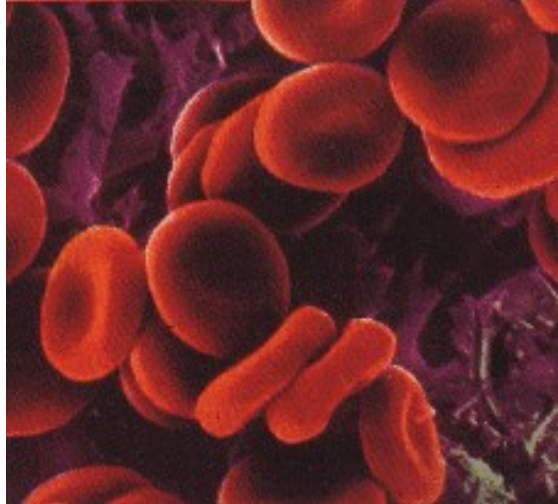


Το **κόκκινο χρώμα του αίματος** οφείλεται στα «ερυθρά αιμοσφαίρια» που καταλαμβάνουν περίπου το 45% του όγκου του. Το υπόλοιπο (περίπου 55%) είναι το «πλάσμα».

Το **φωτεινό ερυθρό χρώμα** του αρτηριακού αίματος οφείλεται στο οξυγόνο που περιέχουν. Το **σκούρο ερυθρό χρώμα** του φλεβικού αίματος οφείλεται στην έλλειψη οξυγόνου.

Αλλα συστατικά του αίματος είναι τα λευκά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια, οι ορμόνες, οι ηλεκτρολύτες, κ.λ.π.





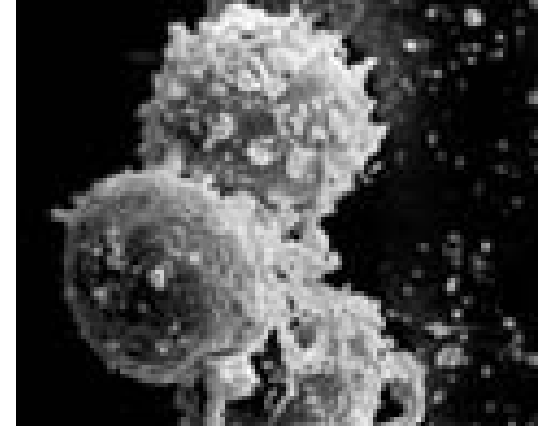
ΕΡΥΘΡΟΚΥΤΤΑΡΑ – ΕΡΥΘΡΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ

Το **κόκκινο χρώμα του αίματος** οφείλεται στα «ερυθρά αιμοσφαίρια» που καταλαμβάνουν περίπου το 45% του όγκου του.

- | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------|
| Σχήμα: | επίπεδος δίσκος |
| Ποσότητα: | 5×10^6 ερυθροκύτταρα / mm^3 αίματος |
| Διάμετρος: | 7 μm |
| Μέση διάρκεια ζωής: | 3 μήνες (10 δισεκατομμύρια πεθαίνουν κάθε ημέρα) |



ΛΕΥΚΟΚΥΤΤΑΡΑ –ΛΕΥΚΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ

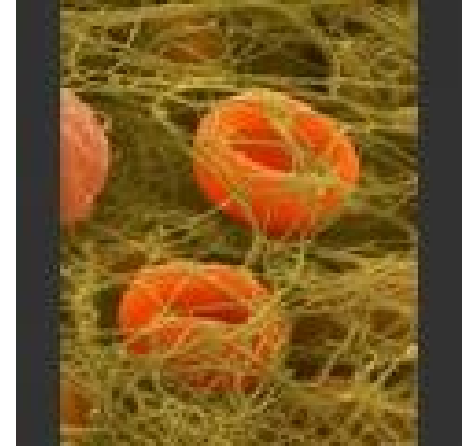


Είναι τμήμα του ανοσοποιητικού συστήματος και παίζουν σημαντικό ρόλο στην καταπολέμηση των νόσων.

Σχήμα:	δεν είναι στρογγυλά
Ποσότητα:	8000 λευκοκύτταρα / mm ³ αίματος (σε περίπτωση λοίμωξης ο αριθμός τους αυξάνεται)
Διάμετρος:	από 9 έως 15 μm
Μέση διάρκεια ζωής:	3 μήνες (10 δισεκατομμύρια πεθαίνουν κάθε ημέρα)

Διαφορική μέτρηση (λευκοκυτταρικός τύπος): καταγραφή λευκοκυττάρων





ΑΙΜΟΠΕΤΑΛΙΑ

Σχετίζονται με την θρομβωτική λειτουργία του αίματος.

- Ποσότητα: 3×10^5 αιμοπετάλια / mm^3 αίματος
- Διάμετρος: 1 με 4 μm
- Μέση διάρκεια ζωής: 3 ημέρες (κάθε sec 5 000 000 πεθαίνουν)

ΑΙΜΑ: μηχανισμός μεταφοράς

- Μεταφορά ορμονών: ελέγχουν χημικές διαδικασίες του σώματος
- Μεταφορά ηλεκτρολυτών: κρίσιμη για την σωστή λειτουργία του σώματος.

Παράδειγμα: 100 ml αίματος περιέχει 10 mg ασβεστίου.
Αν η ποσότητα ασβεστίου μειωθεί σε λιγότερο από 4-8 mg/100 ml, το νευρικό σύστημα δεν λειτουργεί κανονικά και υπάρχει κίνδυνος θανάτου από τετανία (μυϊκός σπασμός).



Πως μετράται η ποσότητα των κυττάρων του αίματος;

Μικροσκόπιο: (παλαιότερα μέθοδος).

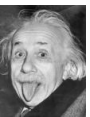
1. Αραίωση του αίματος σε γνωστή ποσότητα
2. Τοποθέτηση σταγόνας σε αντικειμενοφόρο πλάκα κάτω από μικροσκόπιο
3. Μέτρηση κυττάρων

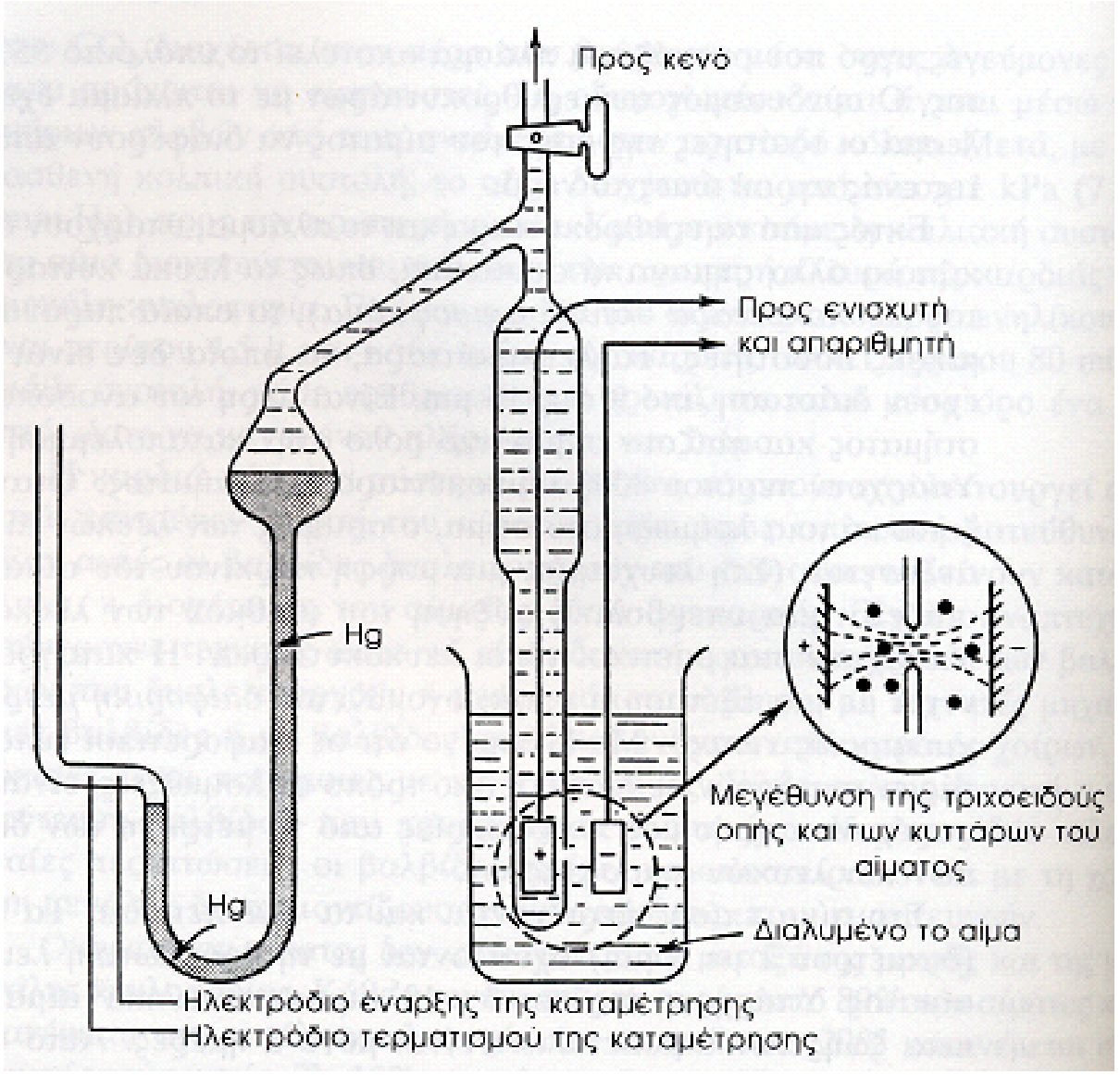
Πολύ χαμηλή ακρίβεια

Μετρητής Coulter: (σύγχρονη μέθοδος).

1. Αραίωση του αίματος και δίοδος μέσω τριχοειδούς οπής
2. Δίοδος κυττάρων (ένα-ένα) ανάμεσα από δύο ηλεκτρόδια
3. Στιγμιαία μεταβολή αντίστασης με την δίοδο ερυθροκύτταρου
4. Μέτρηση ηλεκτρικού παλμού

Βελτιωμένη ακρίβεια μέτρησης



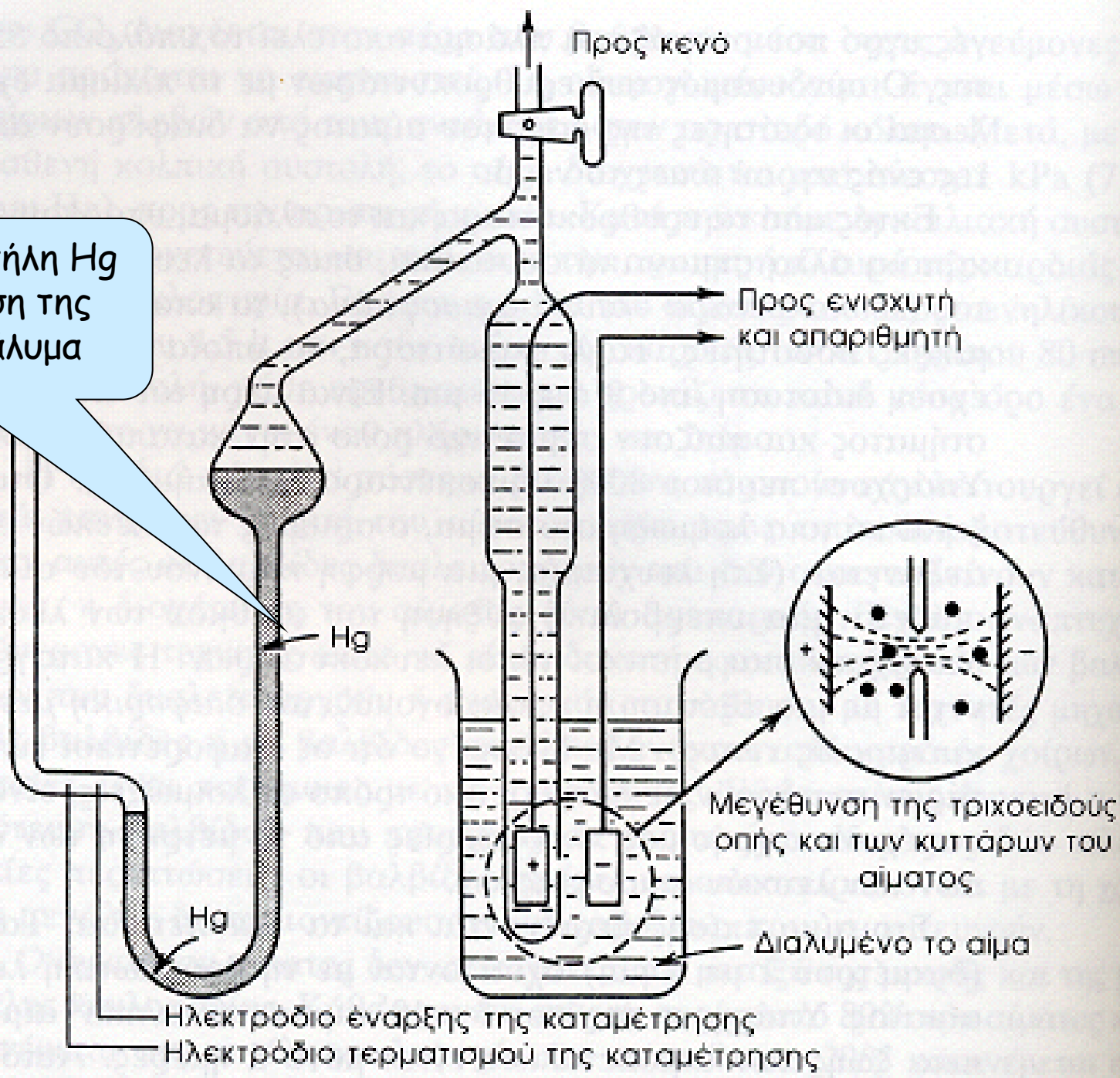


Ο μετρητής Coulter μετρά αυτόματα τον αριθμό των κυττάρων του αίματος που είναι διαλυμένα σε ένα αγώγιμο διάλυμα

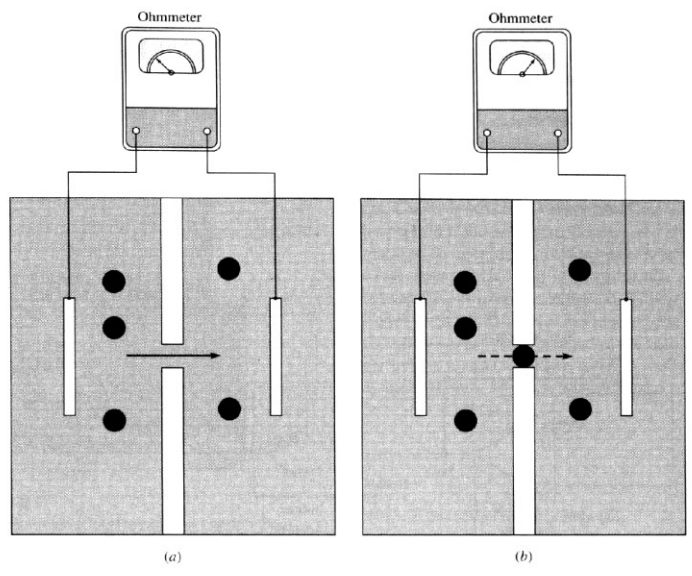
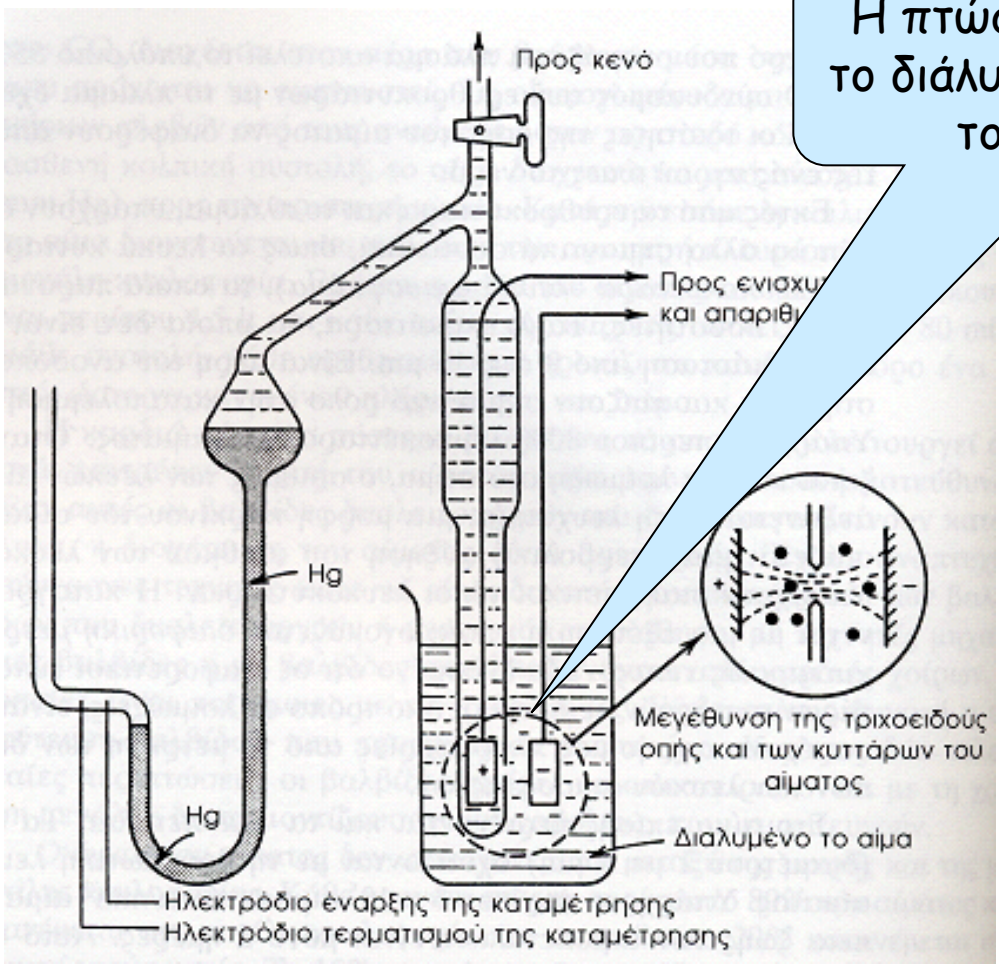


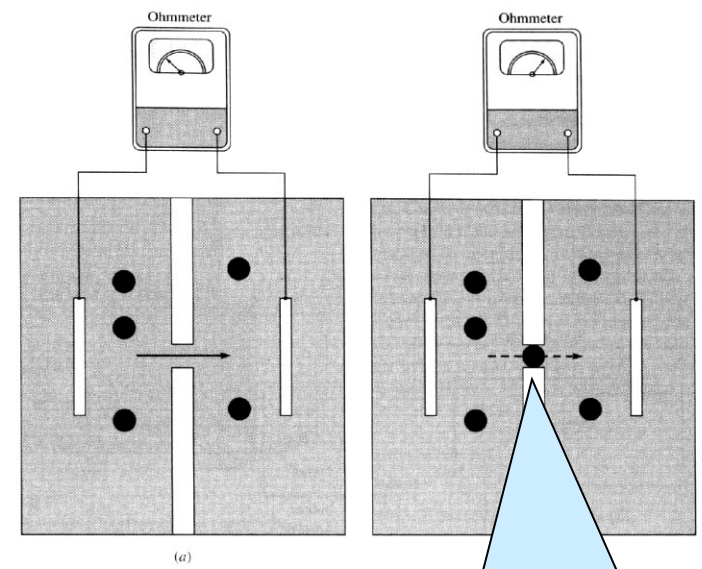
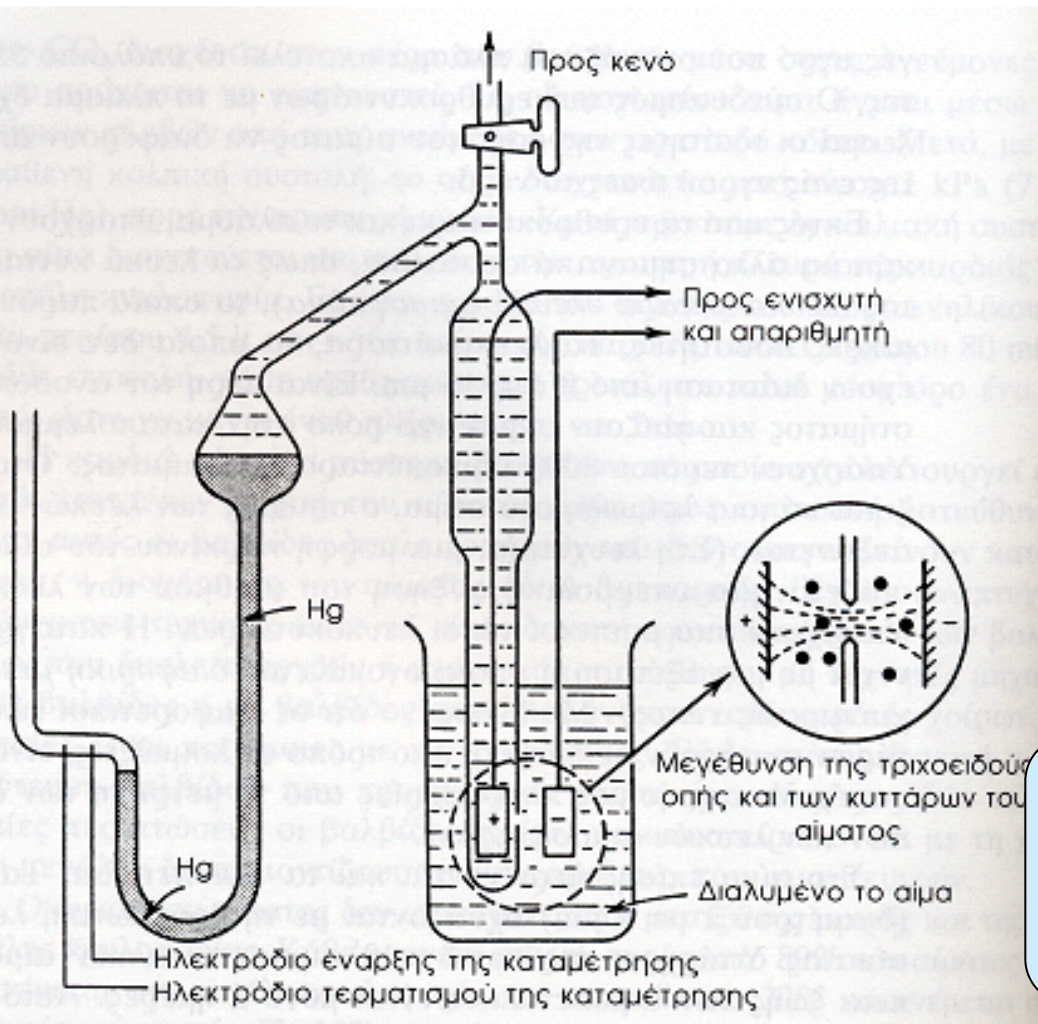
ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΣ

Η ανυψωμένη στήλη Hg προκαλεί πτώση της πίεσης στο διάλυμα



Η πτώση της πίεσης ωθεί το διάλυμα να περάσει μέσω του τριχοειδούς

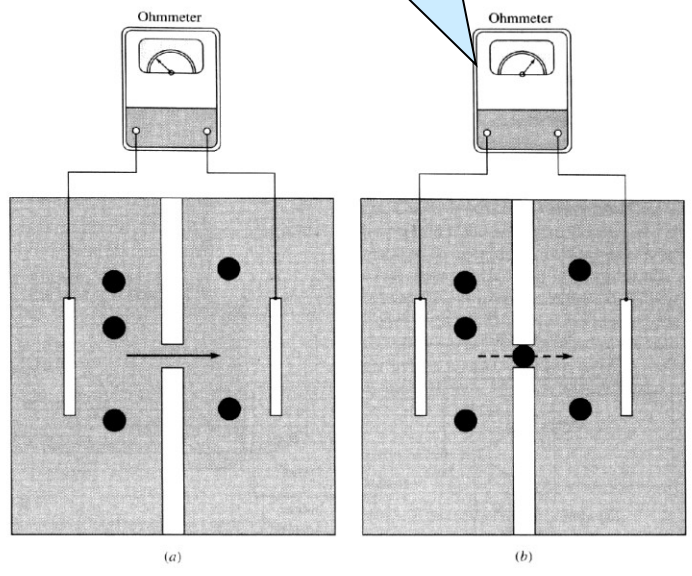
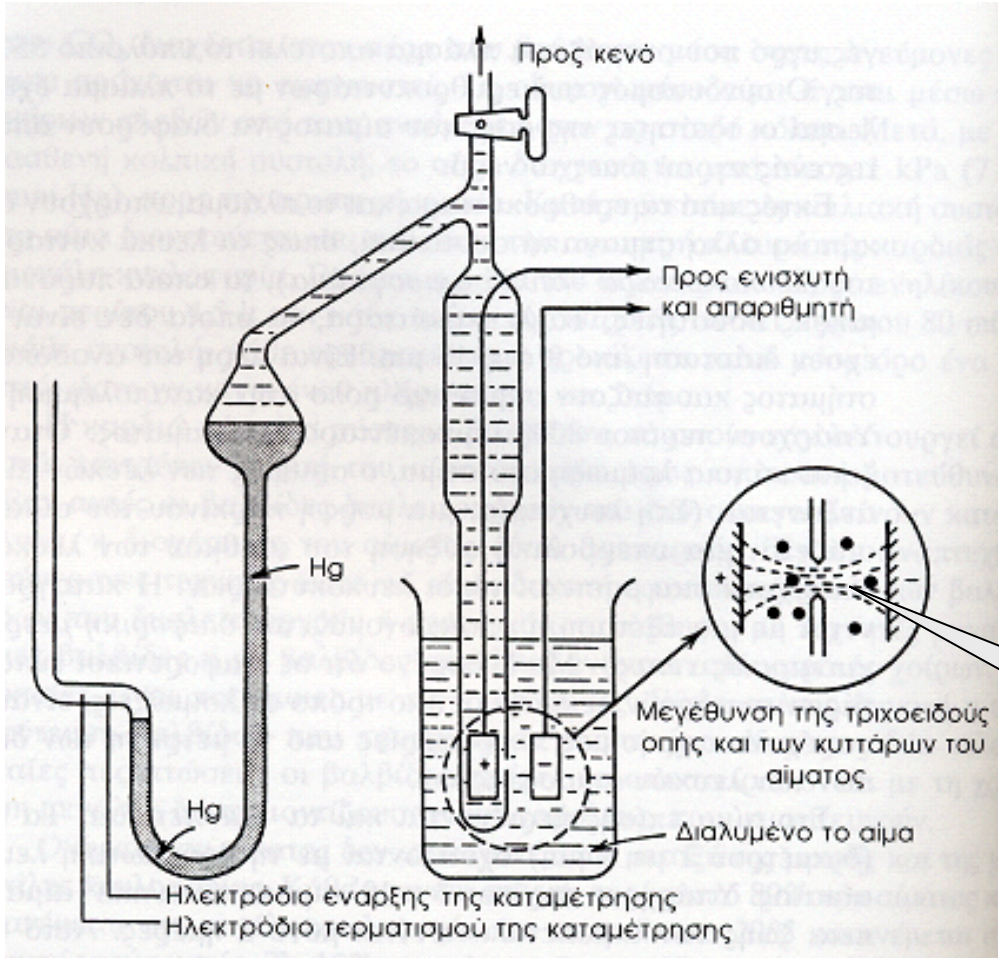




Καθώς ένα κύτταρο του αίματος διέρχεται μέσω της μικρής οπής, στιγμιαία αυξάνει την αντίσταση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων



Η αύξηση της αντίστασης μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων εμφανίζεται στην οθόνη

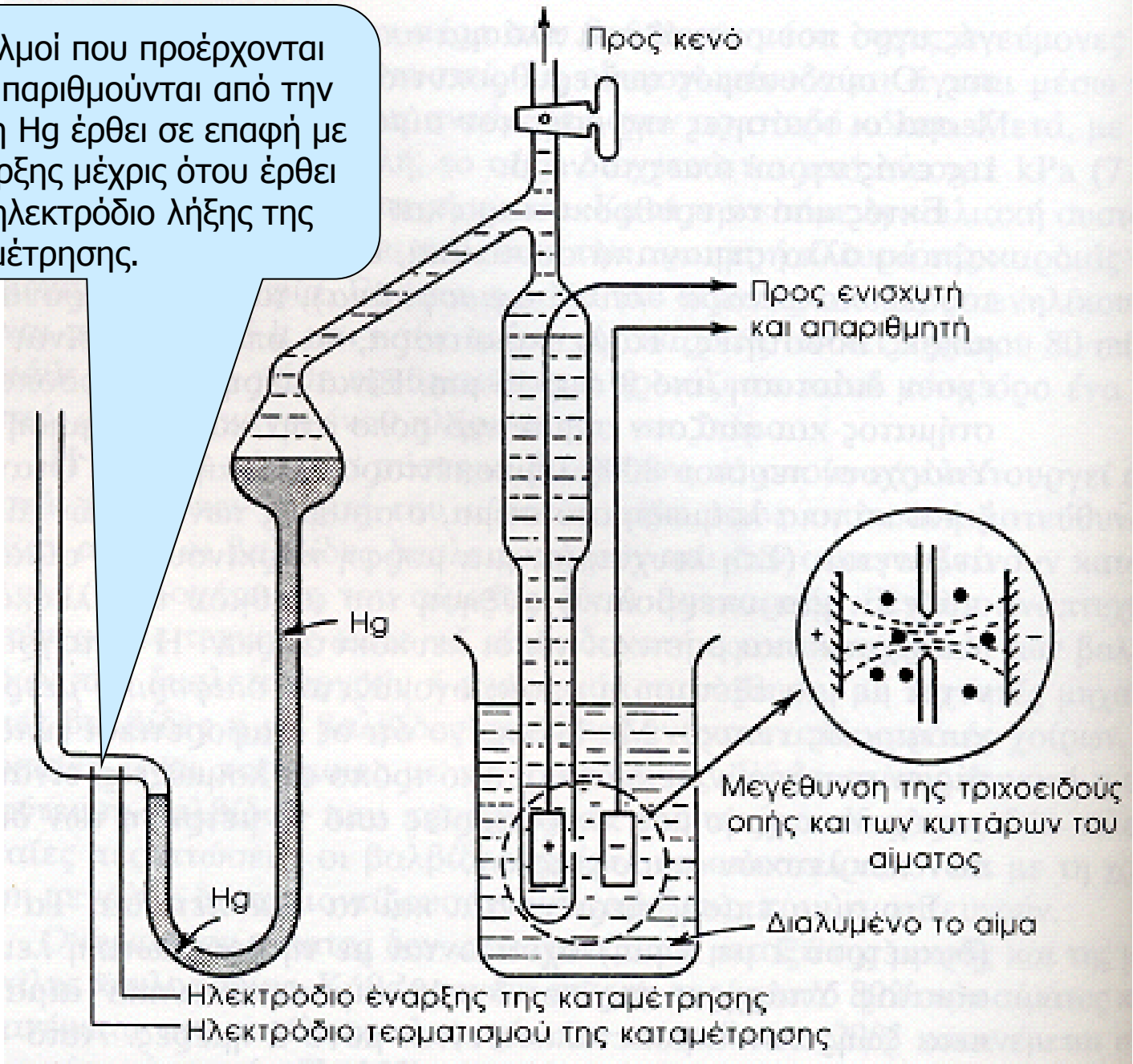


Πορεία ηλεκτρικών φορτίων (διακεκομμένες γραμμές)



ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΣ

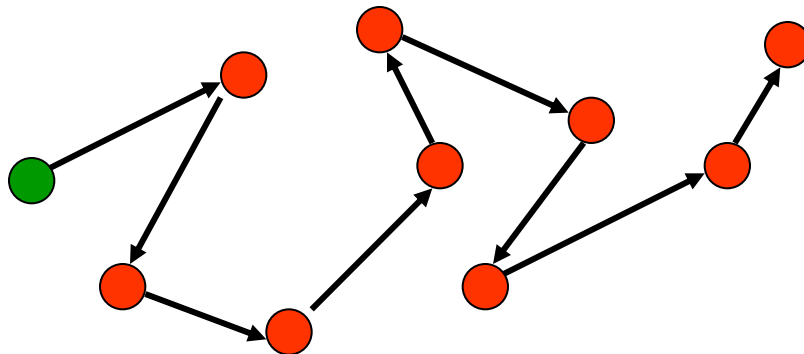
Οι ενισχυμένοι παλμοί που προέρχονται από τα κύτταρα, απαριθμούνται από την στιγμή που η στήλη Hg έρθει σε επαφή με το ηλεκτρόδιο έναρξης μέχρις ότου έρθει σε επαφή με το ηλεκτρόδιο λήξης της καταμέτρησης.



Γιατί τα τριχοειδή αγγεία πρέπει να ευρίσκονται πολύ κοντά στα κύτταρα;

Αναγκαιότητα: διάχυση του O₂ και CO₂ στους ιστούς

- Η πιθανότερη απόσταση που διανύει ένα μόριο μετά από N κρούσεις με άλλα μόρια είναι $D = \lambda \sqrt{N}$ με $\lambda =$ μέση απόσταση που διανύει ένα μόριο μεταξύ δύο κρούσεων και N ο αριθμός κρούσεων.
- Πυκνότητα μορίων στους ιστούς = 1000 x [Πυκνότητα μορίων στον αέρα]
- $\lambda(\text{ιστών}) \ll \lambda(\text{αέρα})$ με $\lambda(\text{ιστών}) = 10^{-11} \text{ m}$
- Ένα μόριο πραγματοποιεί στους ιστούς 10^{12} κρούσεις / sec
- Σε 1 sec η πιθανότερη απόσταση που διανύει ένα μόριο O₂ ή CO₂ στους ιστούς είναι σύμφωνα με τον τύπο $D = 10^{-11} \times \sqrt{10^{12}} = 10^{-11} \times 10^6 = 10^{-5} \text{ m}$
- $D = 10^{-5} \text{ m}$ (= διάμετρος μέσου κυττάρου)



Παράδειγμα:

$$\lambda = 1.5 \mu\text{m}$$

$$N = 9$$

$$D = 1.5 \sqrt{9} = 4.5 \mu\text{m}$$



Ενεργοί μύες: 1/12 του όγκου τους καταλαμβάνεται από τριχοειδή αγγεία

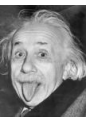
Καρδιακοί Μύες: σχεδόν κάθε κύτταρο ευρίσκεται σε επαφή με ένα τριχοειδές αγγείο.

αριθμός τριχοειδών σε μια τομή μυός: 190 / mm²

μέση διάμετρος ενός τριχοειδούς αγγείου: 20 μm

συνολικό μήκος τριχοειδών σε 1 kg μυός: 190 km

Σε ηρεμία, μόνο το 2-5% των τριχοειδών αγγείων είναι λειτουργικά. Κυκλικοί μυϊκοί δακτύλιοι (σφιγκτήρες) περιβάλλουν τα αρτηρίδια και ελέγχουν την ροή του αίματος στα τριχοειδή αγγεία.

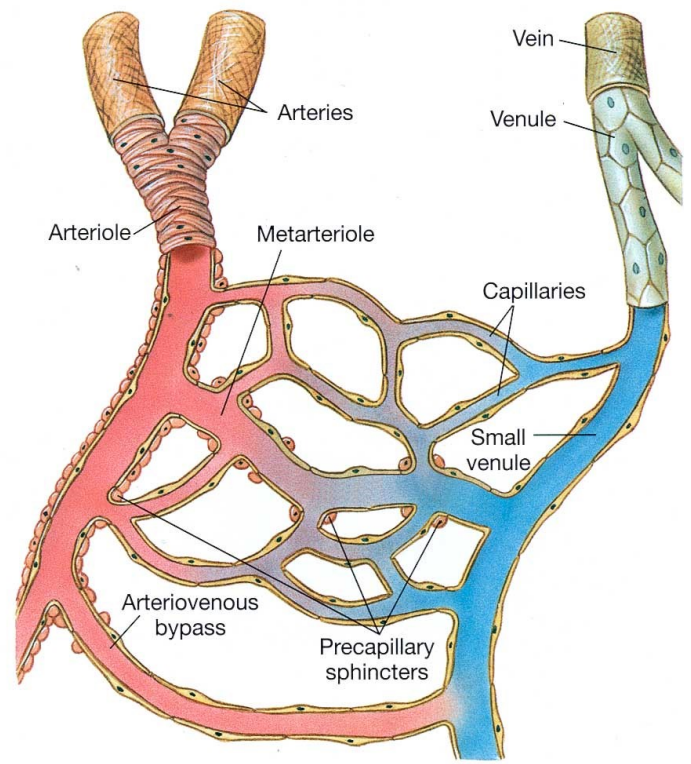
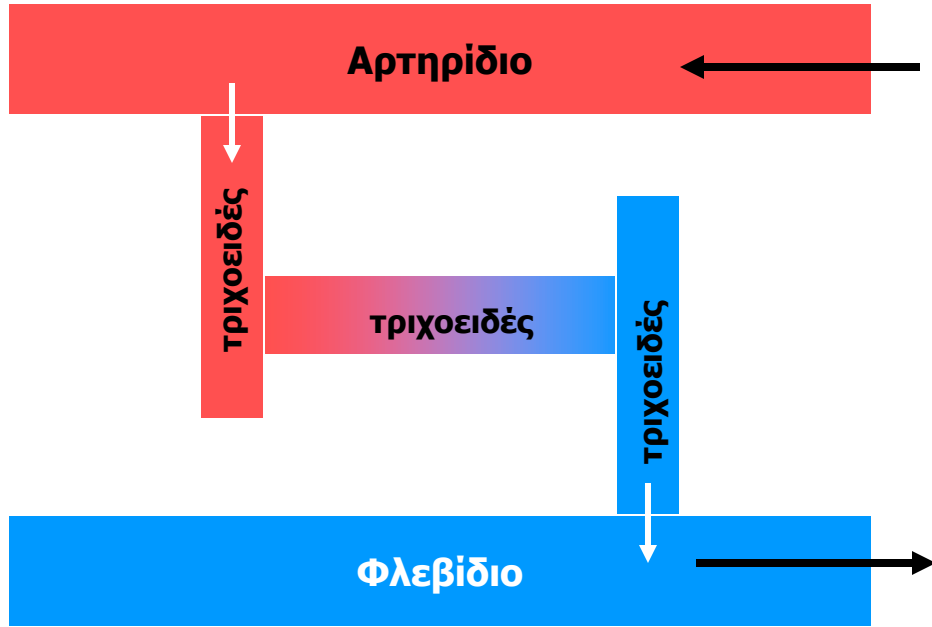


Ροή των υγρών εντός και εκτός των τριχοειδών. Νόμος του Starling

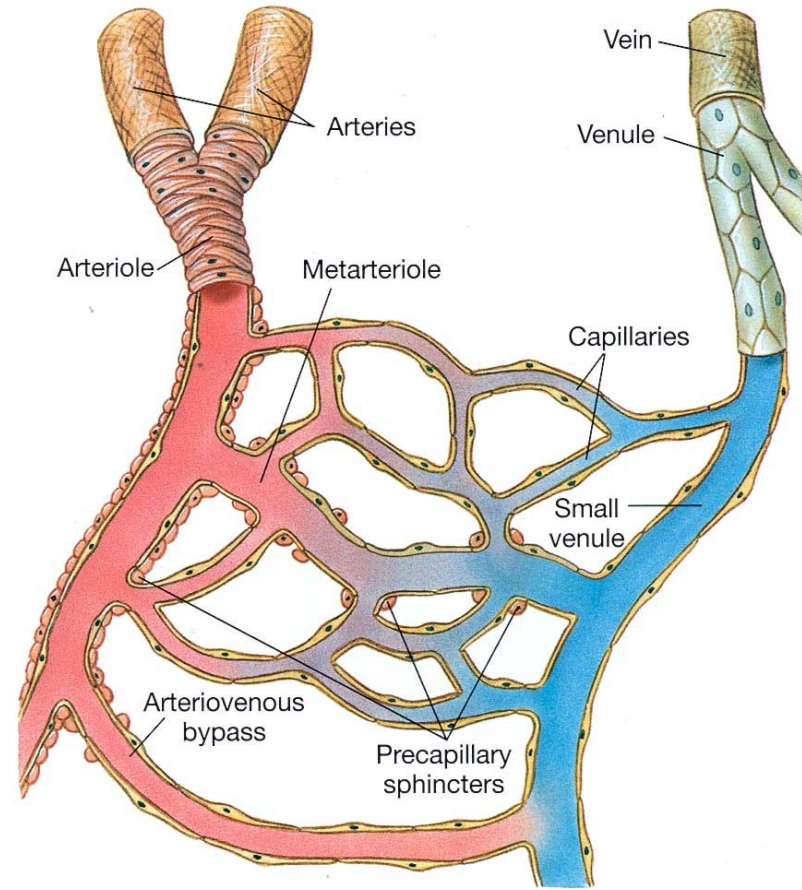
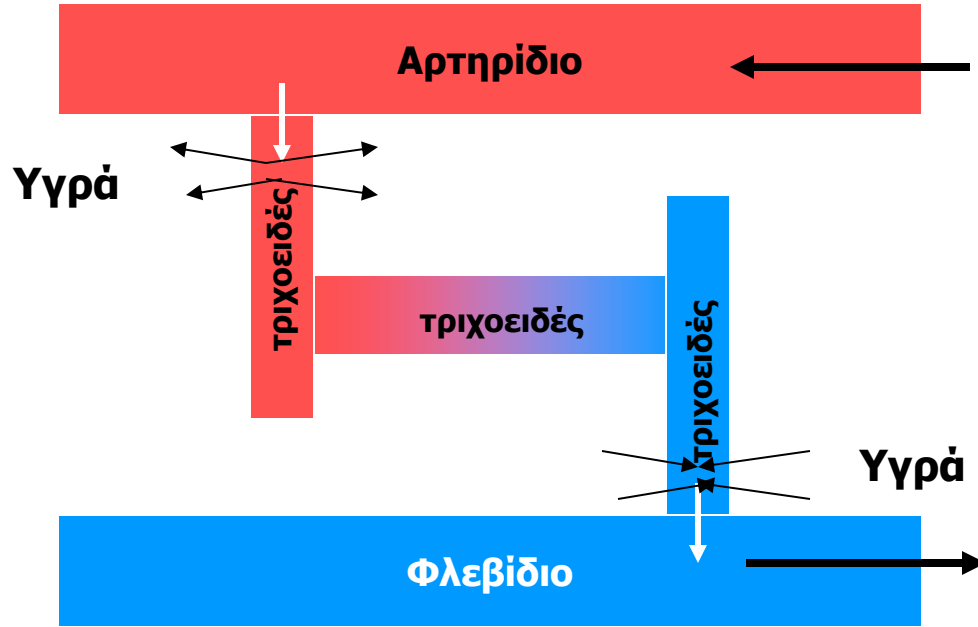
Υδροστατική Πίεση P εκατέρωθεν του τοιχώματος του τριχοειδούς. Η πίεση των τριχοειδών κυμαίνεται: $P = 25$ m Hg, το αίμα ρέει από αρτηρία προς τριχοειδές $P = 10$ m Hg, από τριχοειδές προς φλεβικό άκρο

Μετακίνηση υγρού μέσω του τοιχώματος του τριχοειδούς:

Ωσμωτική Πίεση $\pi = 20$ mm Hg



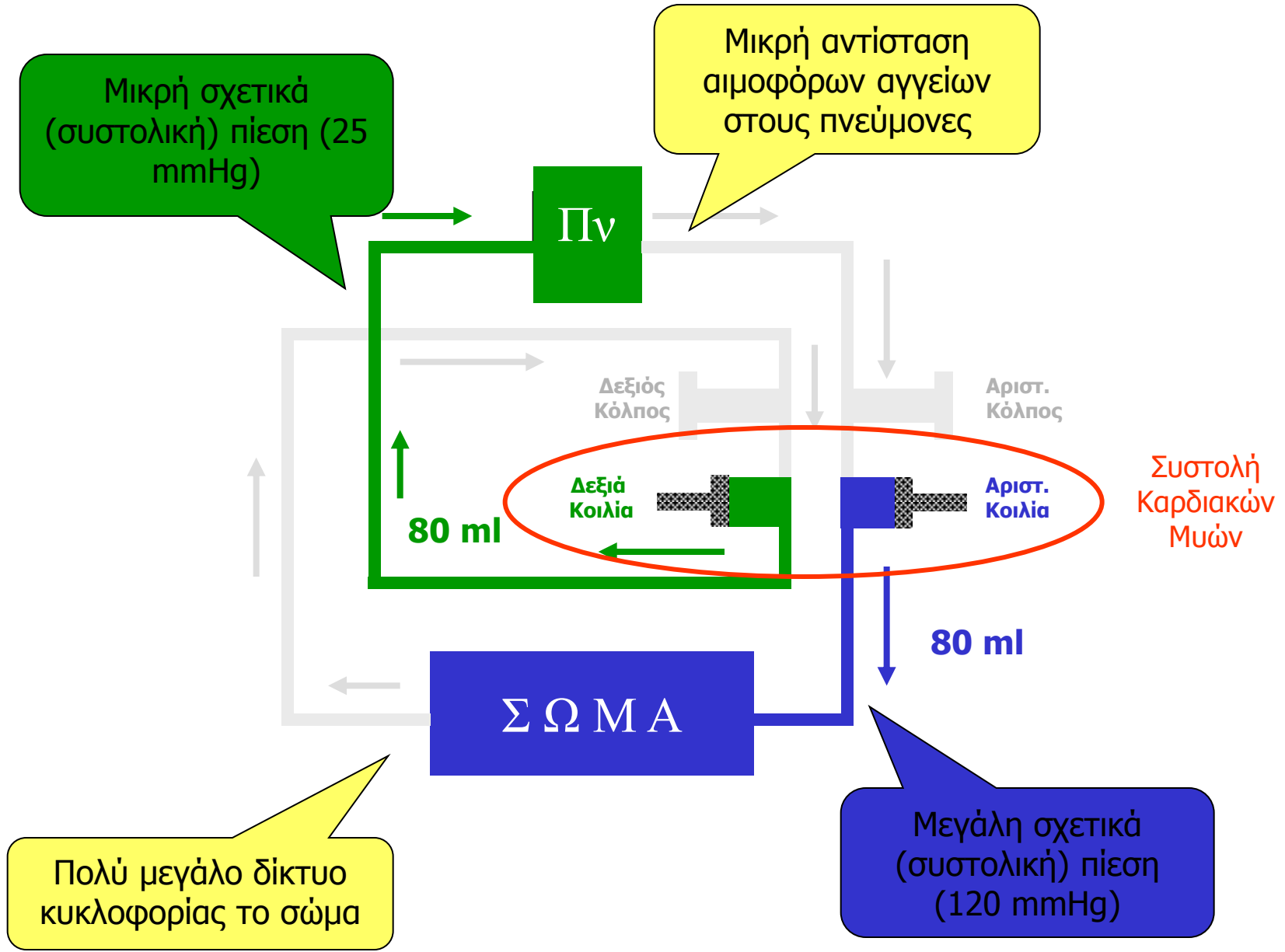
Πως προκαλείται το οίδημα των ιστών;

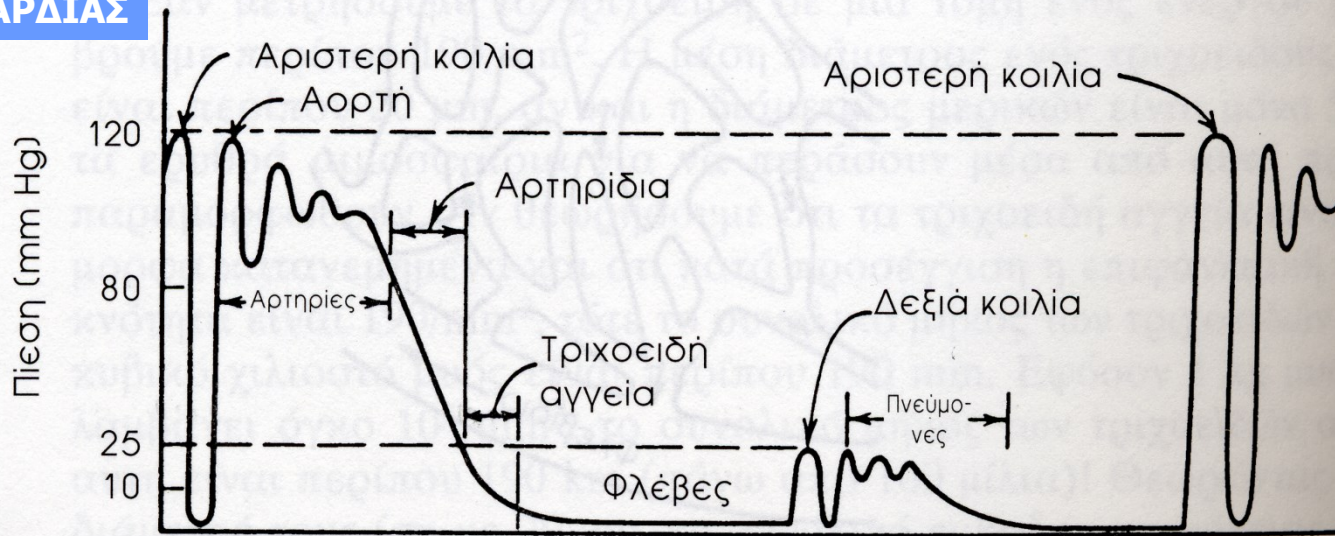


Εάν η πίεση του τριχοειδούς αυξηθεί (π.χ. λόγω τραυματισμού), περισσότερα υγρά θα ωθηθούν από τα τριχοειδή αγγεία στους ιστούς, προκαλώντας οίδημα.



ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ



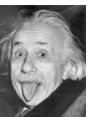


Εικόνα 8.5. Η πίεση μεταβάλλεται κατά μήκος του κυκλοφορικού συστήματος. Παρατηρήστε τη χαμηλή πίεση στις φλέβες και τη σχετικά χαμηλή πίεση στη μικρή κυκλοφορία.

Το ποσοτικά σημαντικότερο έργο παράγεται από την **αριστερή κοιλία** της καρδιάς κατά την συστολή της. Η συστολή αυτή αυξάνει την πίεση σε περίπου $P_1=120\text{mm Hg}$ (πάνω από την ατμοσφαιρική).

- κλείνει η **μιτροειδής**,
- ανοίγει η **αορτική** βαλβίδα και
- εκτοξεύονται περίπου 80 ml αίματος προς την **αορτή**.

Κατά την εκτόξευση αυτή η πίεση στην αριστερή κοιλία πέφτει από 120 σε 80 mm Hg. Τότε κλείνει η αορτική βαλβίδα και συνεχιζόμενης της χάλασης της αριστερής κοιλίας η πίεσή της πέφτει περίπου στο 0.



Ποιό είναι το φυσικό έργο που παράγεται από την καρδιά;

Ας θεωρήσουμε π.χ. ότι η **αριστερή κοιλία** είναι **ελαστική σφαίρα** ακτίνας r , στην εσωτερική επιφάνεια $S=4\pi r^2$ της οποίας ασκείται συνολική δύναμη $F=P \cdot S$.

Τότε κατά την σμίκρυνση της ακτίνας κατά dr , η καρδιά δίνει έργο:
 $dW=F \cdot dr=P \cdot S \cdot dr=P \cdot dV$

Στο ίδιο θα καταλήξουμε αν θεωρήσουμε την **αριστερή κοιλία** σαν **έμβολο** αντλίας με επιφάνεια εμβόλου S .

Πράγματι, η συμπίεση (εισβολή του εμβόλου) κατά dl παράγει πάλι έργο
 $dW=F \cdot dl=P \cdot S \cdot dl=P \cdot dV$.

Η Ισχύς ή ο Ρυθμός Κατανάλωσης Ενέργειας $\Delta E/\Delta t = P \cdot \Delta V/\Delta t$



Ποιό είναι το φυσικό έργο που παράγεται από την καρδιά;

$$\text{Ισχύς} = [\text{Μέση Πίεση}] \times [\text{Όγκος αίματος} / \text{sec}] \rightarrow$$

$$\text{Ισχύς} = [100 \text{ mm Hg}] \times [80 \text{ ml} / \text{sec}] \rightarrow$$

$$\text{Ισχύς} = [1,3 \times 10^3 \text{ Pa}] \times [8 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{sec}] \rightarrow$$

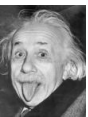
$$\text{Ισχύς} = 1,1 \text{ Joule} / \text{sec} = \mathbf{1,1 \text{ Watt}}$$

Στην πράξη:

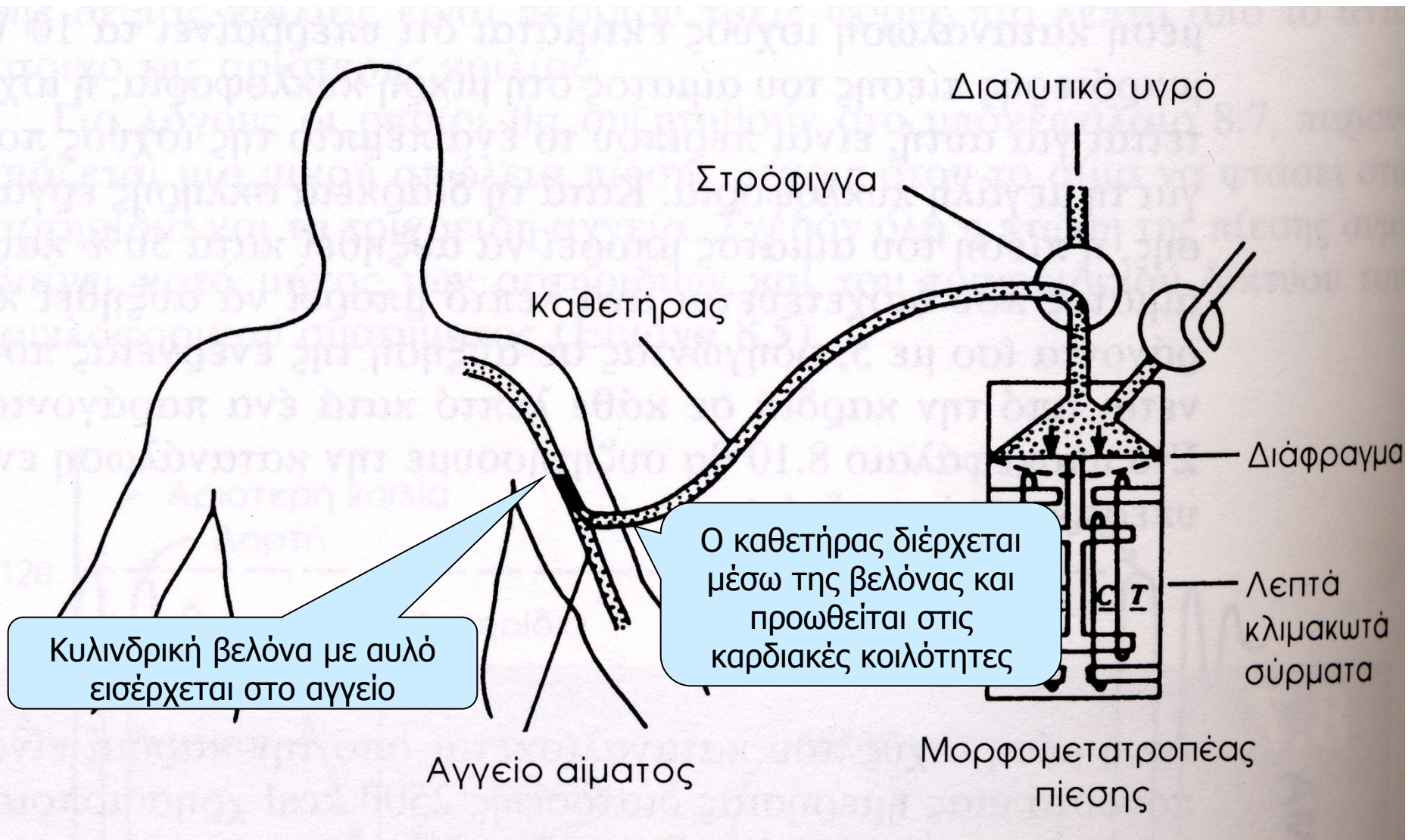
- Η διαδικασία της άντλησης (συστολή) πραγματοποιείται σε λιγότερο από το 1/3 του κύκλου (έτσι η ισχύς είναι τριπλάσια από την μόλις υπολογισθείσα)
- Η καρδιά σαν μηχανή δεν είναι πολύ αποδοτική (απόδοση <10%)
- Η μέση κατανάλωση ισχύος κατά συνέπεια υπερβαίνει τα 10 W
- Σε σκληρή εργασία: P αίματος αυξάνεται κατά 50%, V αίματος / λεπτό αυξάνεται ακόμη και κατά ένα παράγοντα 5, άρα η ισχύς της καρδιάς κατά 7,5 φορές



Stephen Hales (1733): ανακάλυψε ότι η στάθμη του αίματος ενός αλόγου ανεβαίνει κατά μέσο όρο σε ύψος 2,4 μέτρα πάνω από το ύψος της καρδιάς!

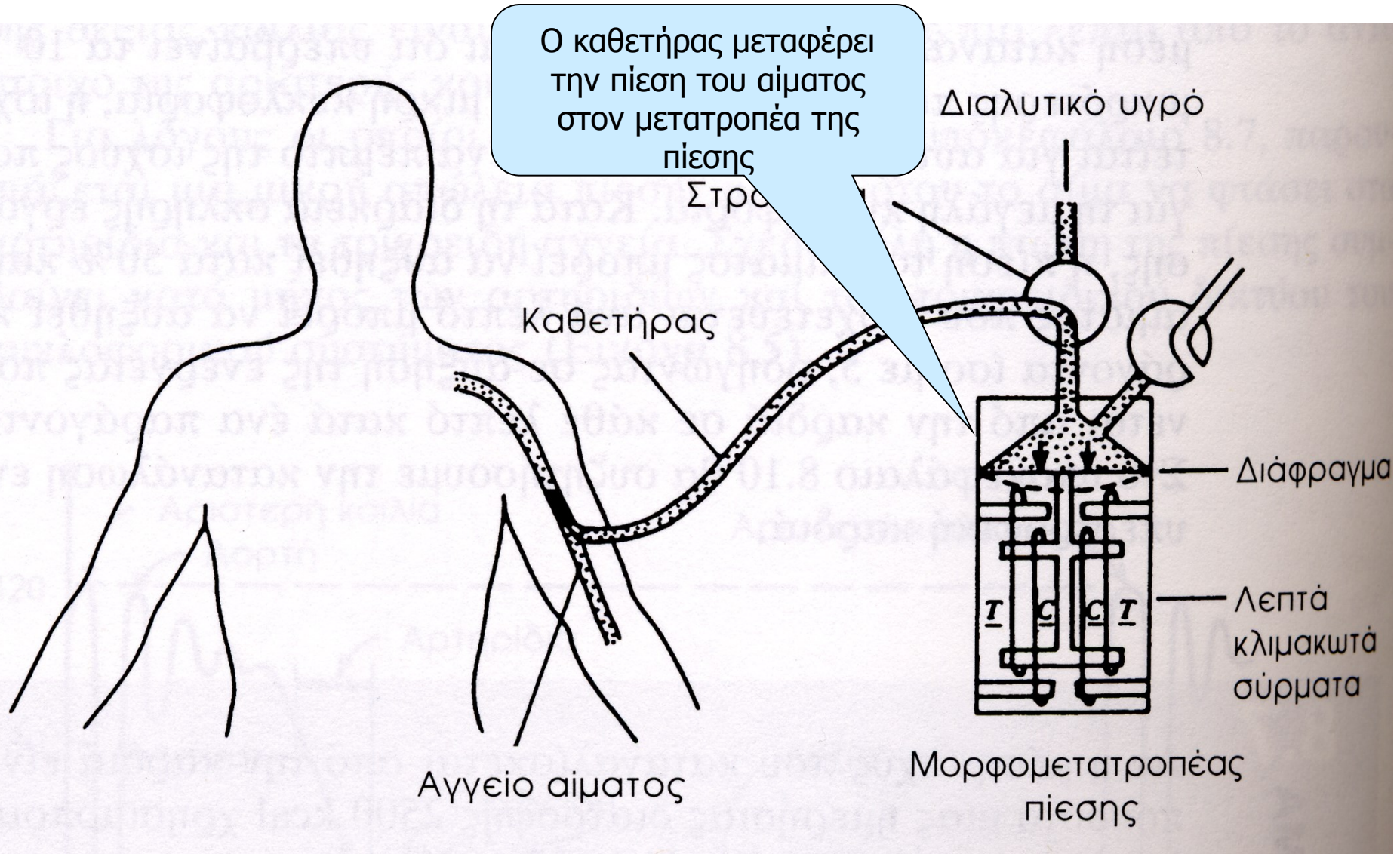


Άμεση μέθοδος μέτρησης της πίεσης (χειρουργείο, ΜΕΘ):



Άμεση Μέτρηση της Πίεσης (καθετηριασμός καρδιάς)

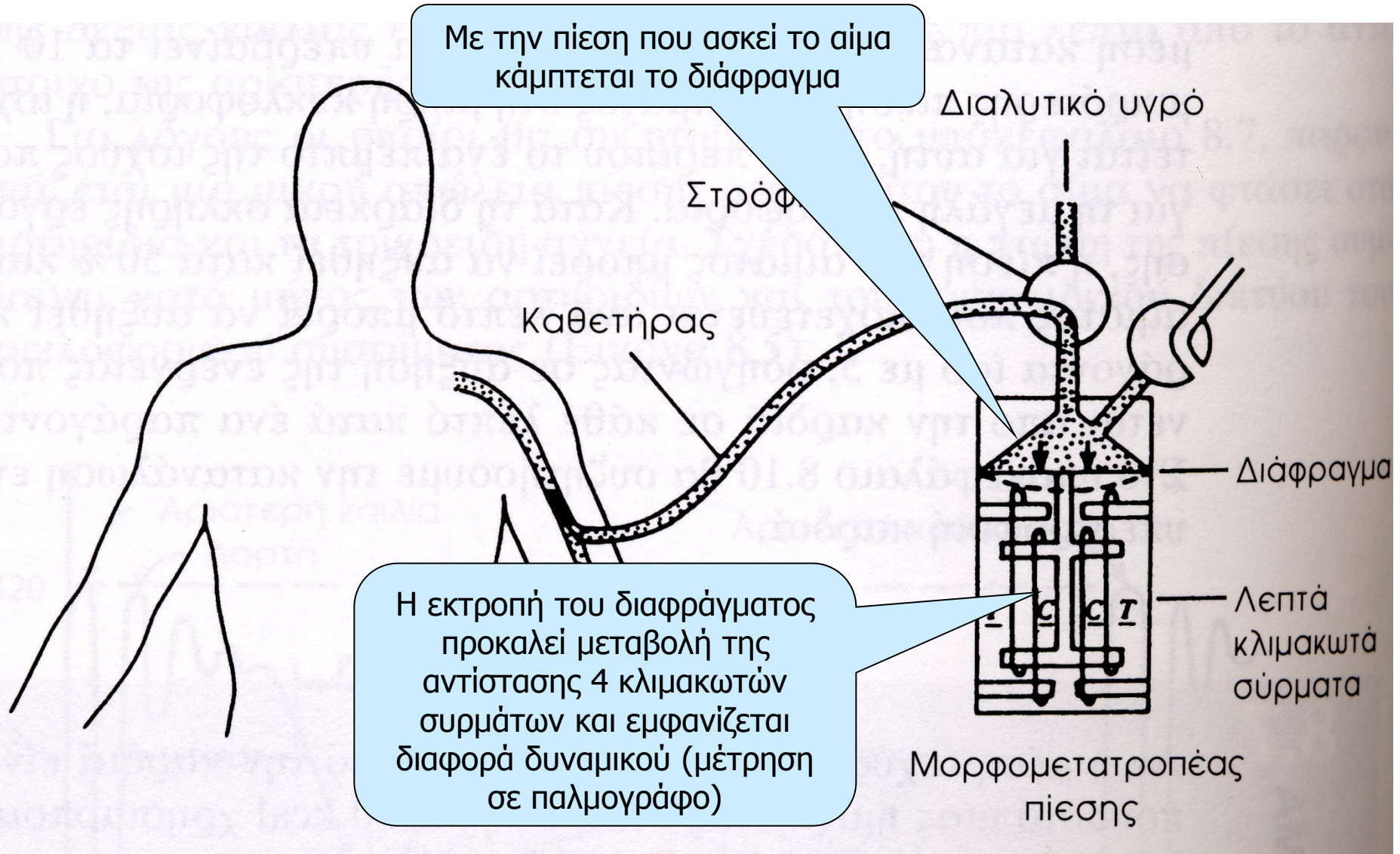
Άμεση μέθοδος μέτρησης της πίεσης (χειρουργείο, ΜΕΘ):



Άμεση Μέτρηση της Πίεσης



Άμεση μέθοδος μέτρησης της πίεσης (χειρουργείο, ΜΕΘ):



Άμεση Μέτρηση της Πίεσης



Εξετάσεις Ρουτίνας (σφυγμομανόμετρο):

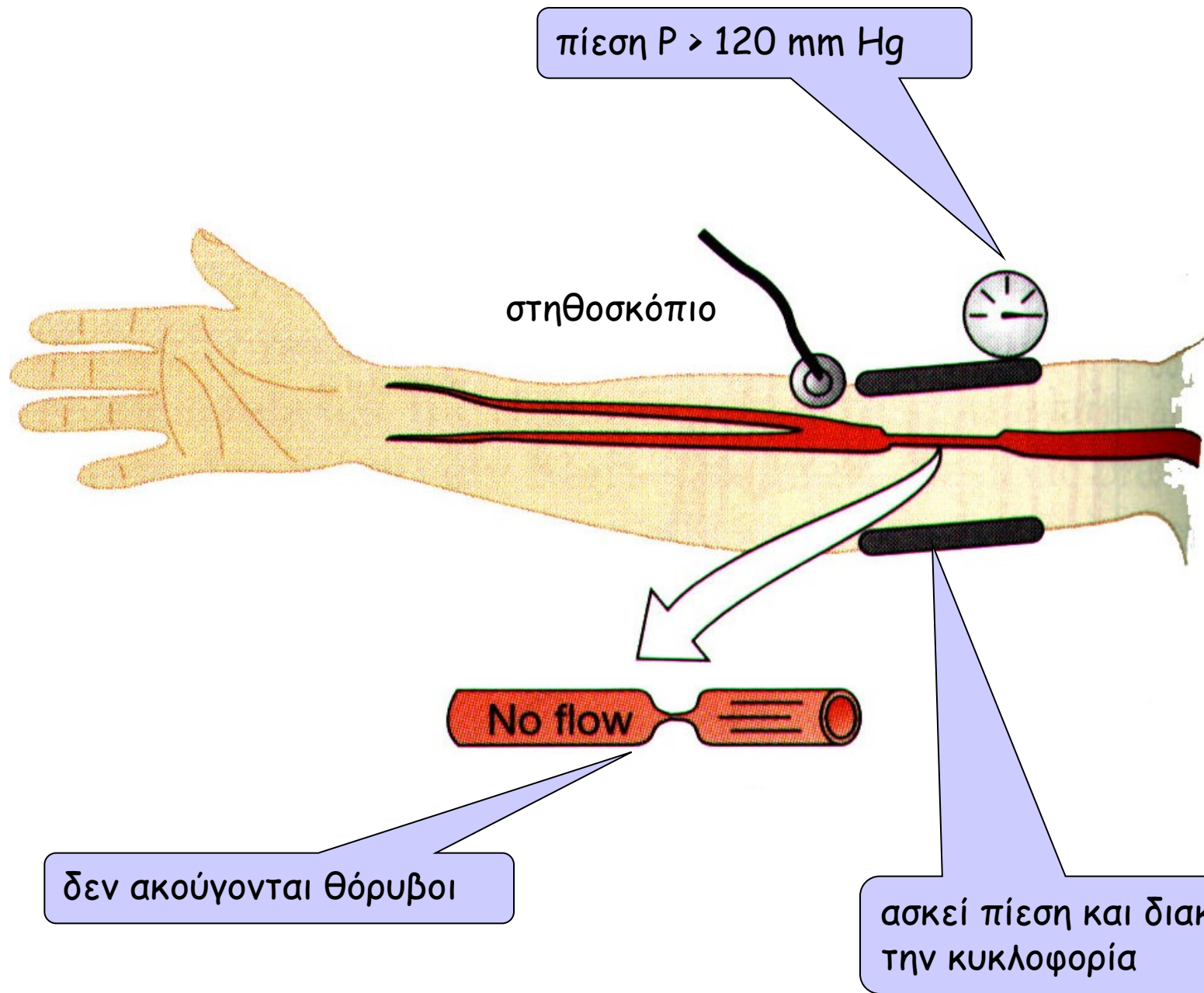
Αποτελείται από:

- Περιβραχιόνιο (εξασκεί πίεση στο βραχίονα)
- Μετρητική Κλίμακα
- Στηθοσκόπιο (τοποθετείται πάνω από την βραχιόνιο αρτηρία στο ύψος του αγκώνα)



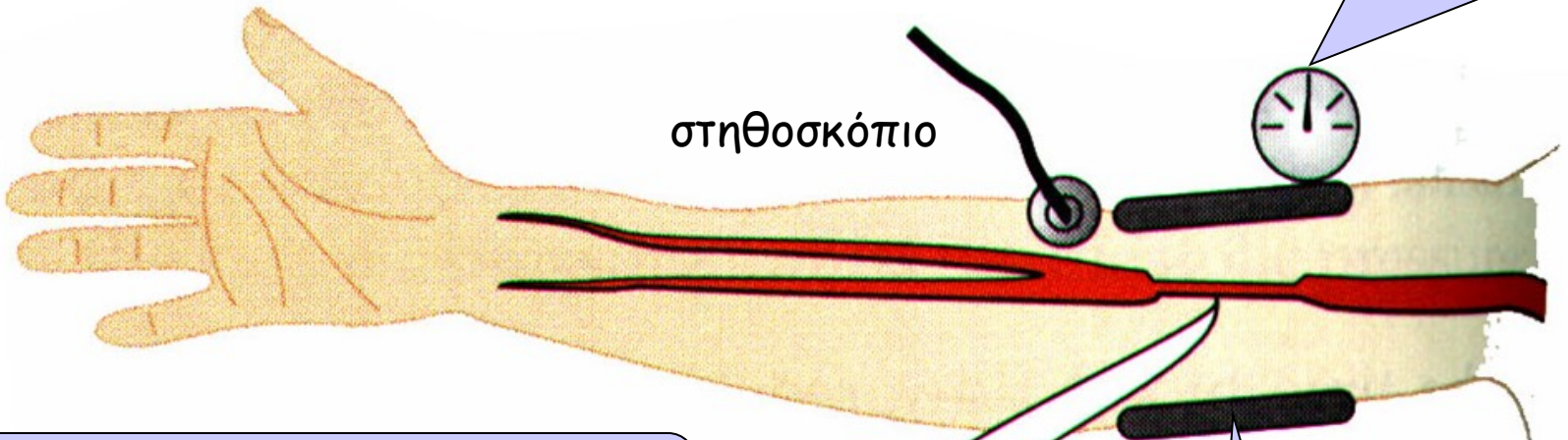
Το περιβραχιόνιο γεμίζει με αέρα





ΠΙΕΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

Η P στο περιβραχιόνιο πέφτει κάτω από την συστολική P (πίεση μεταξύ 80 και 120 mm Hg)



στηθοσκόπιο

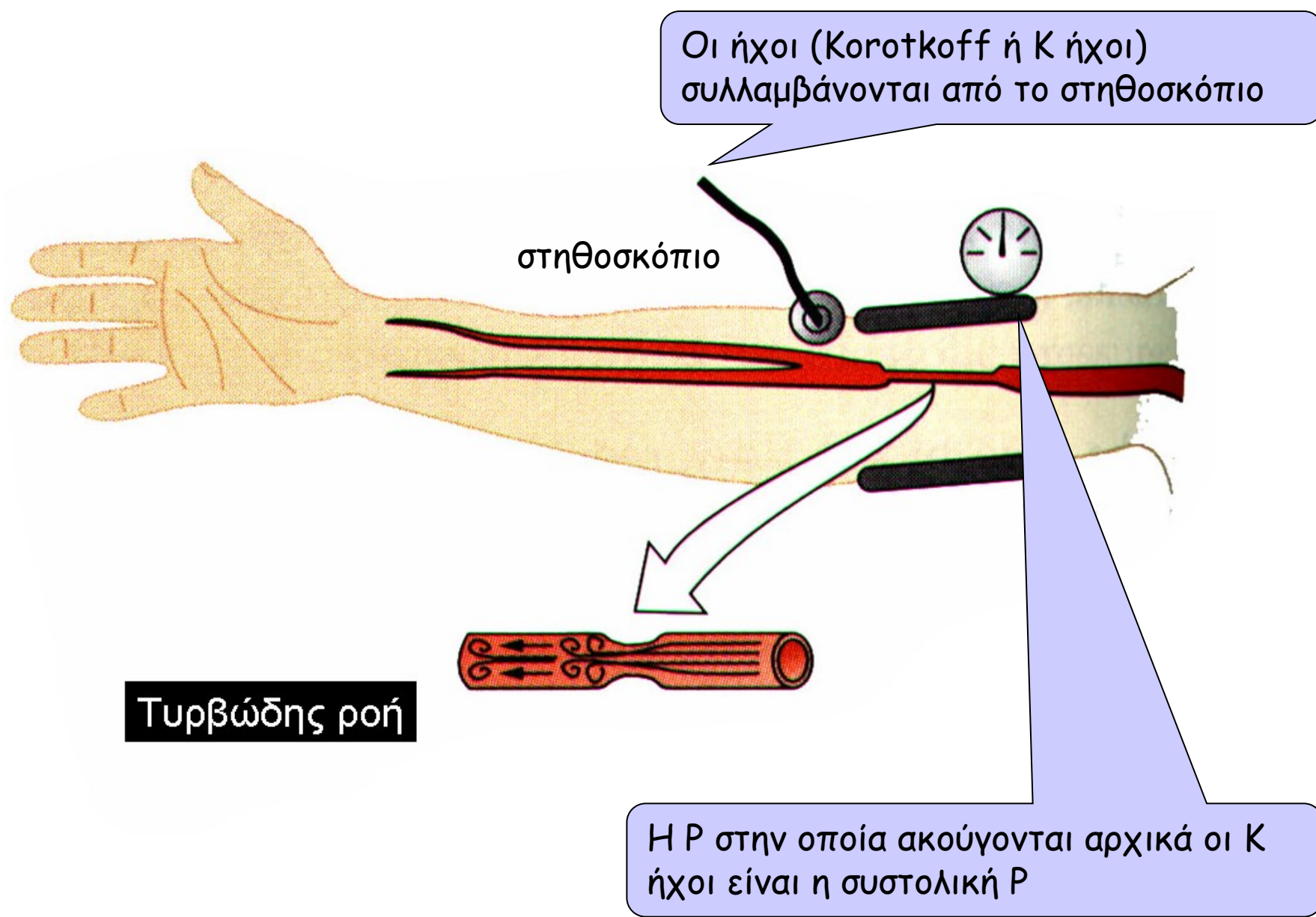
Η τυρβώδης ροή στην αρτηρία προκαλεί δονήσεις (ήχο)

Τυρβώδης ροή

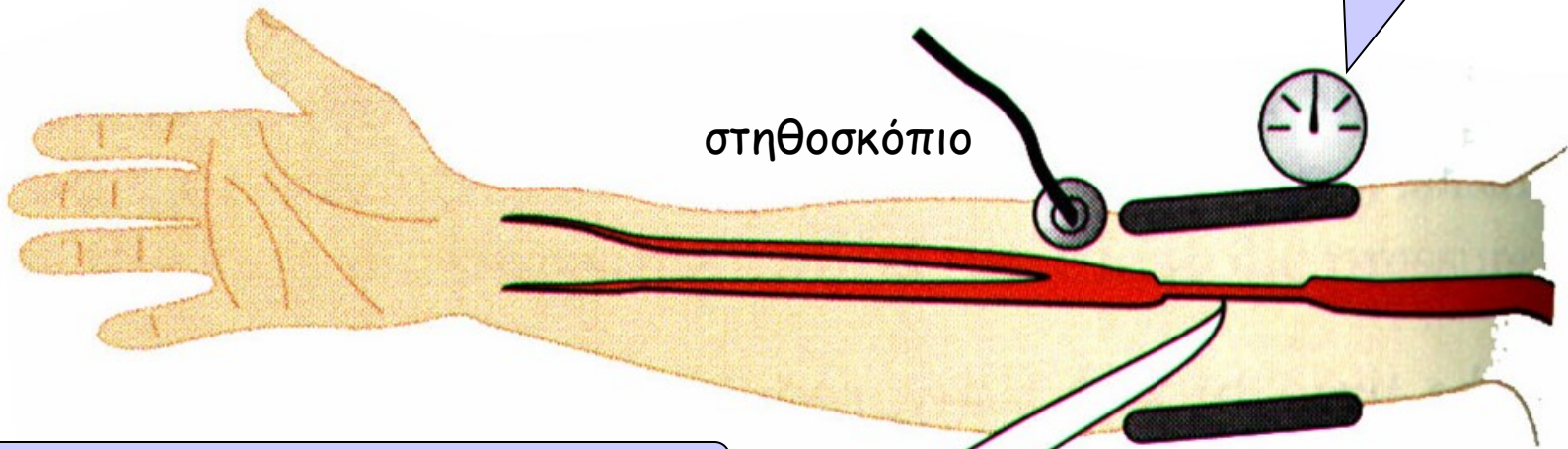


μαλακό άδειασμα του αέρα από το σφυγμομανόμετρο





Η πίεση συνεχίζει να μειώνεται



στηθοσκόπιο

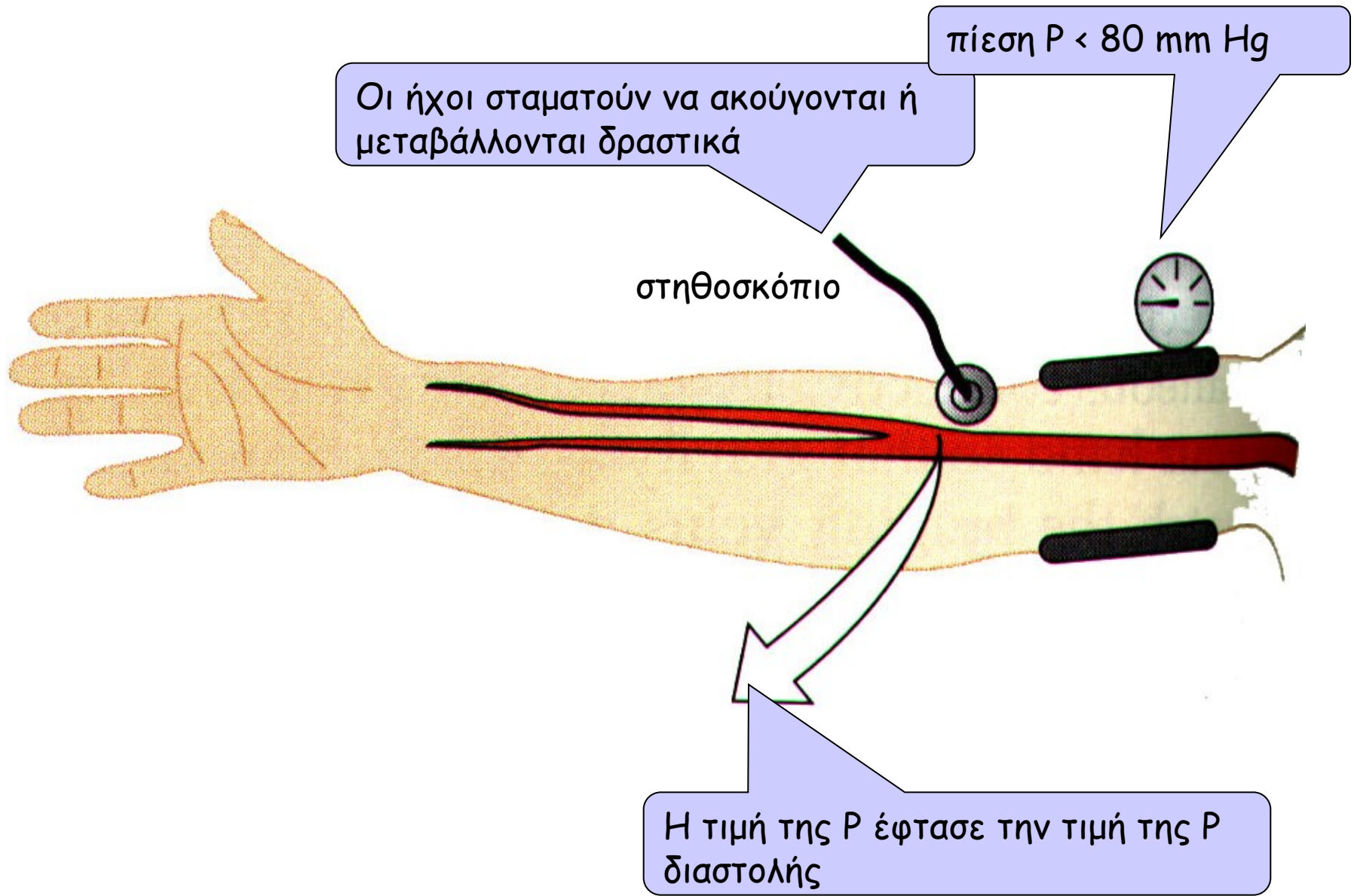
Οι ήχοι ακούγονται πιο δυνατά

Τυρβώδης ροή

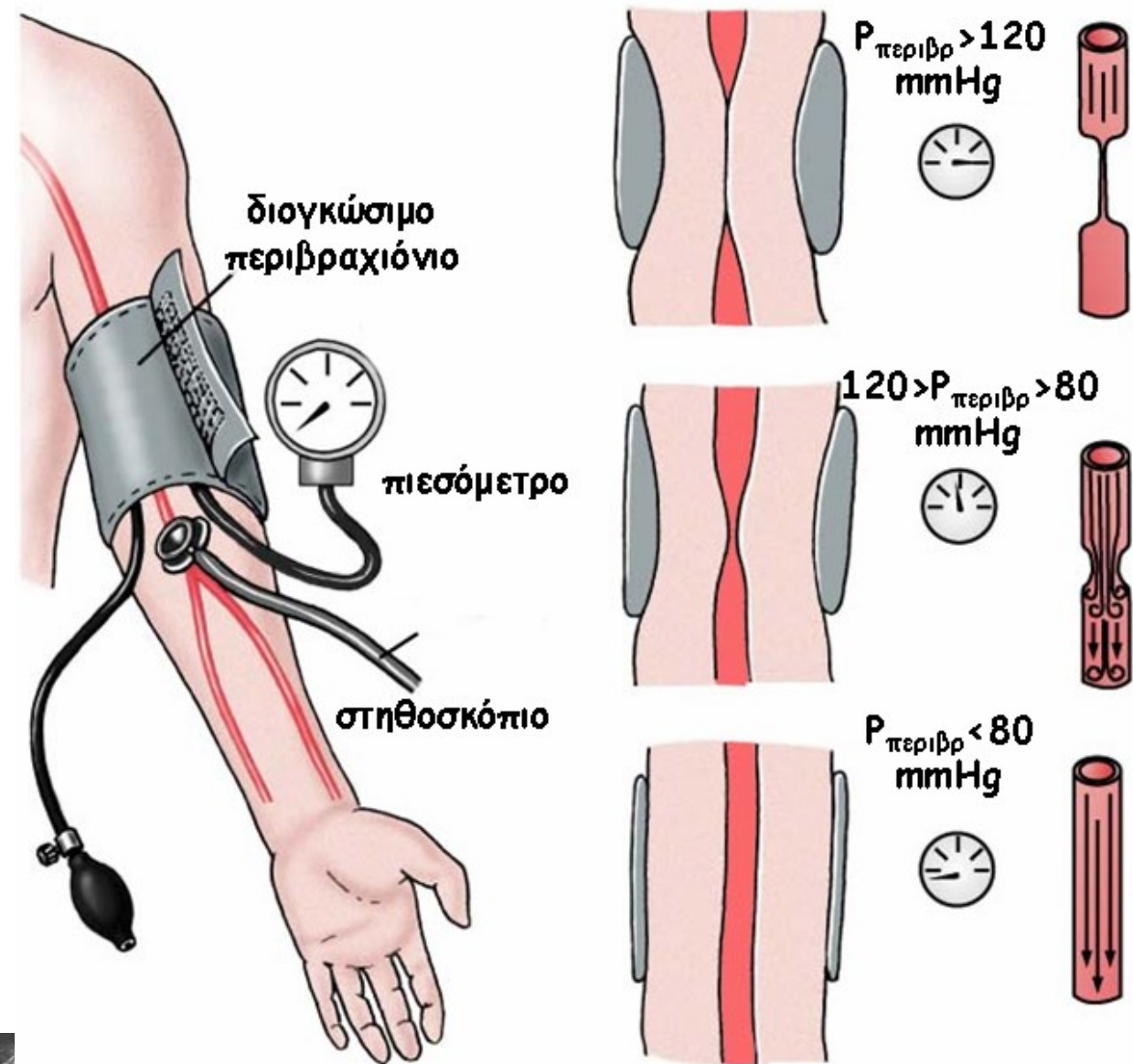


Οι ήχοι αρχίζουν να εξασθενούν



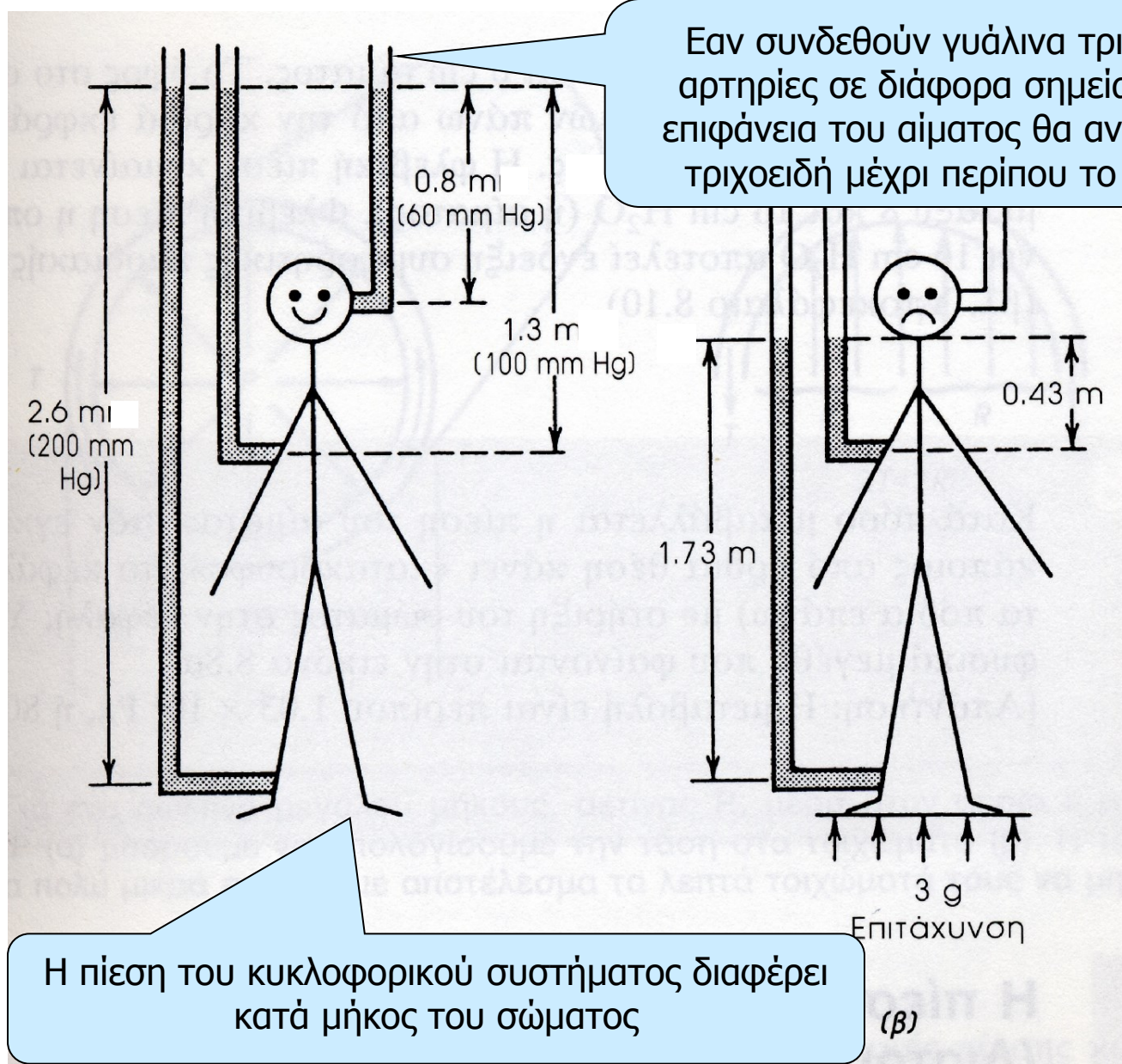


Στατική μέτρηση της αρτηριακής πίεσης του αίματος

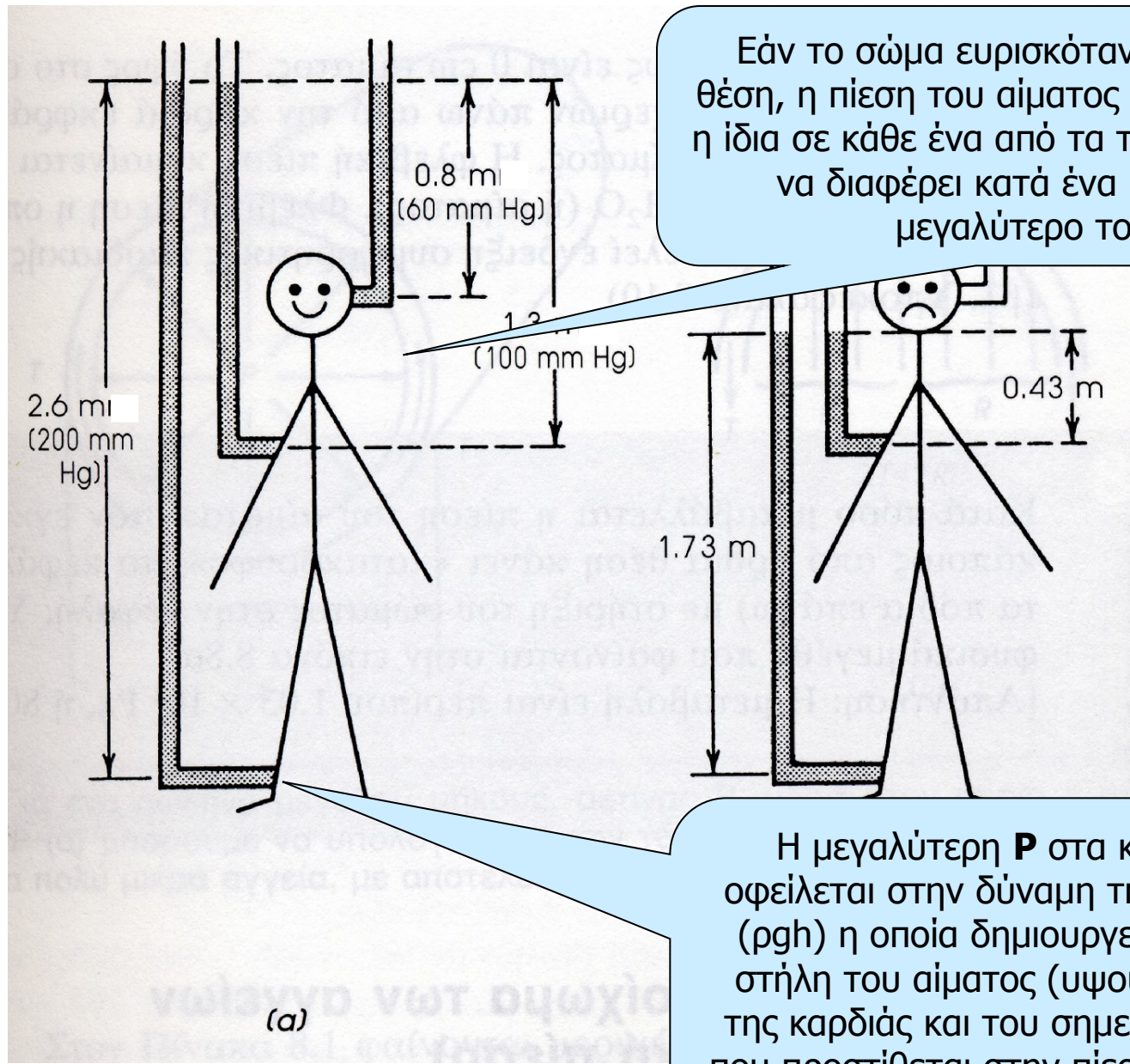


- Το περιβραχιόνιο διογκώνεται για να αποφράξει την ροή του αίματος - κανένας ήχος δεν ακούγεται μέσω του στηθοσκοπίου, το οποίο τοποθετείται πάνω στην βραχιόνια αρτηρία
- Οι ήχοι Korotkoff δημιουργούνται από την τυρβώδη παλμική ροή αίματος, μέσω της πιεσμένης αρτηρίας - **συστολική πίεση**
- Η ροή του αίματος είναι "σιωπηλή" όταν η αρτηρία δεν πιέζεται πλέον - **διαστολική πίεση**

ΠΙΕΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ



ΠΙΕΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

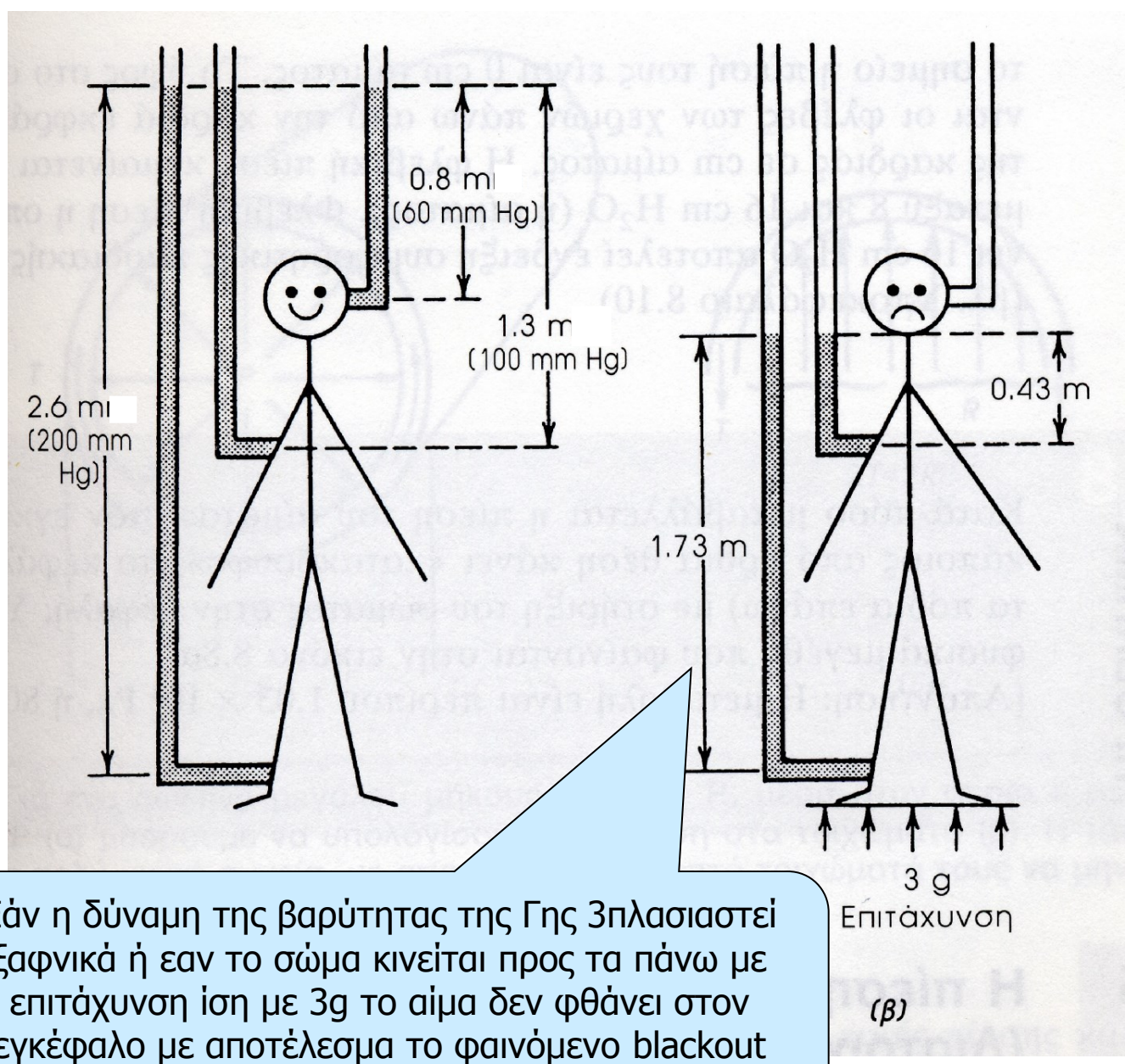


Εάν το σώμα ευρισκόταν σε οριζόντια θέση, η πίεση του αίματος θα ήταν σχεδόν η ίδια σε κάθε ένα από τα τρία σημεία, αντί να διαφέρει κατά ένα παράγοντα μεγαλύτερο του 3

Η μεγαλύτερη **P** στα κάτω άκρα οφείλεται στην δύναμη της βαρύτητας (ρgh) η οποία δημιουργείται από την στήλη του αίματος (υψους h) μεταξύ της καρδιάς και του σημείου μέτρησης που προστίθεται στην πίεση της καρδιάς



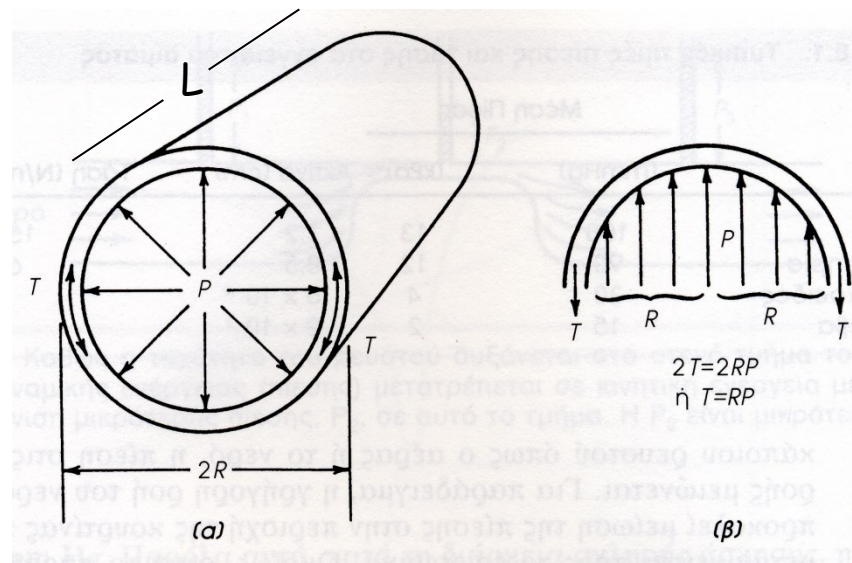
ΠΙΕΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΙΕΣΗΣ



Εάν η δύναμη της βαρύτητας της Γης 3πλασιαστεί ξαφνικά ή εάν το σώμα κινείται προς τα πάνω με επιτάχυνση ίση με 3g το αίμα δεν φθάνει στον εγκέφαλο με αποτέλεσμα το φαινόμενο blackout (απώλεια των αισθήσεων)



Νόμος του Laplace για κοίλους κυλίνδρους:



Η πίεση στο εσωτερικό μέρος του τοιχώματος ενός αιμοφόρου αγγείου, P , είναι μεγαλύτερη της πίεσης στο εξωτερικό, P_{ext} κατά $\Delta P = P - P_{ext}$.

Πόση τάση πρέπει να αντέχει το τοίχωμα του αγγείου ώστε να υποστηρίζει αυτή την θετική διαφορά πίεσης σε κατάσταση ισορροπίας;

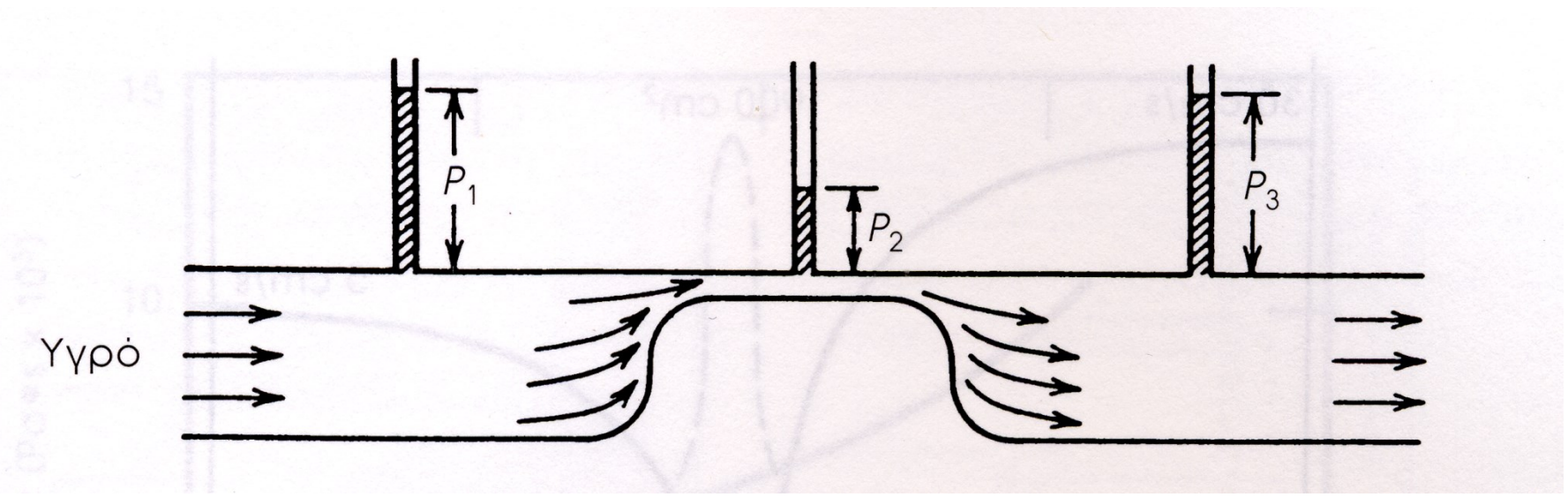
Σημειώνεται ότι η περιφερειακή τάση T είναι η δύναμη F ανά μονάδα μήκους L του αυλού



Γενική Αρχή ΒΕΡΝΟΥΛΛΙ:

- ✓ Η πίεση σε ένα ρευστό είναι μια μορφή δυναμικής ενέργειας - PE (αφού μπορεί να παράγει έργο)
- ✓ Το ρευστό έχει κινητική ενέργεια ($E_{κιν}$) λόγω της κίνησής του

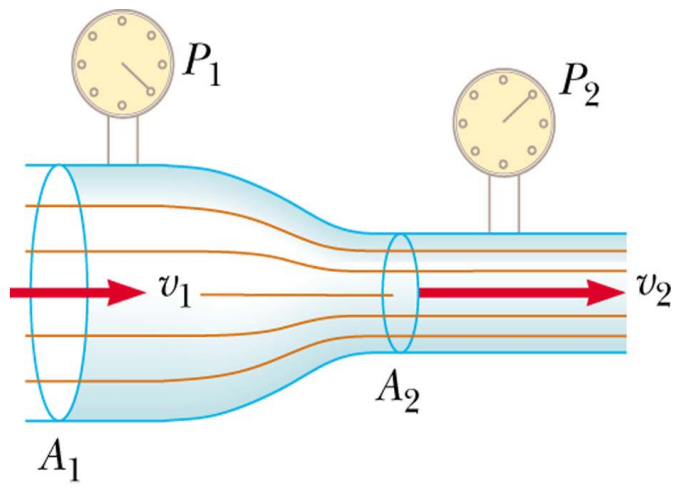
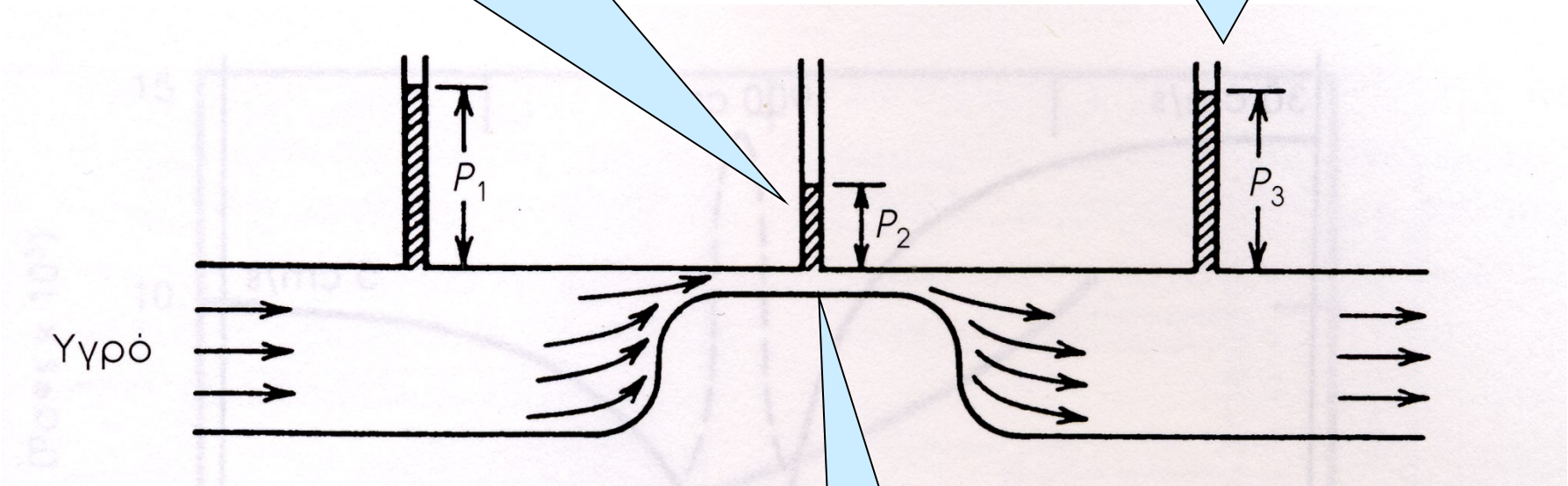
Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΒΕΡΝΟΥΛΛΙ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΒΕΡΝΟΥΛΛΙ ΣΤΟ ΚΑΣ

Η αυξημένη $E_{\text{κιν}}$ του ρευστού επιτυγχάνεται με μείωση της ΡΕ της πίεσης στον σωλήνα

Μετά την στένωση η ταχύτητα μειώνεται και η $E_{\text{κιν}}$ μετατρέπεται πάλι σε ΡΕ



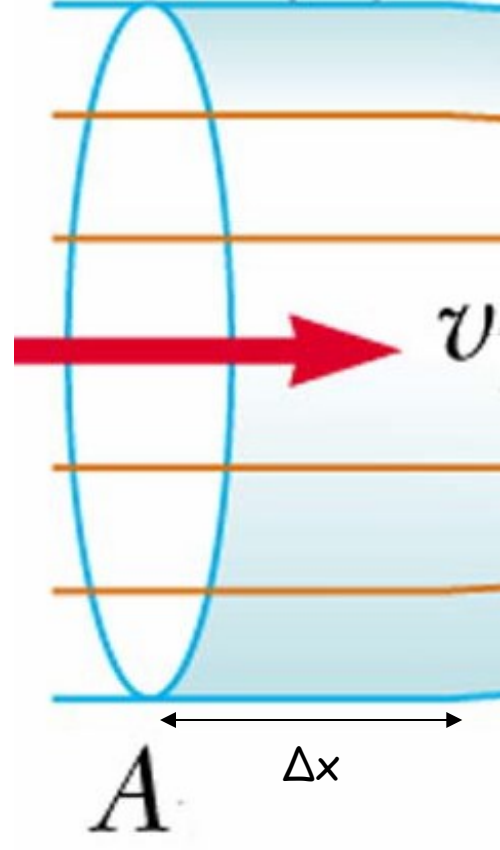
Η ταχύτητα αυξάνεται στο στενό τμήμα

Εξίσωση Συνέχειας

$$\Delta M = \rho A \Delta x = \rho A (v \Delta t)$$

Annotations: ρ is labeled "πυκνότητα" (density). ΔM is circled in red.

Μάζα η οποία διέρχεται από ένα σημείο του σωλήνα κατά την διάρκεια του χρόνου dt

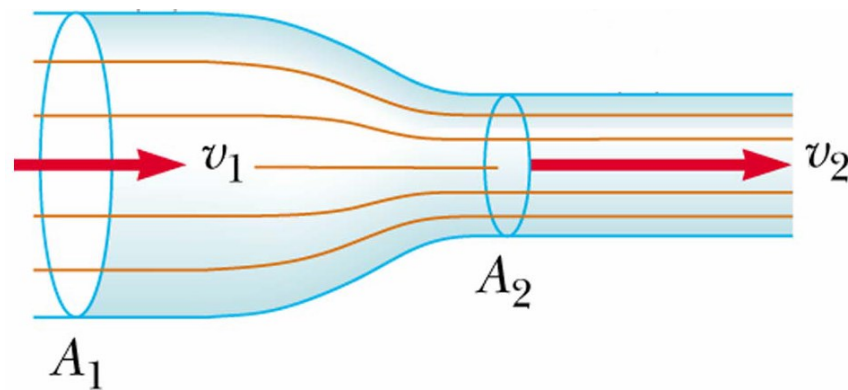


Παράδειγμα

Νερό μεταφέρεται μέσω σωλήνα διαμέτρου 4.0 cm με ταχύτητα $v = 5 \text{ cm/s}$. Ο σωλήνας στενεύει στην συνέχεια και η διάμετρος του γίνεται 2.0 cm. Ποιά είναι η ταχύτητα του νερού στο στενό τμήμα;

Εξίσωση Συνέχειας

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$



Λύση

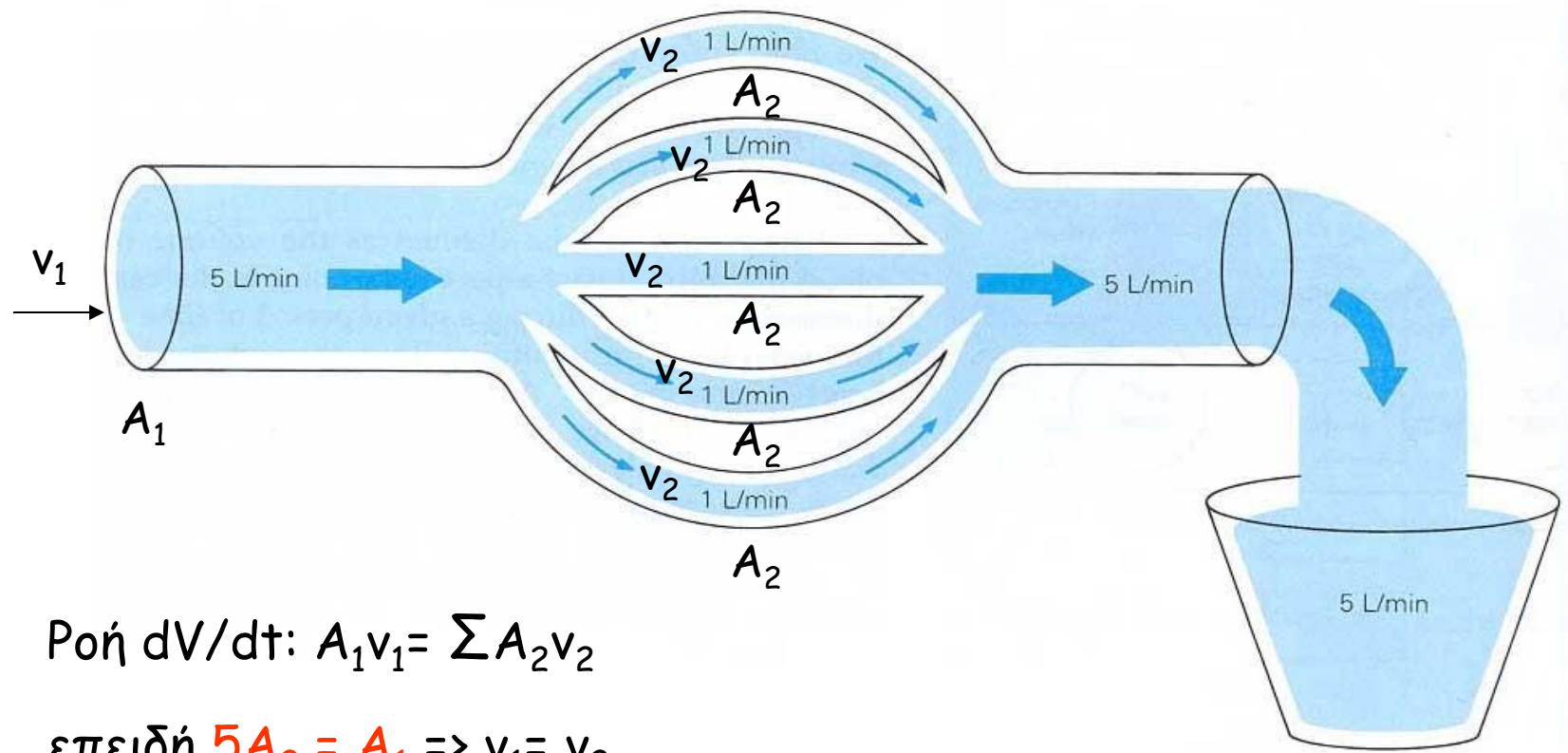
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} v_1 = 4v_1 = 20 \text{ cm/s}$$



ΠΟΣΟ ΓΡΗΓΟΡΑ ΡΕΕΙ ΤΟ ΑΙΜΑ;

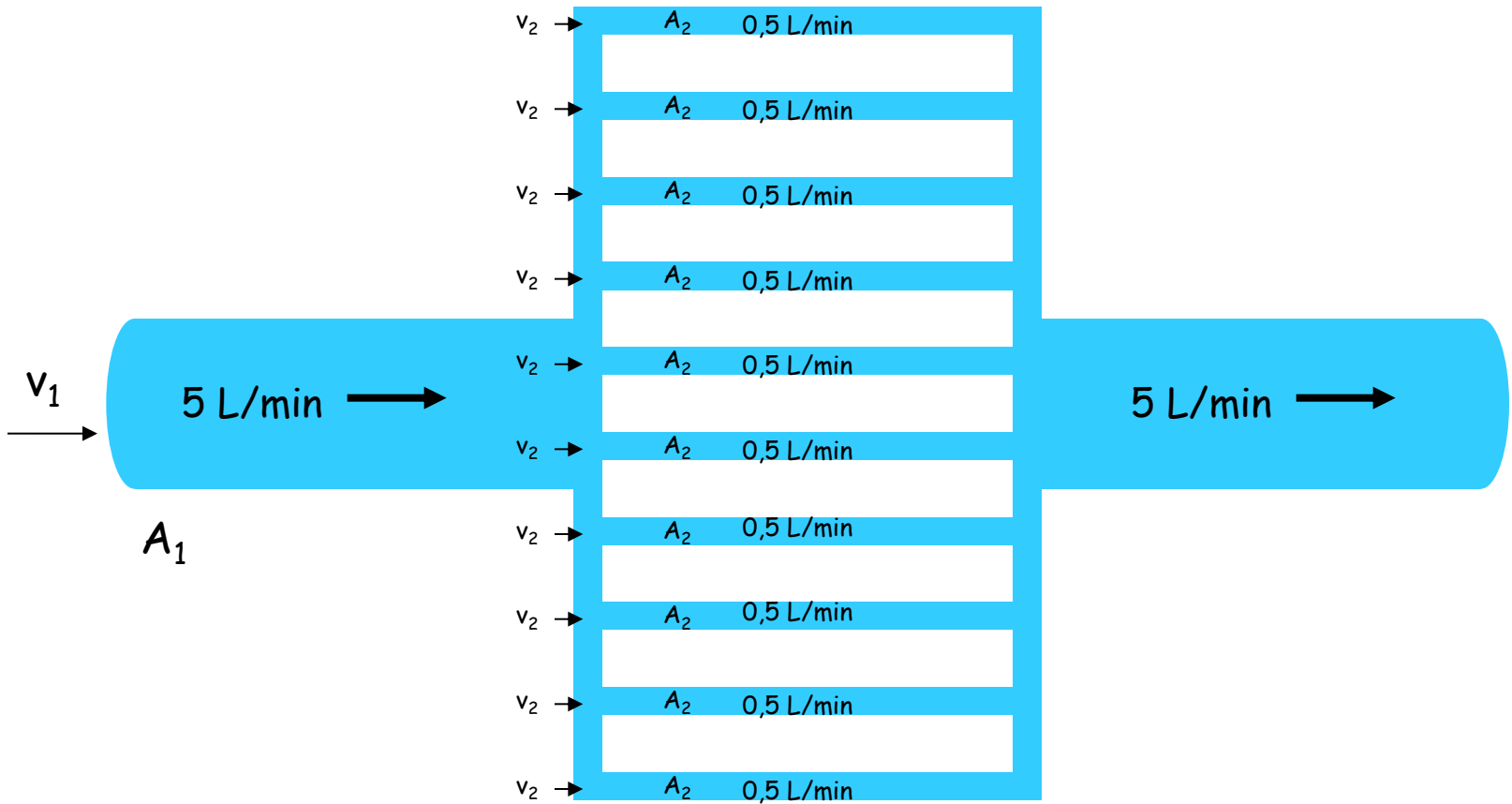
5 διατομές ίσων διαμέτρων A_2
 $5 \times A_2 = A_1$



Ροή dV/dt : $A_1 v_1 = \sum A_2 v_2$
επειδή $5A_2 = A_1 \Rightarrow v_1 = v_2$



ΠΟΣΟ ΓΡΗΓΟΡΑ ΡΕΕΙ ΤΟ ΑΙΜΑ;



Ροή dV/dt : $A_1 v_1 = \sum A_2 v_2$

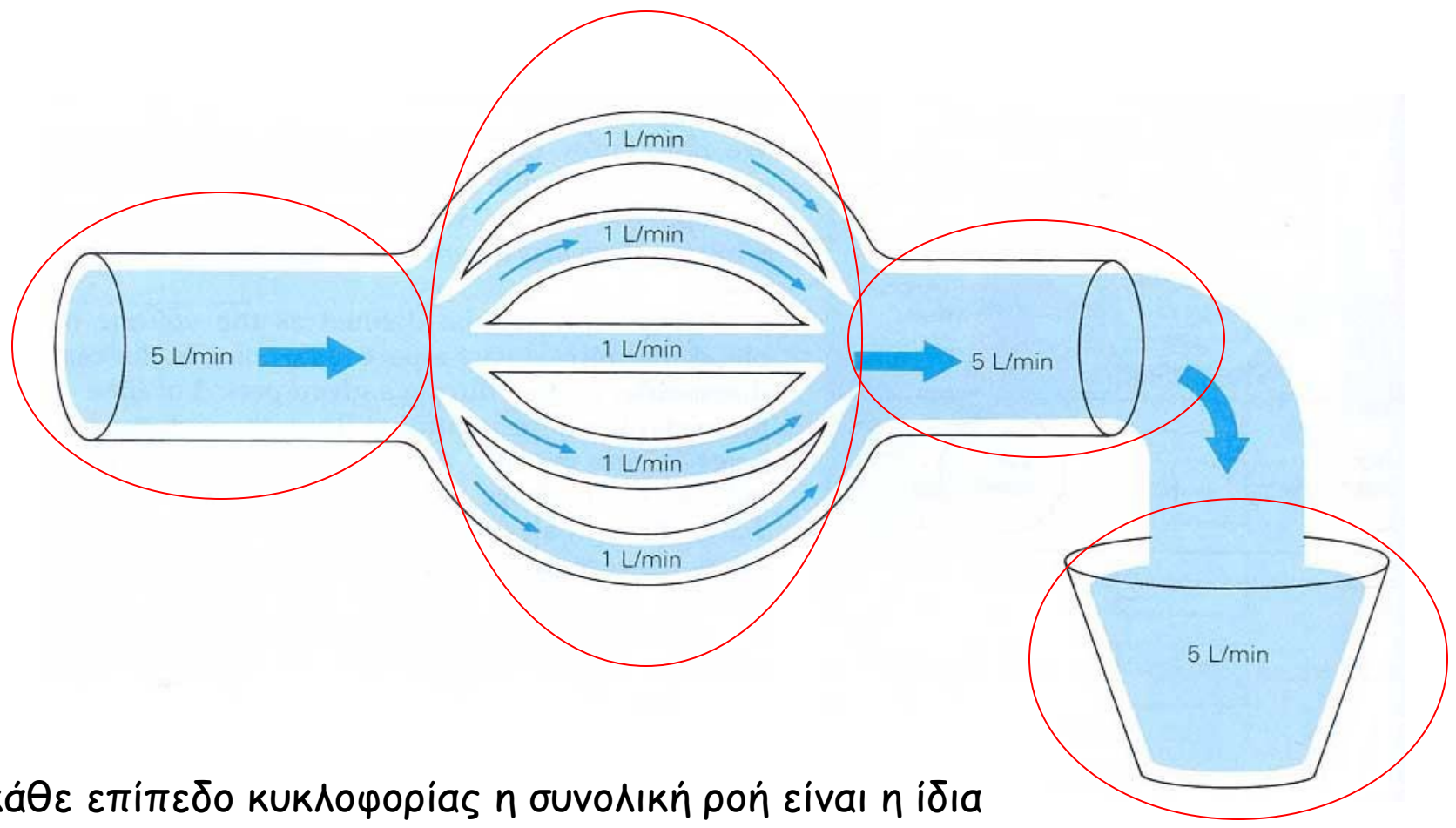
$$A_1 v_1 = 10 A_2 v_2$$

$$v_2 = [A_1 / (10 A_2)] \times v_1$$

επειδή $10 A_2 > A_1 \Rightarrow v_2 < v_1$



Η Ροή είναι η αυτή διά μέσου περιοχών οι οποίες συνδέονται στη σειρά



Σε κάθε επίπεδο κυκλοφορίας η συνολική ροή είναι η ίδια

Η συνολική διάχυση δια μέσου του αγγειακού συστήματος είναι ίση με την καρδιακή εκροή και εισροή.



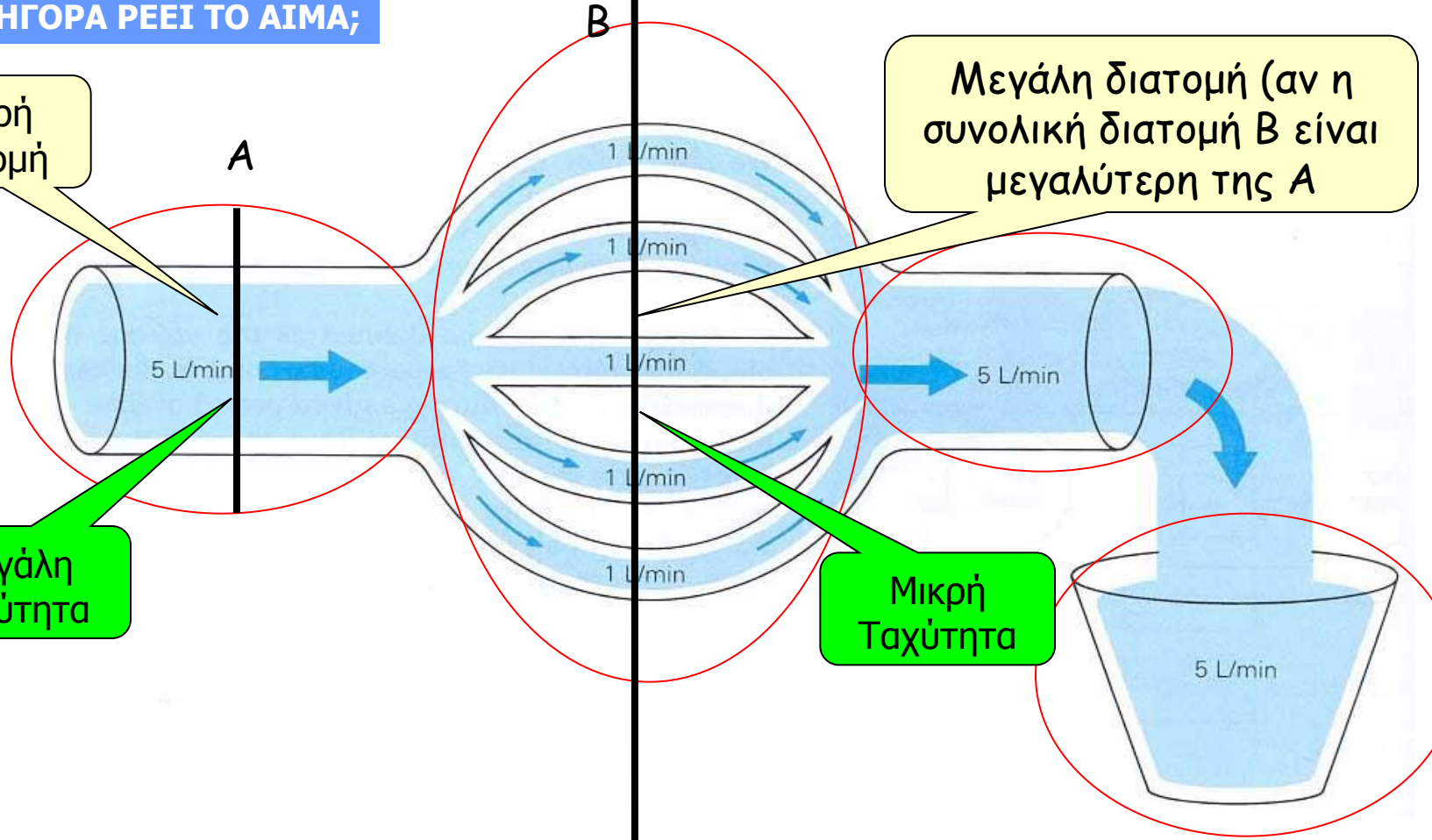
ΠΟΣΟ ΓΡΗΓΟΡΑ ΡΕΕΙ ΤΟ ΑΙΜΑ;

Μικρή διατομή

Μεγάλη διατομή (αν η συνολική διατομή Β είναι μεγαλύτερη της Α)

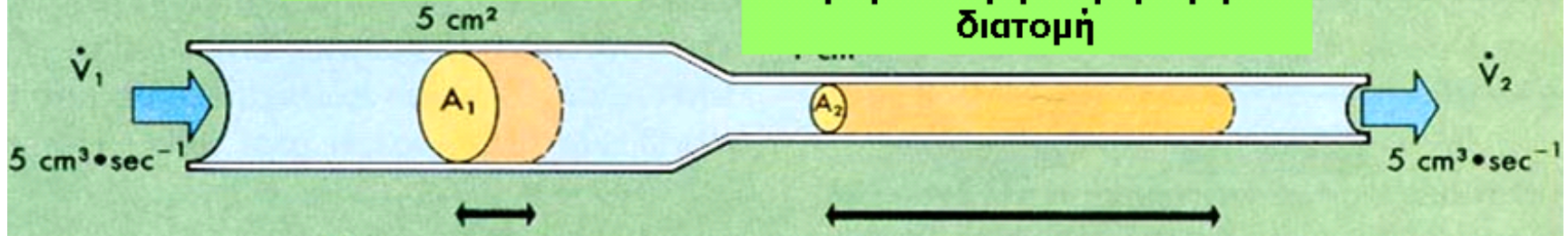
Μεγάλη Ταχύτητα

Μικρή Ταχύτητα



Το υγρό ρέει αργά σε μεγάλη διατομή

Η ταχύτητα είναι 5 φορές μεγαλύτερη στην μικρή διατομή

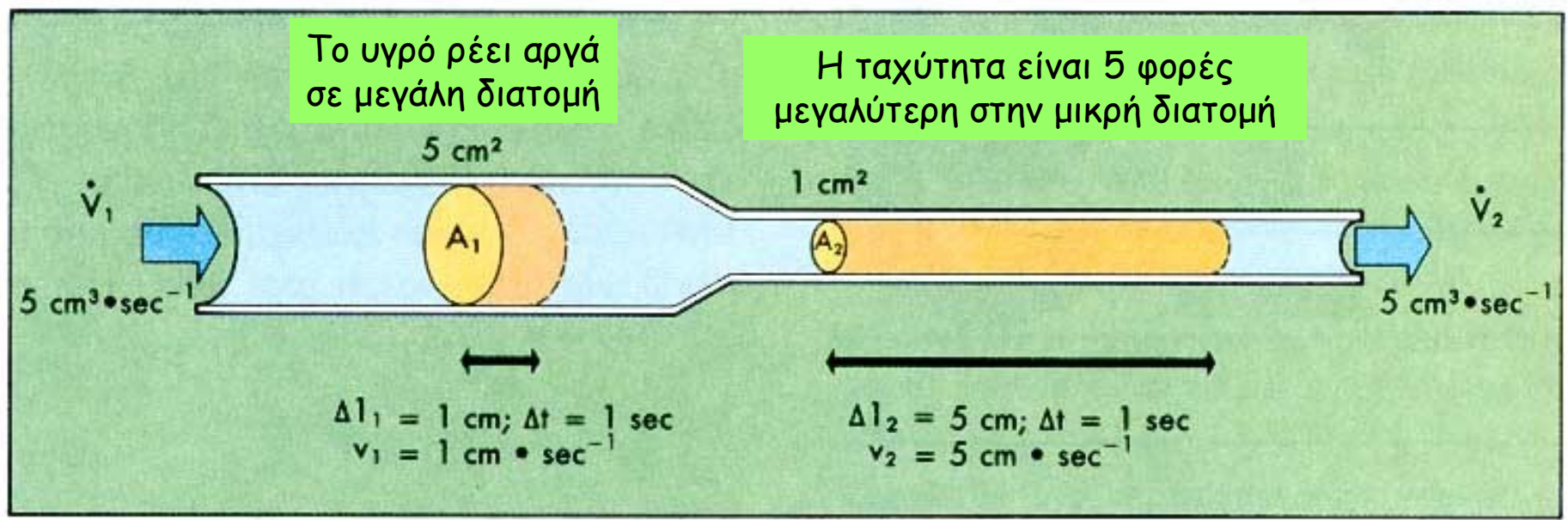


$\Delta l_1 = 1 \text{ cm}; \Delta t = 1 \text{ sec}$
 $v_1 = 1 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$

$\Delta l_2 = 5 \text{ cm}; \Delta t = 1 \text{ sec}$
 $v_2 = 5 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$



Σχέση μεταξύ ταχύτητας και ροής

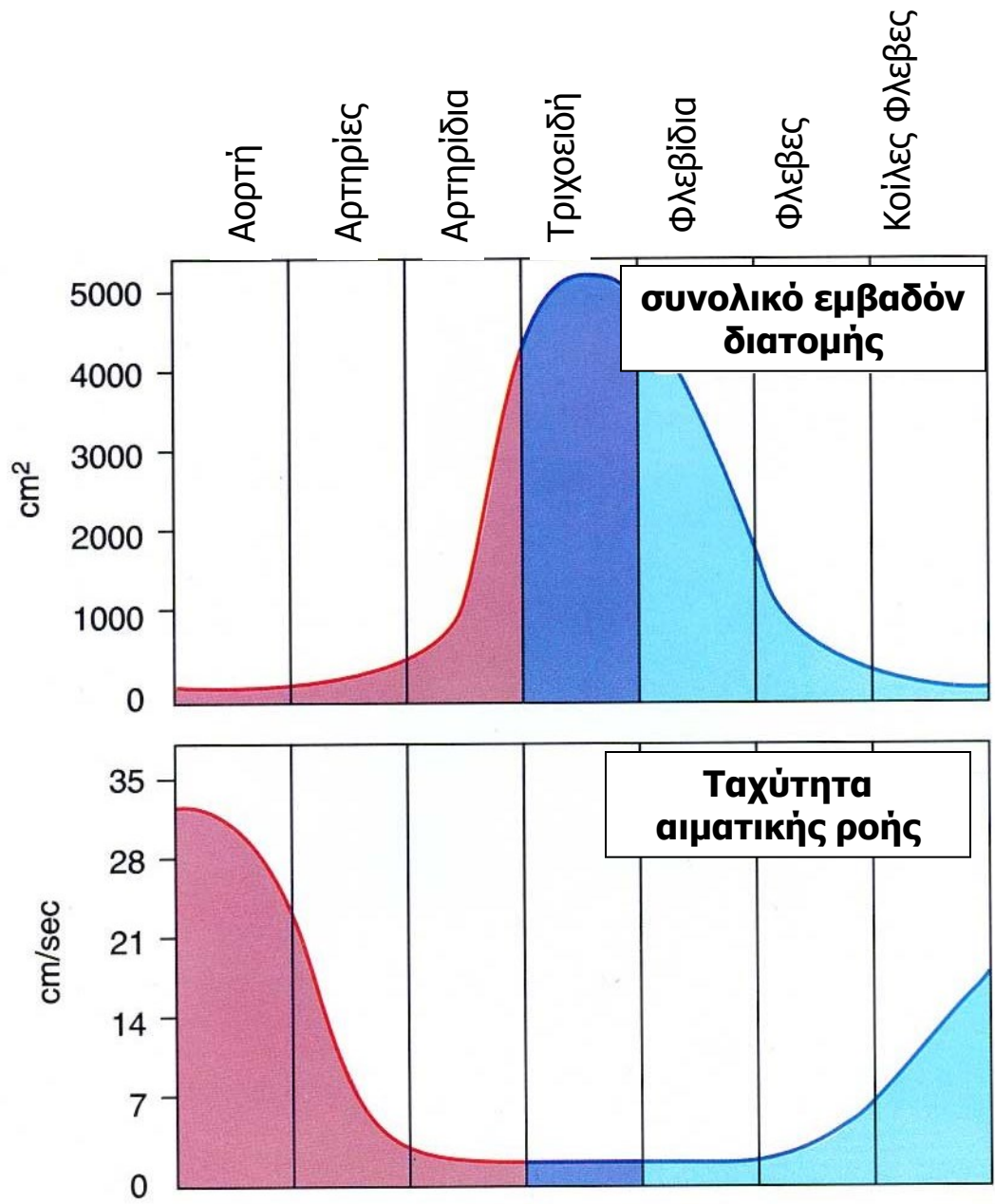


- ♥ Η ροή του αίματος και η ταχύτητα του αίματος **δεν είναι το ίδιο**
- ♥ Η ταχύτητα εκφράζει το πόσο «γρήγορα» περνάει το αίμα και όχι το όγκο του διερχόμενου αίματος
- ♥ Η ροή είναι ανάλογη της μέσης ταχύτητας και της διατομής του αγγείου

$$\bar{v} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad \text{Όπου } \bar{v} = \text{μέση ταχύτητα}$$
$$A = \text{διατομή αγγείου}$$



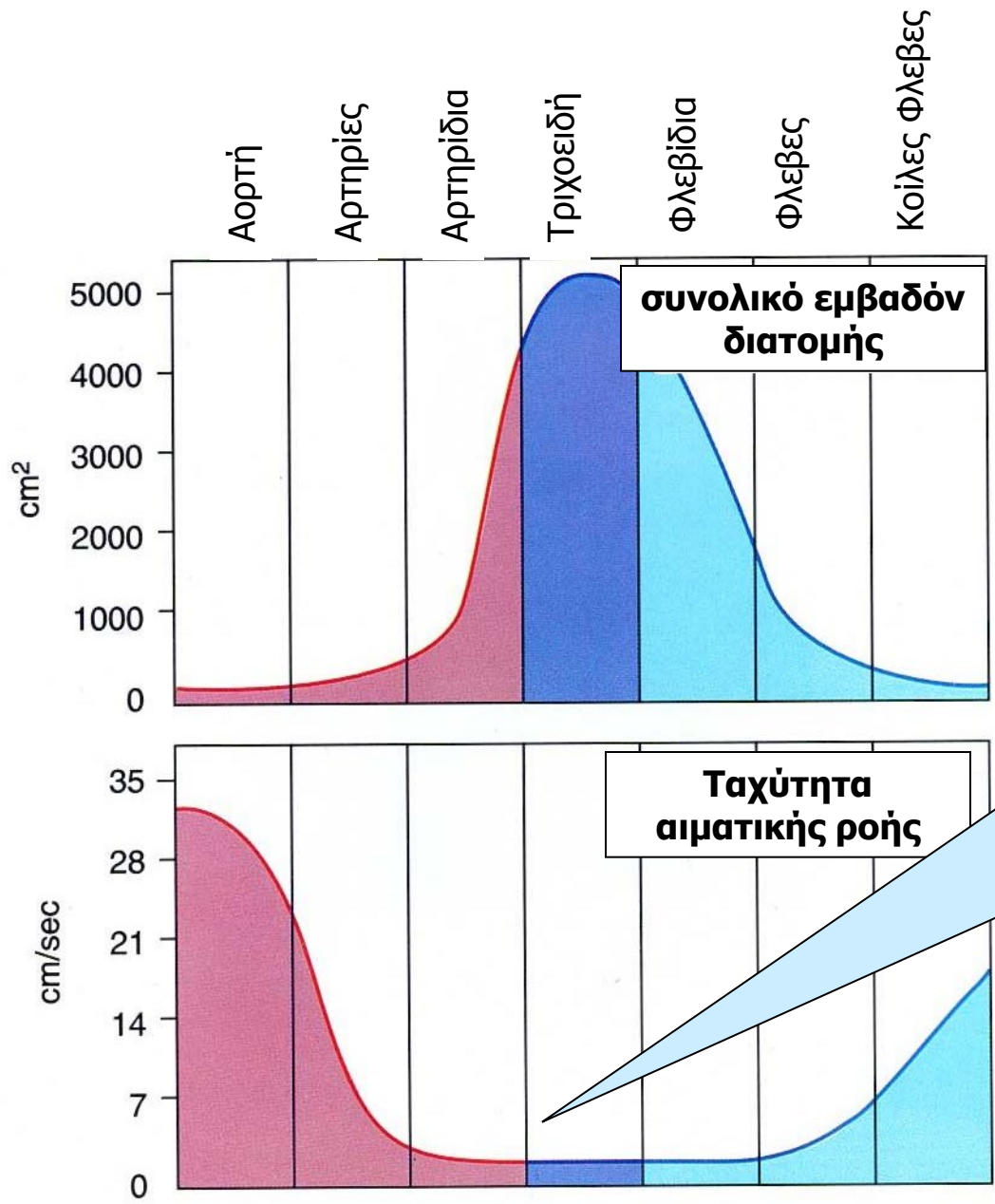
Ταχύτητα και Εμβαδόν διατομής στο κυκλοφορικό σύστημα



Το **συνολικό εμβαδόν διατομής** (total cross-sectional area) του αγγειακού συστήματος είναι μεγαλύτερο στα τριχοειδή και μικρότερο στα μεγάλα αγγεία.

Επειδή τελικά **η ροή είναι σταθερή**, η ταχύτητα του αίματος είναι (συνολικά) μεγαλύτερη στις μεγάλες αρτηρίες και (συνολικά) μικρότερη στα τριχοειδή.

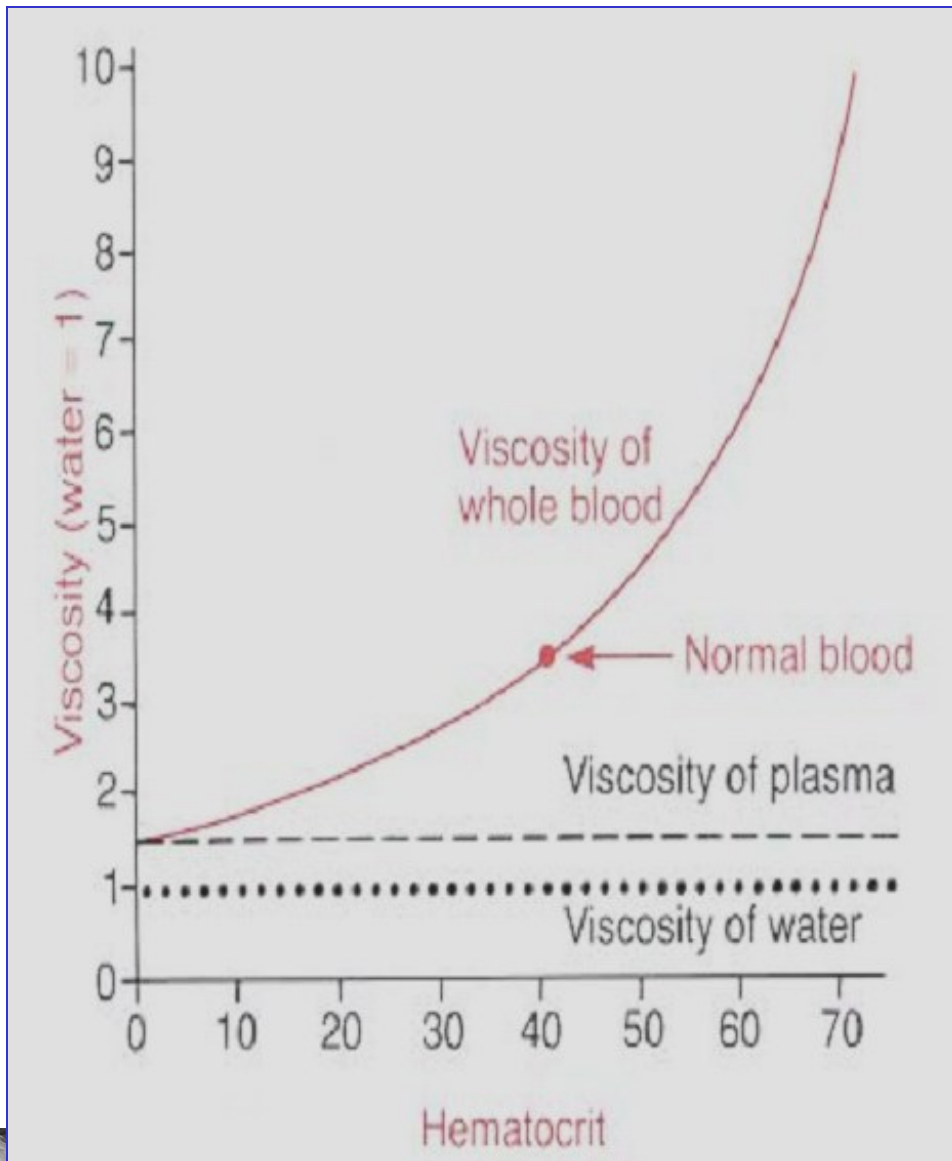
Ταχύτητα και Εμβαδόν διατομής στο κυκλοφορικό σύστημα



Η ταχύτητα μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα του εμβαδού της ολικής εγκάρσιας διατομής των αιμοφόρων αγγείων

Στα τριχοειδή λαμβάνει χώρα η ανταλλαγή O_2 και CO_2 . ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΥΤΑ ΥΠΑΡΧΕΙ Ο ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

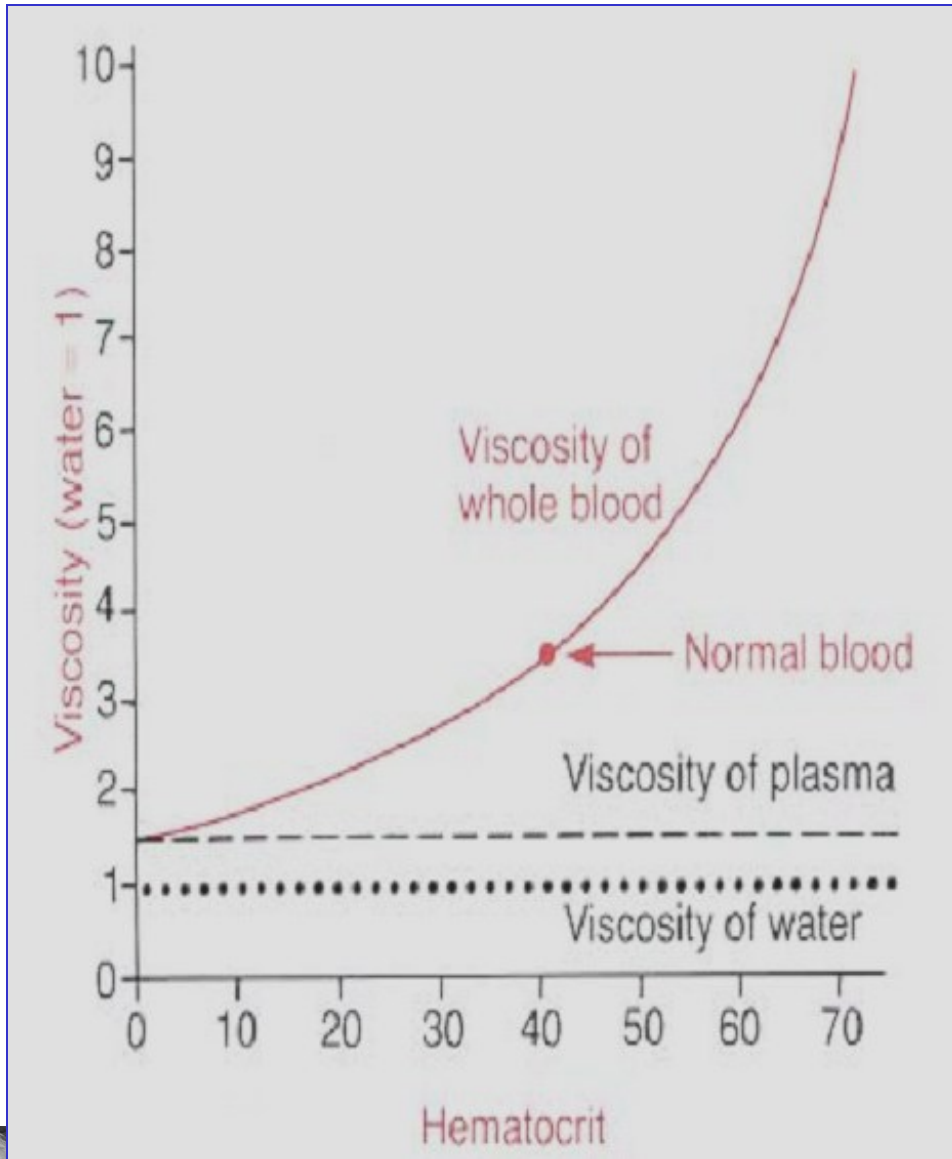
Συντελεστής Γλοιότητας (Viscosity)



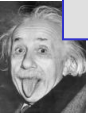
- Η ρευστότητα ή ευκολία με την οποία ρέει ένα υγρό είναι μια έκφραση της γλοιότητάς του.
- Η μονάδα μέτρησης στο SI είναι το Pascal-second (Pa's)
- Ο συντελεστής γλοιότητας του νερού είναι 0.001Pa's, παχύρευστου σιροπιού 10 Pa's και του αίματος 0.0035 Pa's.



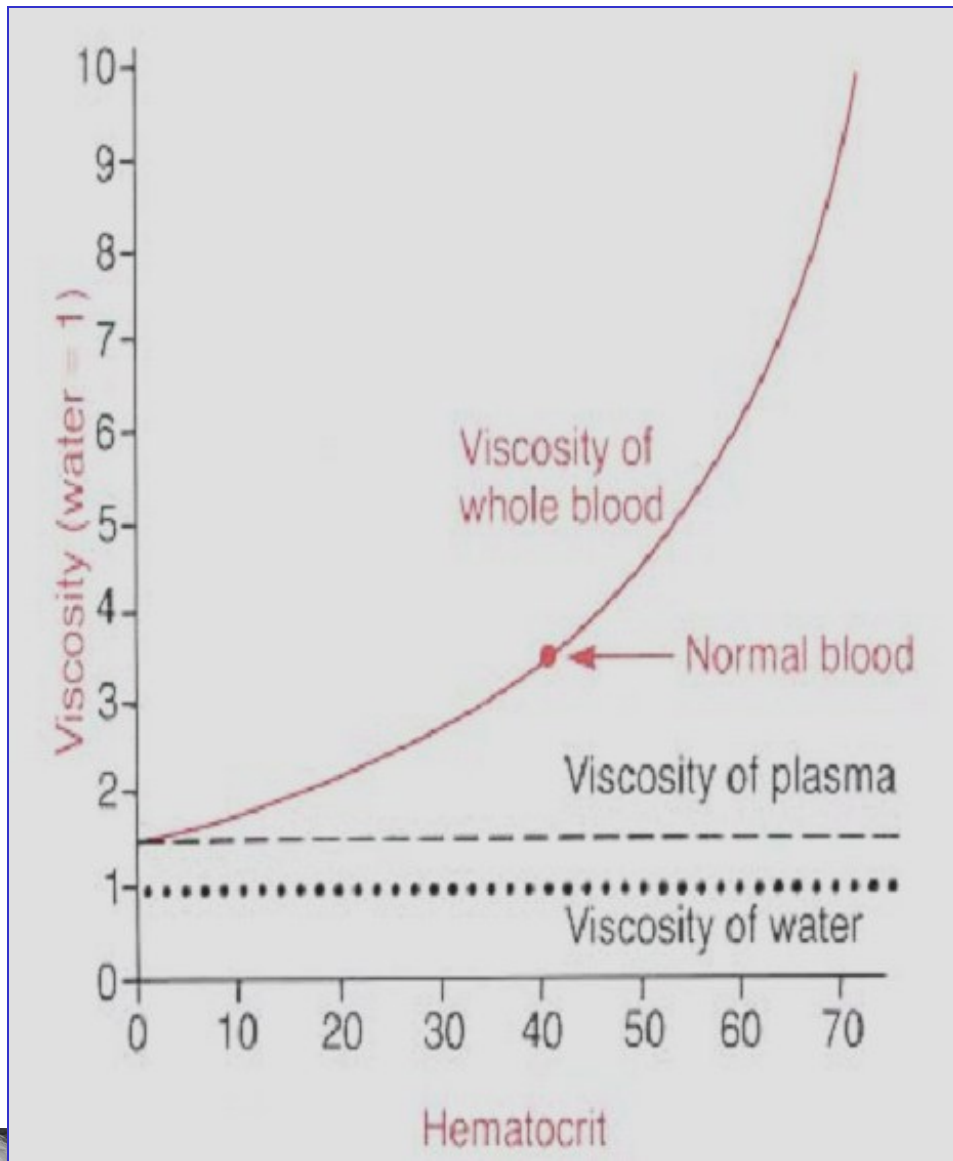
Συντελεστής Γλοιότητας (Viscosity) του αίματος



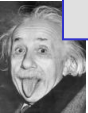
- Ο συντελεστής γλοιότητας συνολικά του αίματος εξαρτάται από τον αιματοκρίτη
- Η αναιμία μπορεί να μειώσει τον συντελεστής γλοιότητας του αίματος
- Η πολυκυτταραιμία (Polycythaemia vera) αυξάνει τον αιματοκρίτη, συντελεστή γλοιότητας και την αντίσταση



Συντελεστής Γλοιότητας (Viscosity) του αίματος



- Ο συντελεστής γλοιότητας του αίματος εξαρτάται από την θερμοκρασία: αυξάνεται με την μείωση της θερμοκρασίας (από 37° σε 0° αυξάνεται κατά 2,5 φορές)
- Οι καπνιστές έχουν υψηλότερο αιματοκρίτη (εισπνέουν 250 ml CO / πακέτο τσιγάρα)
- Όσο αυξάνει ο αιματοκρίτης τόσο αυξάνει ο συντελεστής γλοιότητας άρα και ο κίνδυνος καρδιακής προσβολής ή εγκεφαλικού επεισοδίου

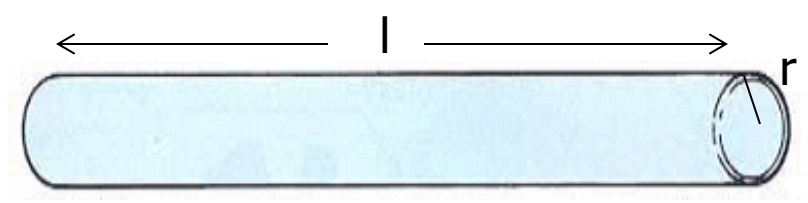


Η αντίσταση R εξαρτάται από την διάμετρο του αγγείου

- Η αντίσταση R μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας r του αιμαγγείου και αυξάνεται με την γλοιότητα (viscosity) του αίματος.
- Σε ιδανικές συνθήκες, η αντίσταση R ενός σωλήνα περιγράφεται από τον νόμο του **Poiseuille**

$$R \propto \frac{\eta l}{r^4}$$

Όπου R = αντίσταση
 η = γλοιότητα
 r = ακτίνα
 l = μήκος



- **Μειώνοντας** την ακτίνα ενός αρτηριδίου στο $\frac{1}{2}$, **αυξάνεται** η αντίσταση κατά 16 φορές!



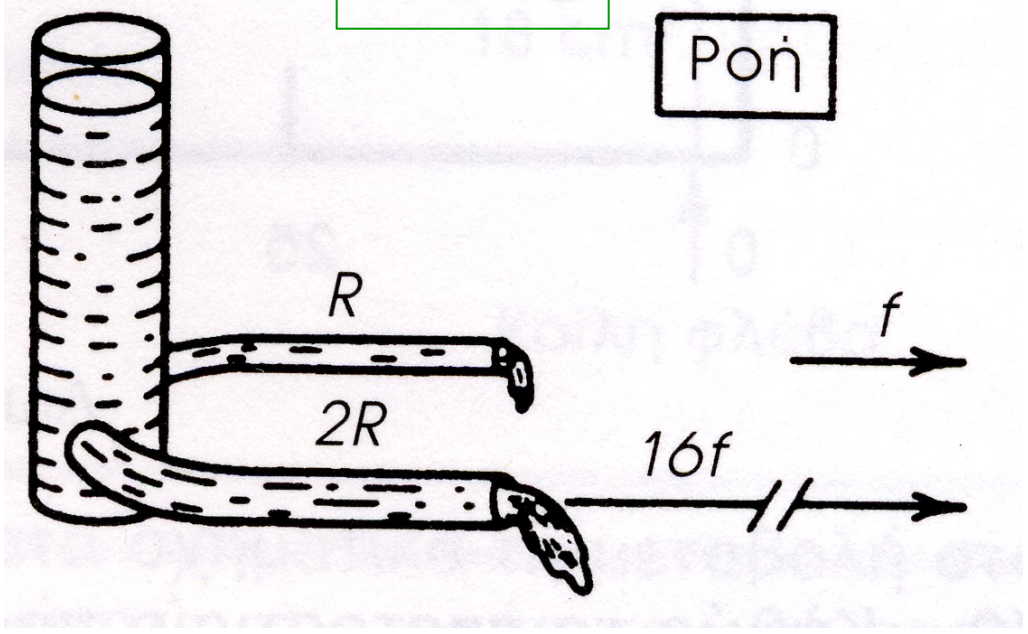
Τα ευρήματα του Poiseuille

Ο ρυθμός ροής σε ένα σωλήνα εξαρτάται από:

$$dV/dt = (\pi/8)(R^4/n)[(P_1-P_2)/L]$$

Ακτίνα

Ροή



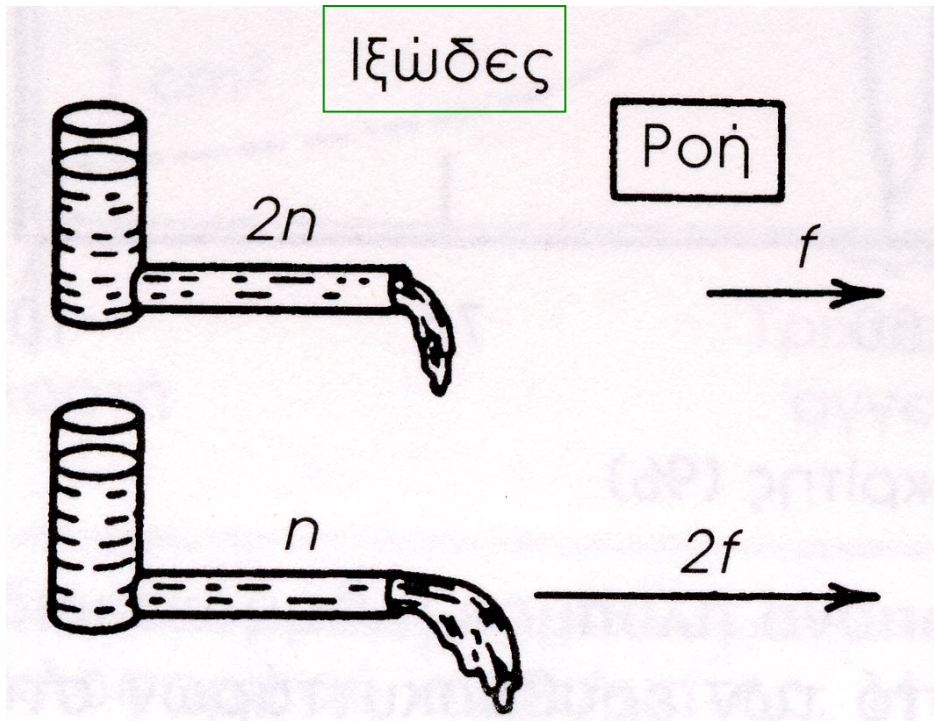
Ο ρυθμός ροής είναι:

- ανάλογος της 4ης δύναμης της ακτίνας του αγγείου
- αντιστρόφως ανάλογος του συντελεστού ιξώδους η
- ανάλογος της διαφοράς πίεσης στα δύο άκρα του αγγείου
- αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του αγγείου



Τα ευρήματα του Poiseuille

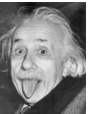
Ο ρυθμός ροής σε ένα σωλήνα εξαρτάται από:



$$dV/dt = (\pi/8)(R^4/\eta)[(P_1-P_2)/L]$$

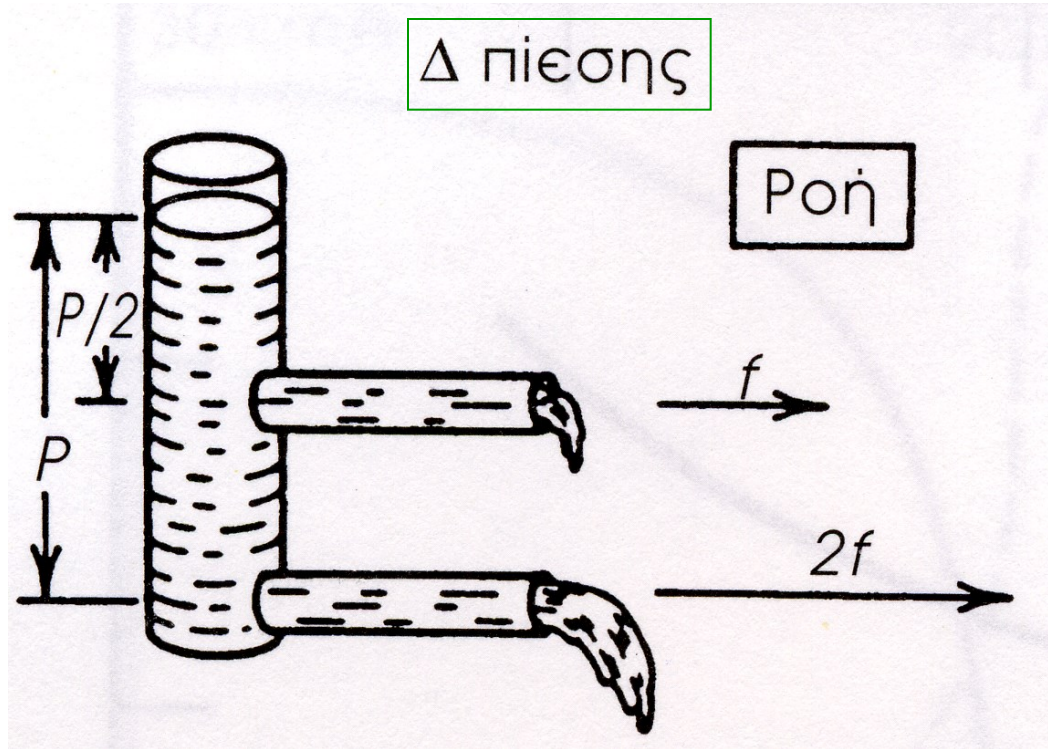
Ο ρυθμός ροής είναι :

- ανάλογος της 4ης δύναμης της ακτίνας του αγγείου
- **αντιστρόφως ανάλογος του συντελεστού ιξώδους η**
- ανάλογος της διαφοράς πίεσης στα δύο άκρα του αγγείου
- αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του αγγείου



Τα ευρήματα του Poiseuille

Ο ρυθμός ροής σε ένα σωλήνα εξαρτάται από:



$$dV/dt = (\pi/8)(R^4/n)[(P_1-P_2)/L]$$

- Ο ρυθμός ροής είναι:
- ανάλογος της 4ης δύναμης της ακτίνας του αγγείου
 - αντιστρόφως ανάλογος του συντελεστού ιξώδους n
 - **ανάλογος της διαφοράς πίεσης στα δύο άκρα του αγγείου**
 - αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του αγγείου

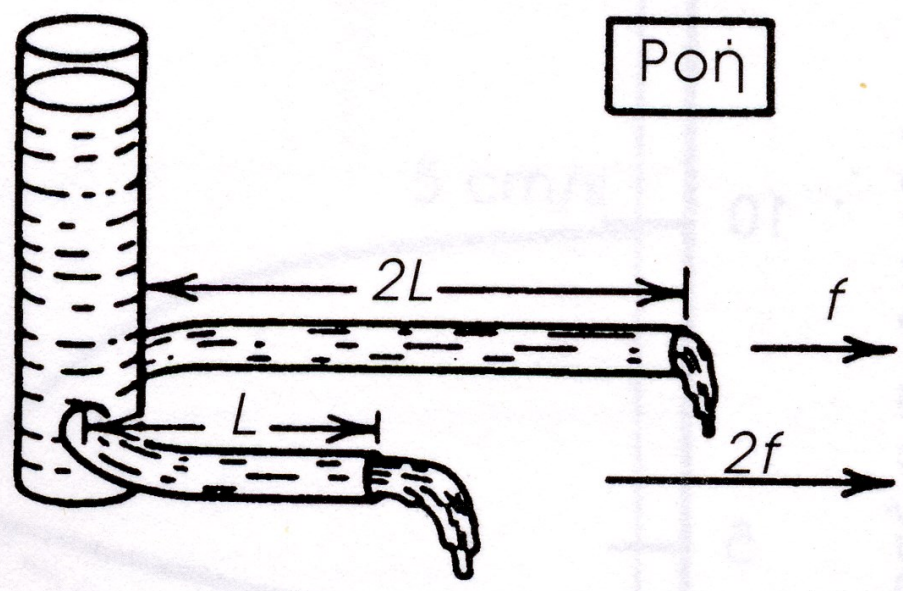


Τα ευρήματα του Poiseuille

Ο ρυθμός ροής σε ένα σωλήνα εξαρτάται από:

Μήκος (ίδια πίεση)

Ροή



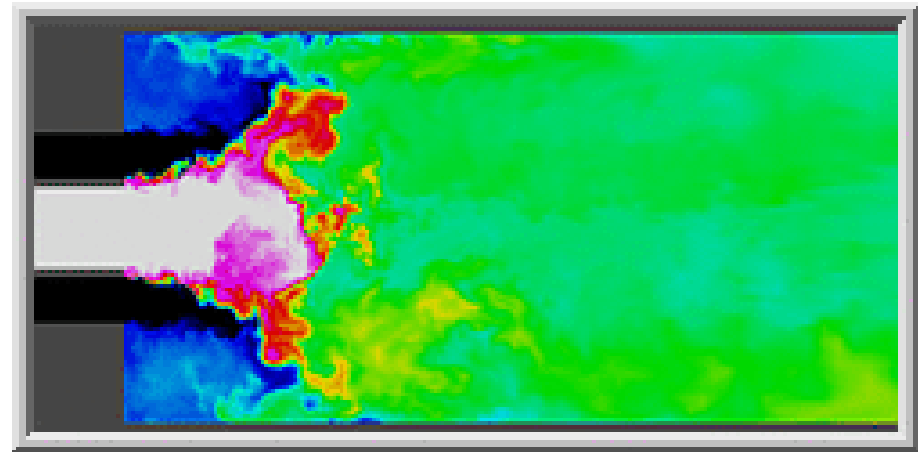
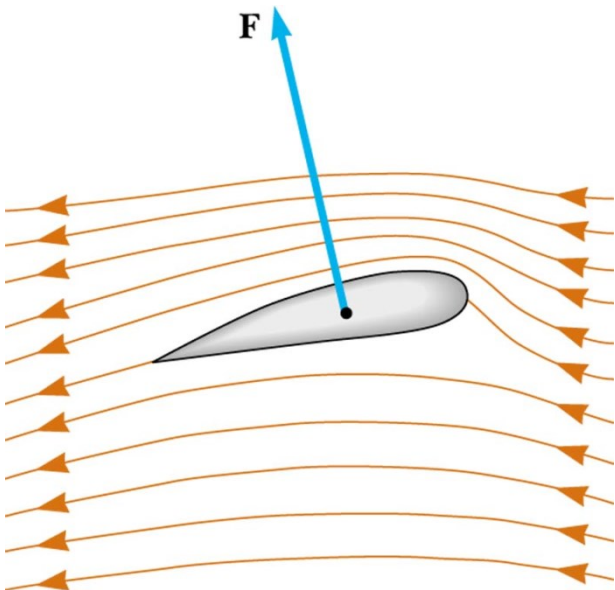
$$dV/dt = (\pi/8)(R^4/\eta)[(P_1-P_2)/L]$$

- Ο ρυθμός ροής είναι:
- ανάλογος της 4ης δύναμης της ακτίνας του αγγείου
 - αντιστρόφως ανάλογος του συντελεστού ιξώδους η
 - ανάλογος της διαφοράς πίεσης στα δύο άκρα του αγγείου
 - **αντιστρόφως ανάλογος του μήκους του αγγείου**

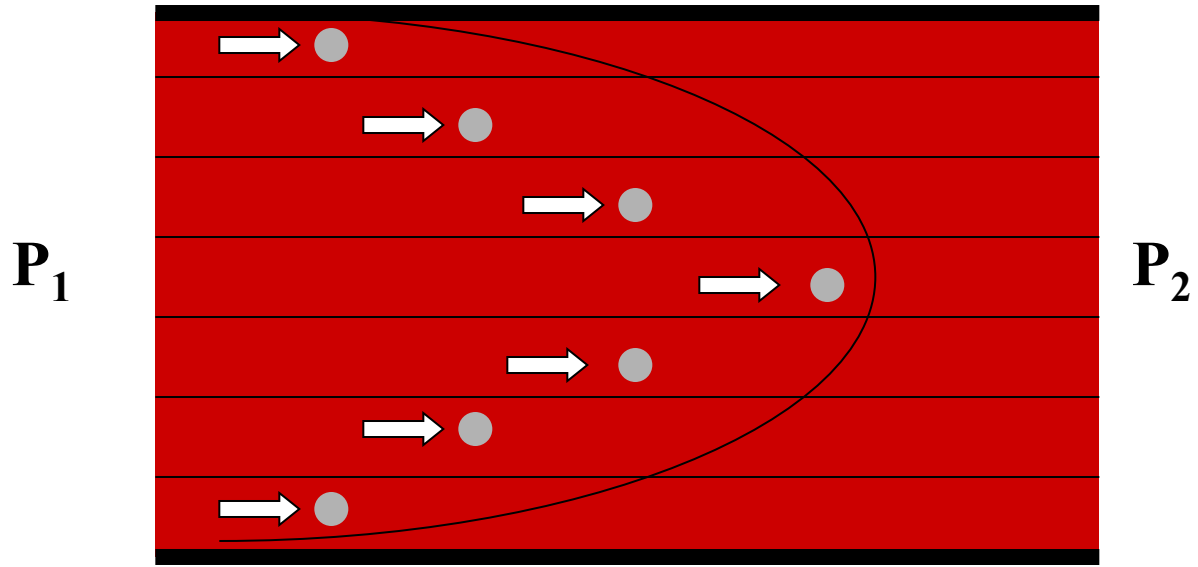


Ομαλή και Τυρβώδης Ροή

- Ομαλή ή στρωτή ροή:
 - Τα στοιχεία της ροής κινούνται «επί ομαλών επιφανειών» οι οποίες δεν διασταυρώνονται
 - Η τριβή στην ομαλή ροή καλείται *γλοιότητα (ιξώδες)*
- Τυρβώδης ροή
 - Ανώμαλες επιφάνειες
 - Εμφανίζεται σε περίπτωση υψηλών βαθμώσεων (μεγάλες ταχύτητες ή μικρές διαμέτροι σωλήνων)

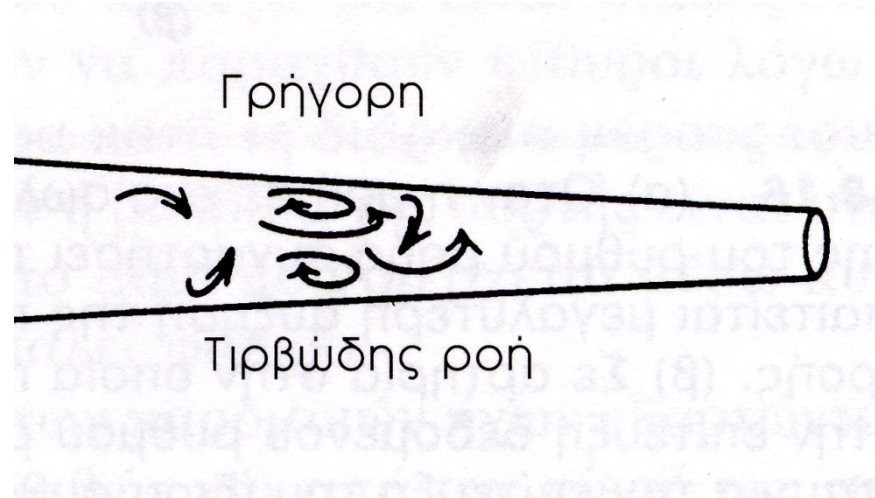
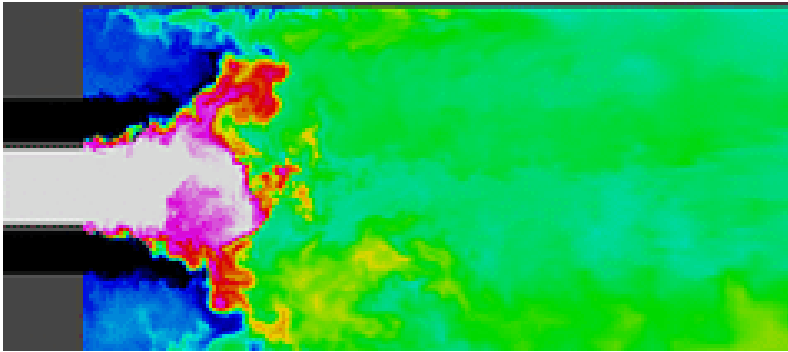


$$P_1 > P_2$$



- ✓ Παρουσιάζεται στα περισσότερα αγγεία αίματος
- ✓ Είναι αθόρυβη





Τυρβώδης Ροή

- ✓ Παρουσιάζεται σε λίγες περιοχές (π.χ. στις βαλβίδες της καρδιάς)
- ✓ Παράγει ήχους
- ✓ Οι καρδιακοί ήχοι (ακρόαση με στηθοσκόπιο) προέρχονται από την τυρβώδη ροή
- ✓ Το περιβραχιόνιο του σφυγμομανομέτρου, με την πίεση που ασκεί στον βραχίονα μετατρέπει την ροή σε τυρβώδη για να ακούγεται

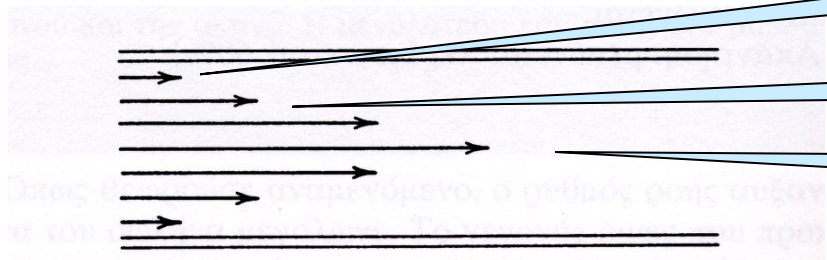


Στρωτή Ροή

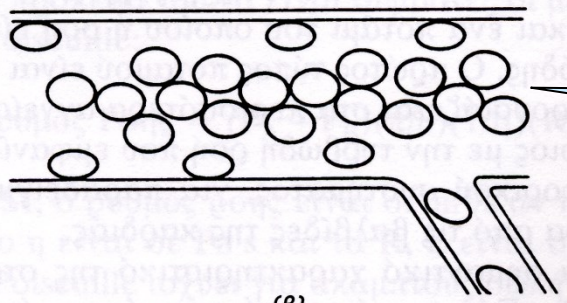
Σχεδόν στάσιμο αίμα

Αίμα που ρέει αργά

Αίμα που ρέει γρήγορα



(α)

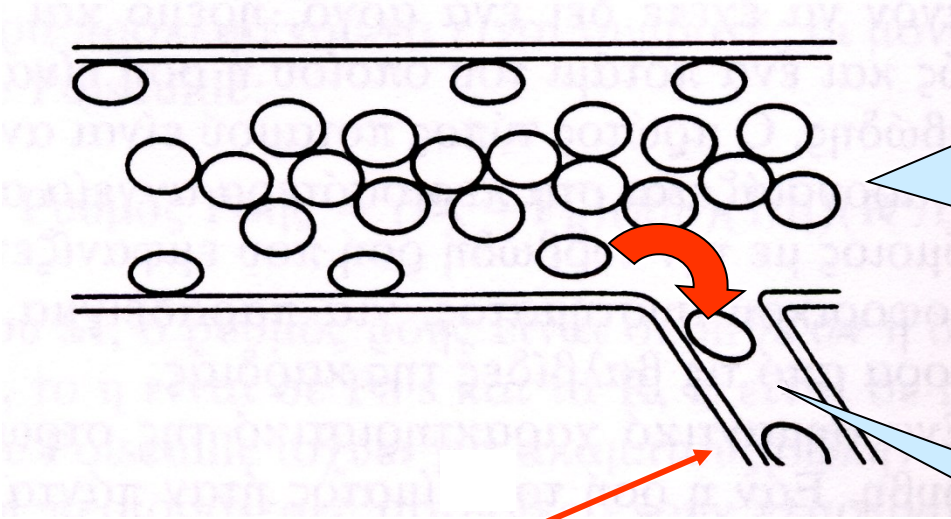


(β)

Περισσότερα
ερυθροκύτταρα
στο κέντρο



ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΔΥΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

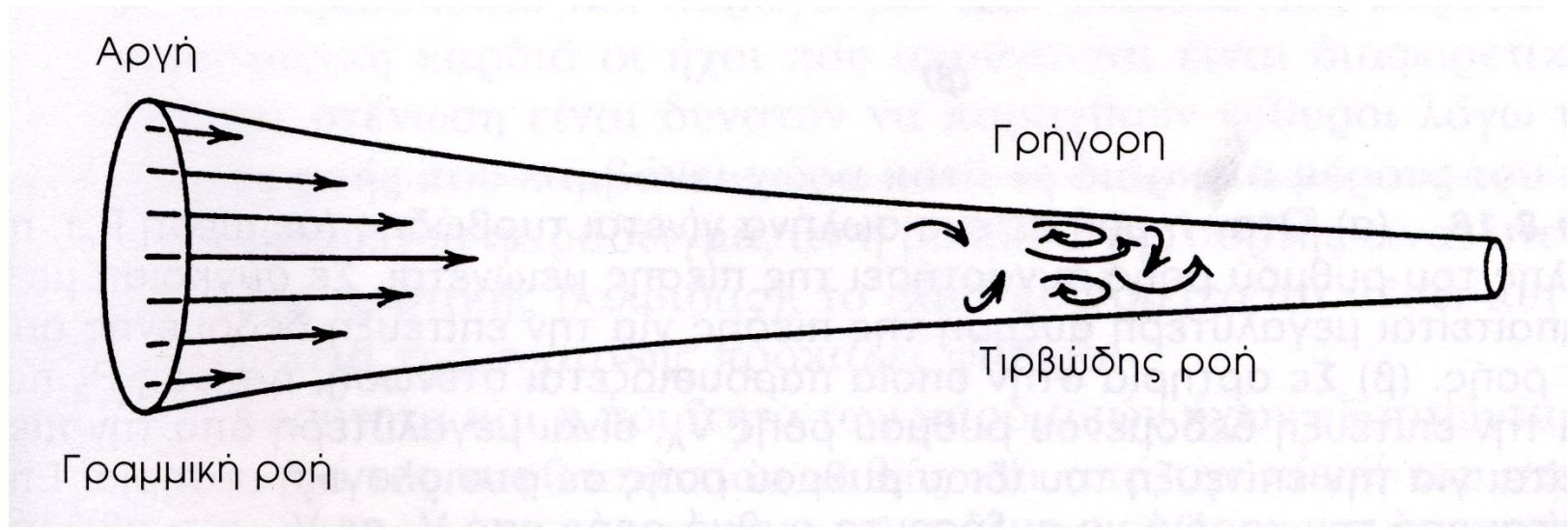


μικρή αρτηρία

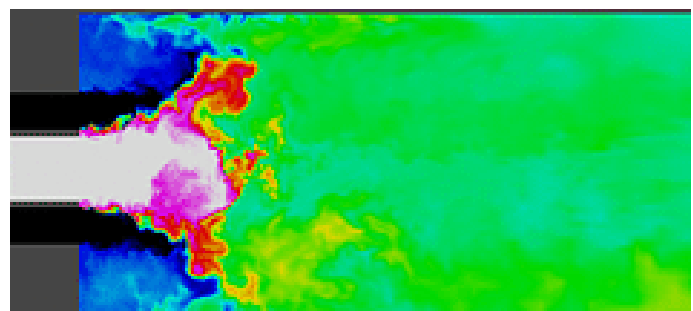
Το % ποσοστό ερυθροκυττάρων στα άκρα είναι μεγαλύτερο από το % ποσοστό ερυθροκυττάρων του αίματος κοντά στην καρδιά (αύξηση αιματοκρίτη στα άκρα κατά 10%)

Το % ποσοστό ερυθροκυττάρων είναι μικρότερο στα μικρά αγγεία (φαινόμενο «**απέκδυσης**» - *skimming effect*)





Ροή σε κωνοειδή σωλήνα: Η ταχύτητα του ρευστού βαθμιαία αυξάνεται ως το σημείο όπου η τιμή της υπερβαίνει την κρίσιμη ταχύτητα V_c προκαλώντας την δημιουργία τυρβώδους ροής



Αριθμός Reynolds
(1000 για αίμα)

Πυκνότητα
Ρευστού

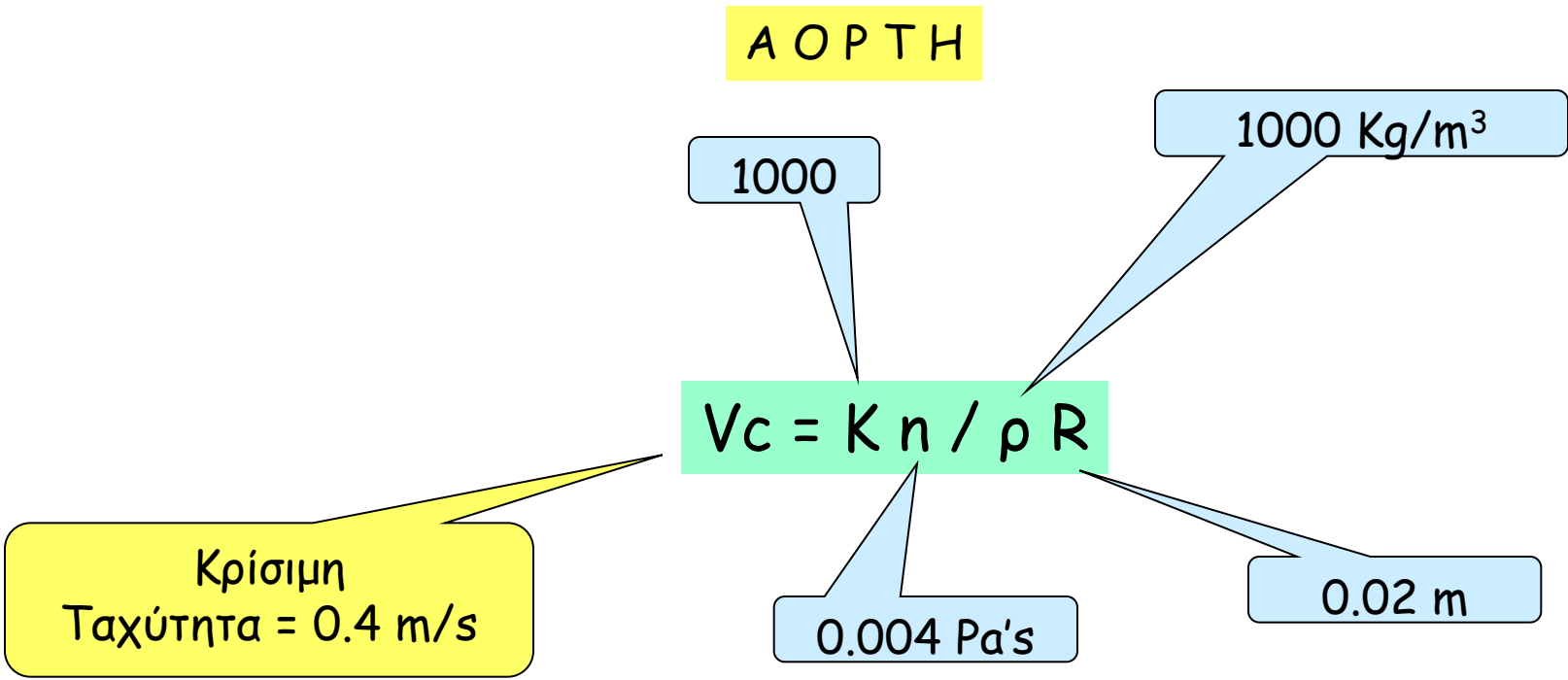
Κρίσιμη
Ταχύτητα

$$V_c = (K \eta) / (\rho R)$$

Συντελεστής
Γλοιότητας

Ακτίνα
Σωλήνα





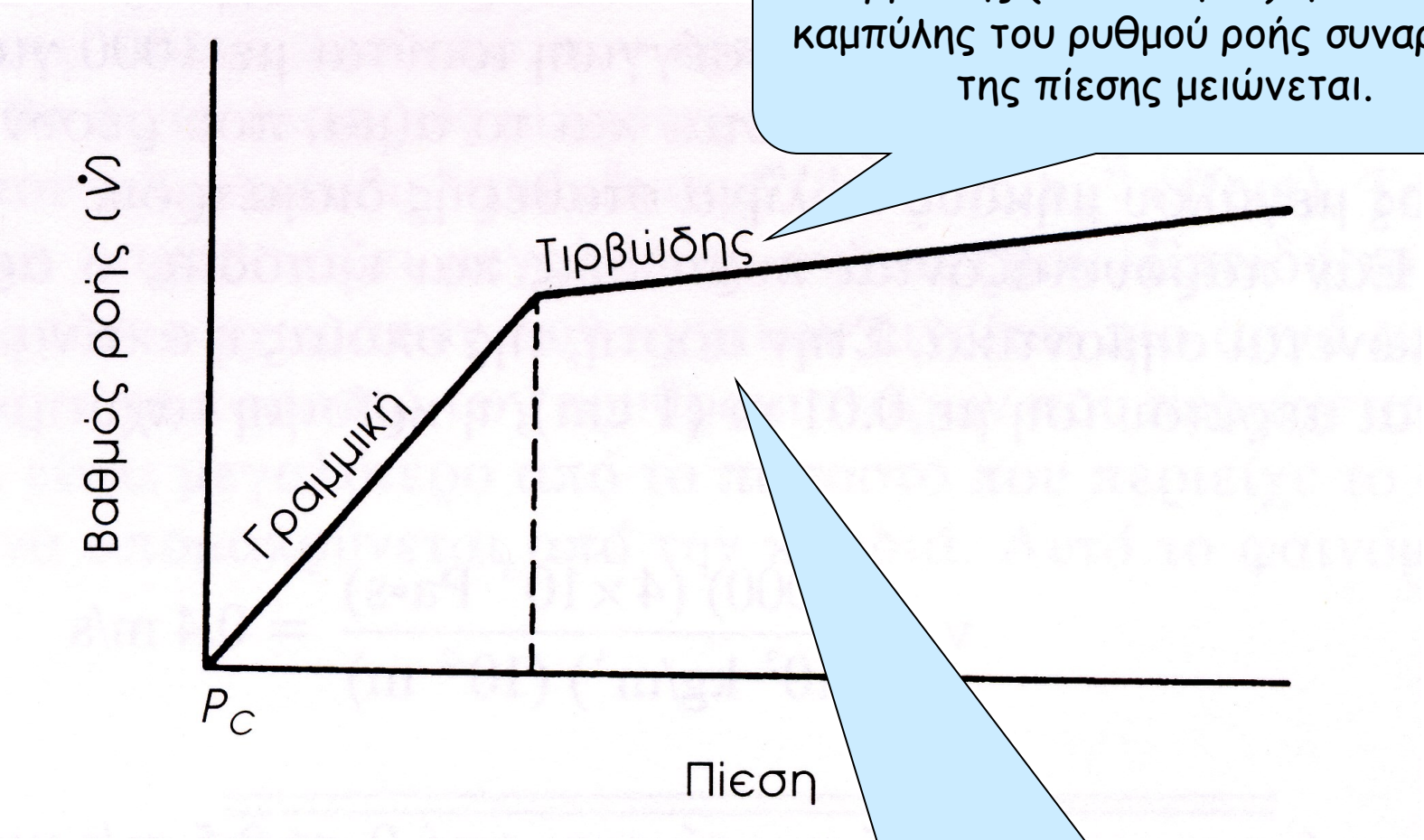
Η ταχύτητα στην αορτή κυμαίνεται από 0 έως 0.5 m/s, και συνεπώς η ροή είναι τυρβώδης κατά την διάρκεια μέρους της συστολής.

Σε σκληρή άσκηση, το ποσόν του αίματος που διοχετεύεται από την καρδιά μπορεί να αυξηθεί κατά 4-5 φορές και η ταχύτητα να υπερβεί την κρίσιμη τιμή της για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

=> Οι ήχοι της καρδιάς σε ένα άτομο που ασκείται σκληρά διαφέρουν από τους ήχους της καρδιάς ενός ατόμου σε ηρεμία.



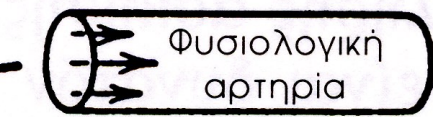
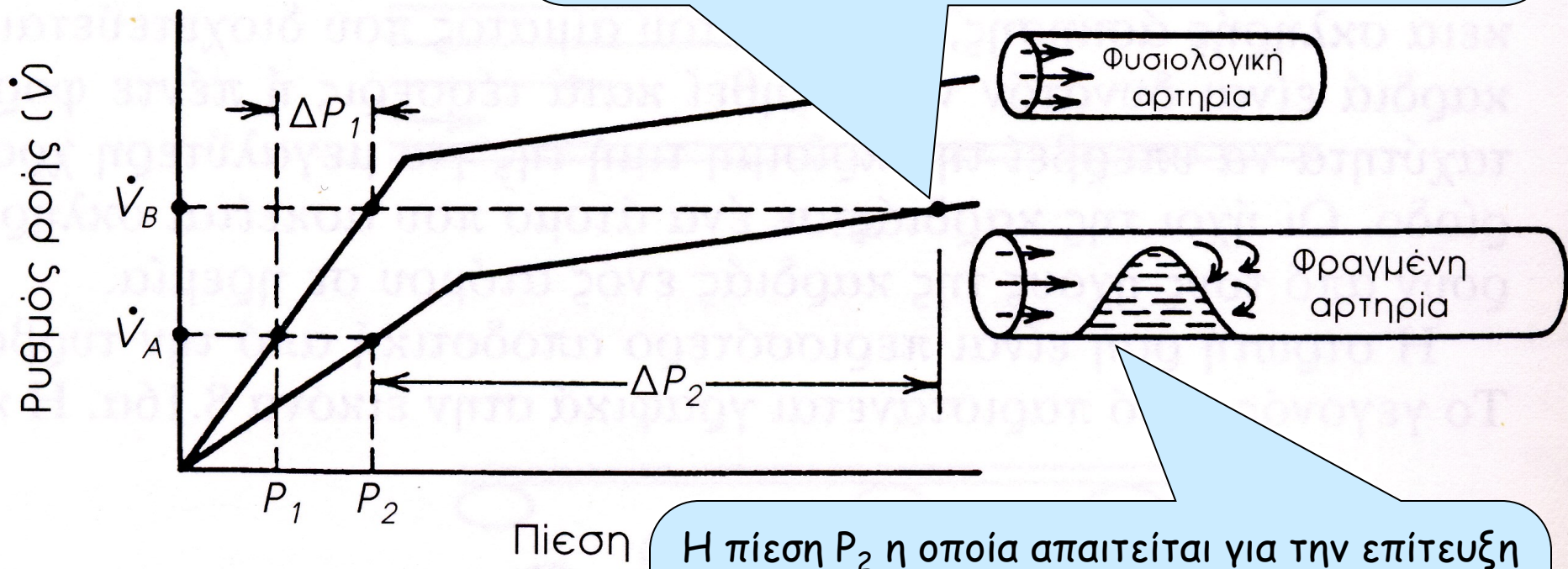
Όταν η ροή σε ένα σωλήνα γίνεται τυρβώδης (σε πίεση P_c) η κλίση της καμπύλης του ρυθμού ροής συναρτήσει της πίεσης μειώνεται.



Σε σύγκριση με την στρωτή ροή απαιτείται μεγαλύτερη αύξηση της πίεσης για την επίτευξη δεδομένης αύξησης στο ρυθμό ροής



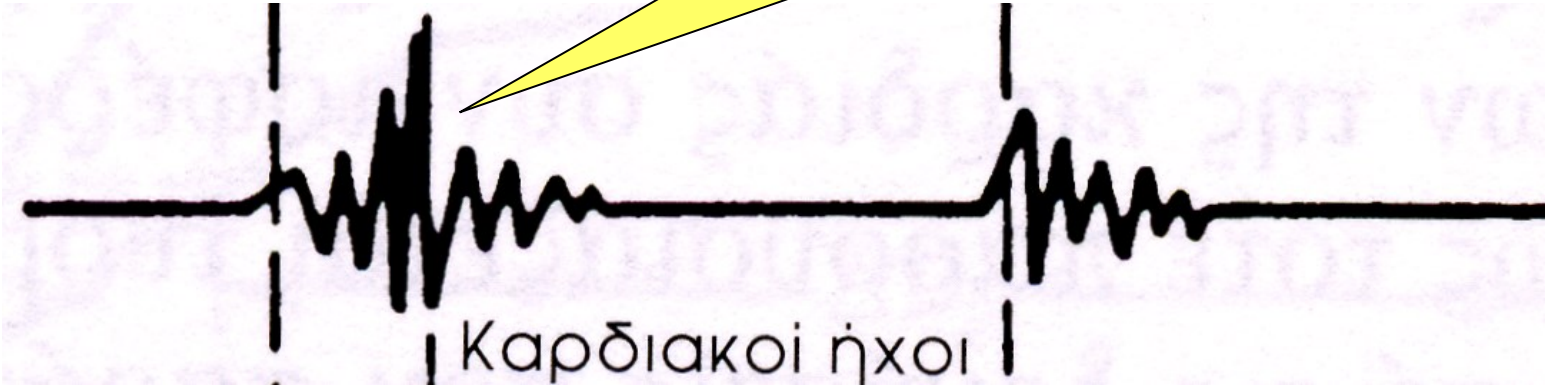
Αν απαιτείται από την καρδιά να αυξήσει τον ρυθμό ροής από V_A σε V_B η τυρβώδης ροή που δημιουργείται στη στενωμένη αρτηρία απαιτεί πολύ μεγαλύτερη αύξηση της πίεσης (ΔP_2 αντί για ΔP_1) άρα μεγαλύτερη προσπάθεια από την καρδιά



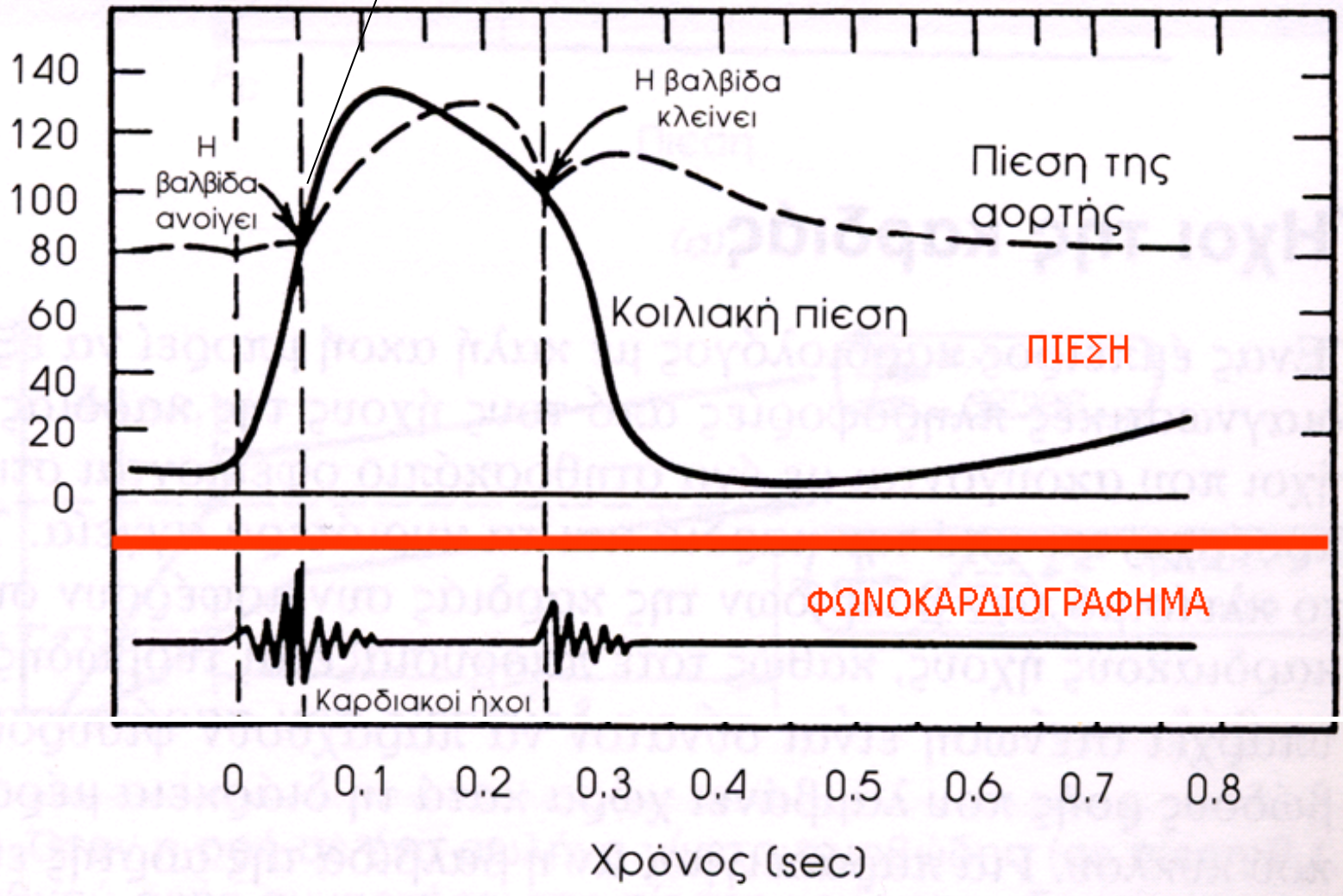
Η πίεση P_2 η οποία απαιτείται για την επίτευξη δεδομένου ρυθμού ροής V_A είναι μεγαλύτερη από την πίεση P_1 που απαιτείται για την επίτευξη του ίδιου ρυθμού ροής σε φυσιολογική αρτηρία.



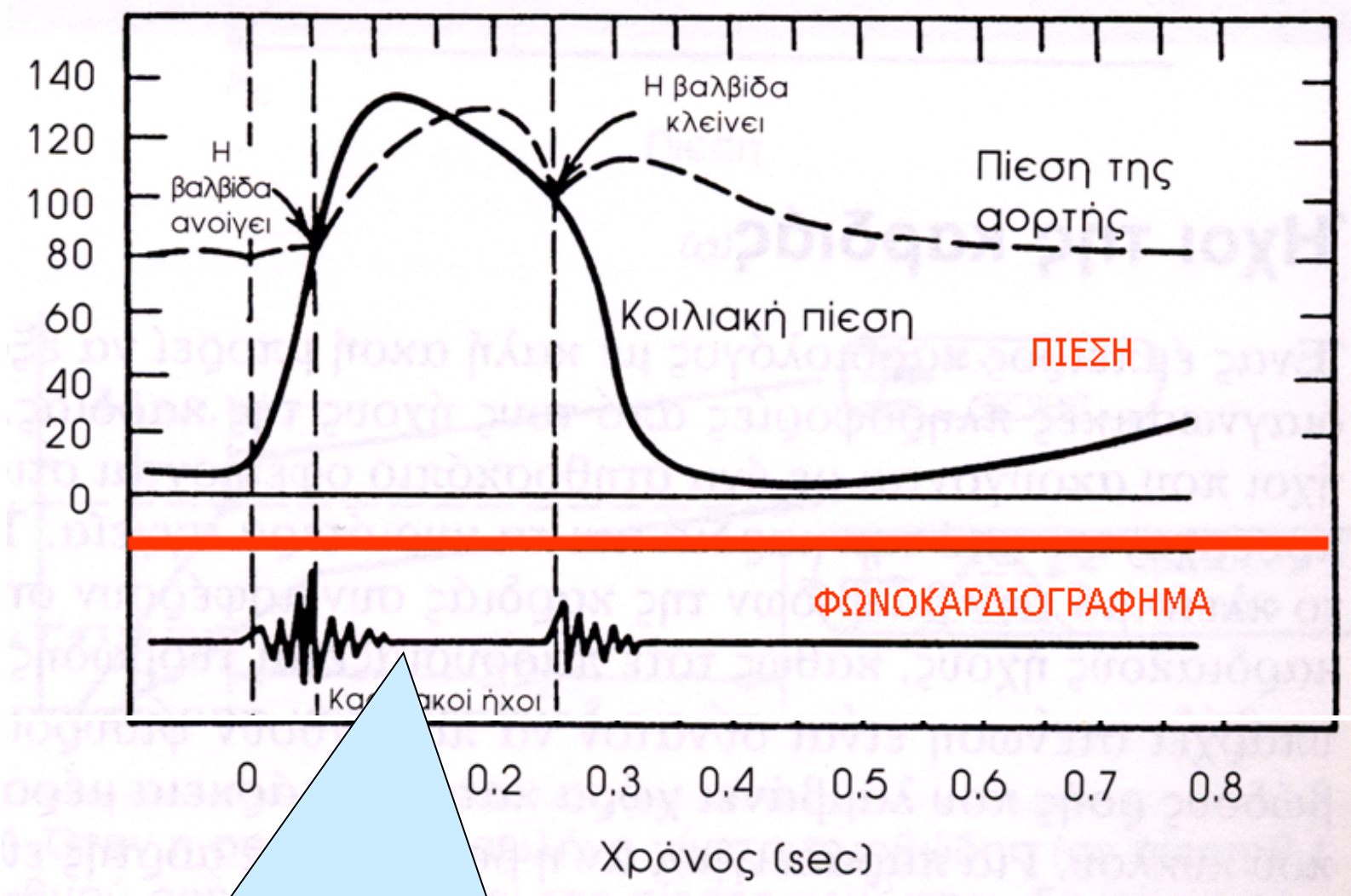
Οι καρδιακοί ήχοι που ακούγονται με ένα στηθοσκόπιο οφείλονται στις δονήσεις που προέρχονται από την καρδιά και τα κυριότερα αγγεία



Το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων της καρδιάς συνεισφέρουν σημαντικά στους καρδιακούς ήχους γιατί τότε εμφανίζεται τυρβώδης ροή

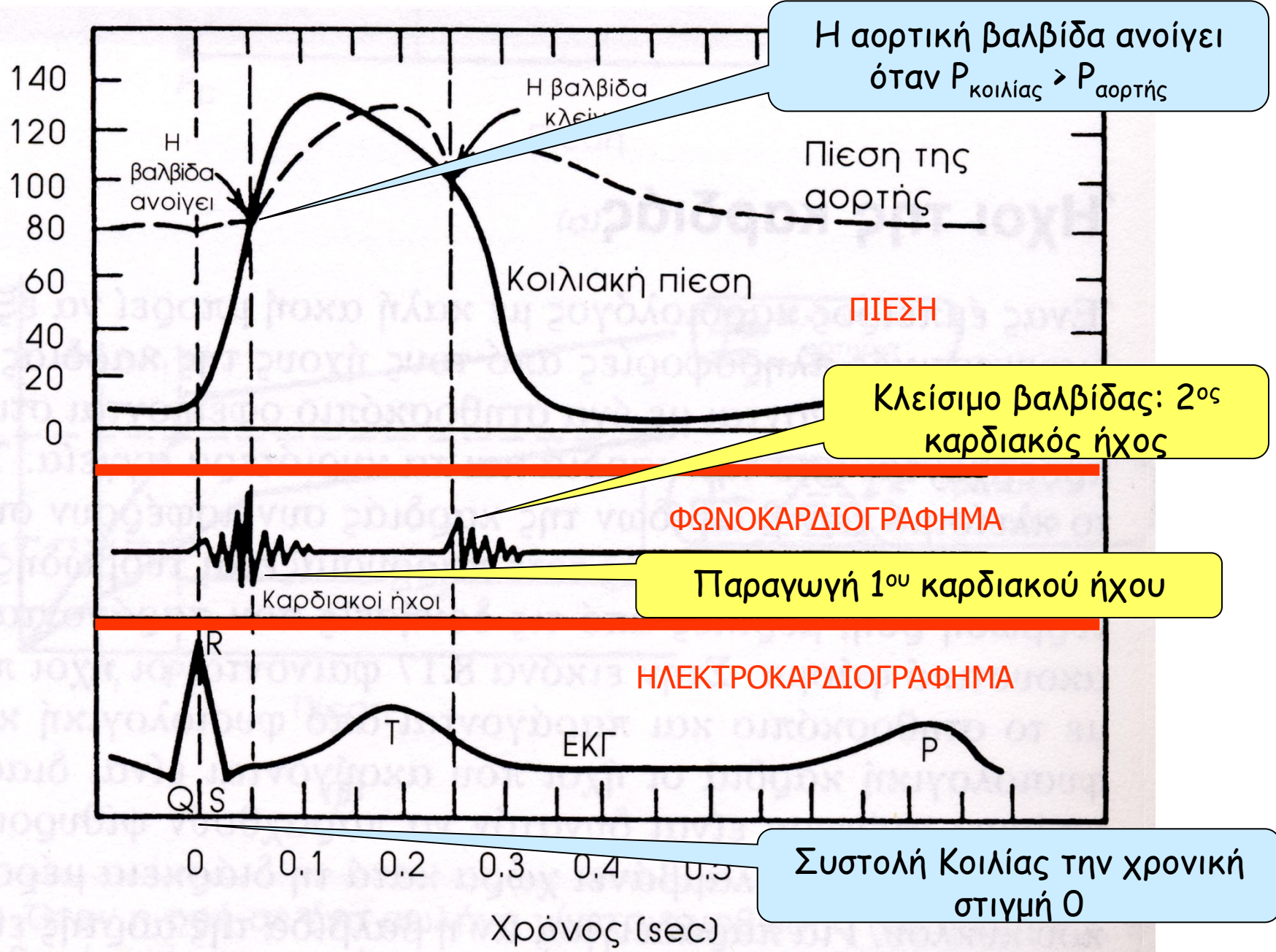


ΣΤΕΝΩΣΗ ΑΟΡΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ



Η στένωση παράγει ψιθύρους (λόγω τυρβώδους ροής) κατά την διάρκεια μέρους του καρδιακού κύκλου(π.χ. Κατά την συστολή σε στένωση της αορτικής βαλβίδας)





Από τι εξαρτάται η ποιότητα και η ποσότητα των καρδιακών ήχων:

- Σχεδιασμό στηθοσκοπίου
- Πίεση στηθοσκοπίου στον θώρακα
- Θέση στηθοσκοπίου
- Προσανατολισμό σώματος
- Φάση αναπνευστικού κύκλου

Παρατηρήσεις:

- Για την ακρόαση διαφόρων καρδιακών ήχων υπάρχουν βέλτιστες θέσεις
- Όταν διέρχεται μέσω του πνεύμονα η ακρόαση των ήχων της καρδιάς δεν είναι ικανοποιητική
- Φυσιολογική καρδιά: ήχοι μεταξύ 20 και 200 Hz (οι ήχοι όμως των 20 Hz πρέπει να έχουν ένταση 10000 φορές την ένταση ενός ήχου 200 Hz για να ακουστούν). Γι' αυτό και οι χαμηλής έντασης ήχοι φυσιολογικής καρδιάς δεν ακούγονται.
- Ηλεκτρονική Ενίσχυση ήχων: άμεση ακρόαση (ηλεκτρονικά ενισχυμένο στηθοσκόπιο) ή καταγραφή (φωνοκαρδιογραφία) παραμορφώνουν το σήμα

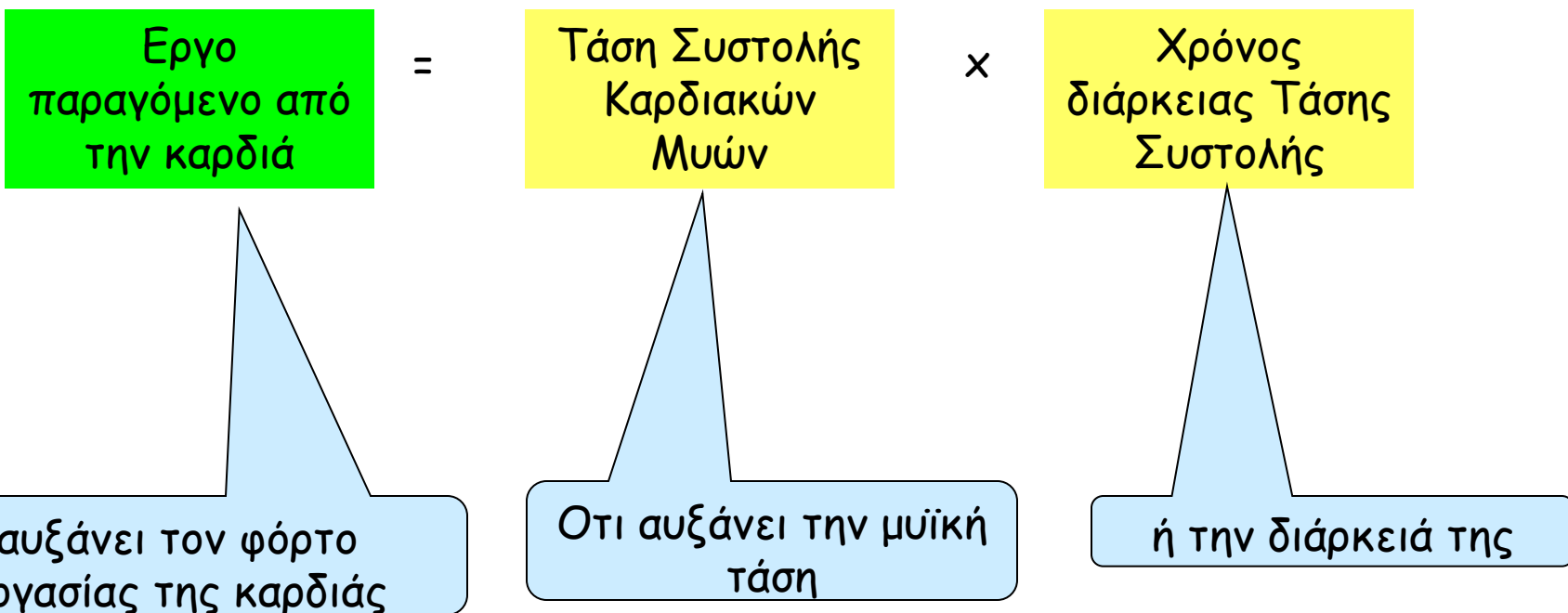


Συχνά οι καρδιακές παθήσεις έχουν μια **φυσική** συνιστώσα:

Πολλές από αυτές τις παθήσεις,

- 1) αυξάνουν τον φόρτο εργασίας της καρδιάς
- 2) Μειώνουν την ικανότητά της να εργάζεται με φυσιολογικό ρυθμό

Γενικά:



Συχνά οι καρδιακές παθήσεις έχουν μια **φυσική** συνιστώσα:

Πολλές από αυτές τις παθήσεις,

- 1) αυξάνουν τον φόρτο εργασίας της καρδιάς
- 2) Μειώνουν την ικανότητά της να εργάζεται με φυσιολογικό ρυθμό

ΥΠΕΡΤΑΣΗ

$$\begin{array}{c} \text{Εργο} \\ \text{παραγόμενο από} \\ \text{την καρδιά} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Τάση Συστολής} \\ \text{Καρδιακών} \\ \text{Μυών} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Χρόνος} \\ \text{διάρκειας Τάσης} \\ \text{Συστολής} \end{array}$$

αυξάνει τον φόρτο
εργασίας της καρδιάς

Υψηλή πίεση του αίματος προκαλεί
αύξηση μυϊκής τάσης (ανάλογα με
την πίεση)

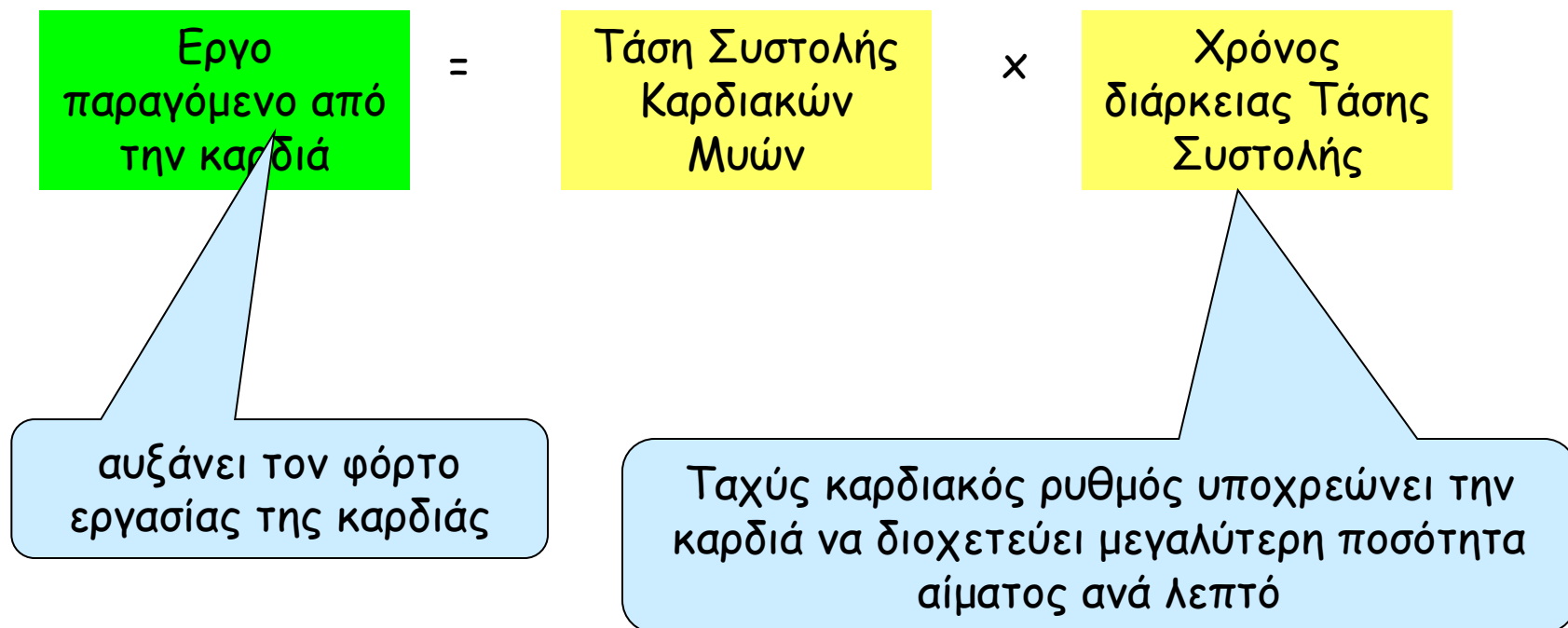


Συχνά οι καρδιακές παθήσεις έχουν μια **φυσική** συνιστώσα:

Πολλές από αυτές τις παθήσεις,

- 1) αυξάνουν τον φόρτο εργασίας της καρδιάς
- 2) Μειώνουν την ικανότητά της να εργάζεται με φυσιολογικό ρυθμό

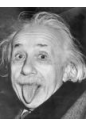
ΤΑΧΥΚΑΡΔΙΑ



ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗ

Προκαλείται λόγω εμφράγματος
μίας ή περισσότερων στεφανιαίων αρτηριών του μυοκαρδίου

- **Εμφραγμα:** Νέκρωση του τμήματος του μυοκαρδίου στο οποίο διακόπτεται η παροχή αίματος
- Τα **ηλεκτρικά σήματα** που ελέγχουν την λειτουργία της καρδιάς δεν επηρεάζονται πάντοτε από την απόφραξη (το ΗΚΓ ενός ατόμου που υπέστη πρόσφατα καρδιακή προσβολή μπορεί να είναι και **φυσιολογικό!**)
- Κατά την διάρκεια ή μετά το έμφραγμα η ικανότητα του μυοκαρδίου να διοχετεύει αίμα στο σώμα **μειώνεται σημαντικά.**
- **Μείωση καρδιακού έργου:** ξεκούραση και παροχή O_2 (με την αύξηση του O_2 στο αίμα, μειώνεται η ανάγκη μεταφοράς μεγάλης ποσότητας από το τελευταίο στο σώμα)
- **Άλλοι τρόποι** να φτάσει το αίμα στο μυοκάρδιο: εναλλακτικές αρτηρίες (παράλληλη κυκλοφορία, αναστομώσεις)



ΣΥΜΦΟΡΗΤΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Χαρακτηρίζεται από υπερτροφία της καρδιάς και μείωση της ικανότητάς της να κυκλοφορεί ικανοποιητικά το αίμα

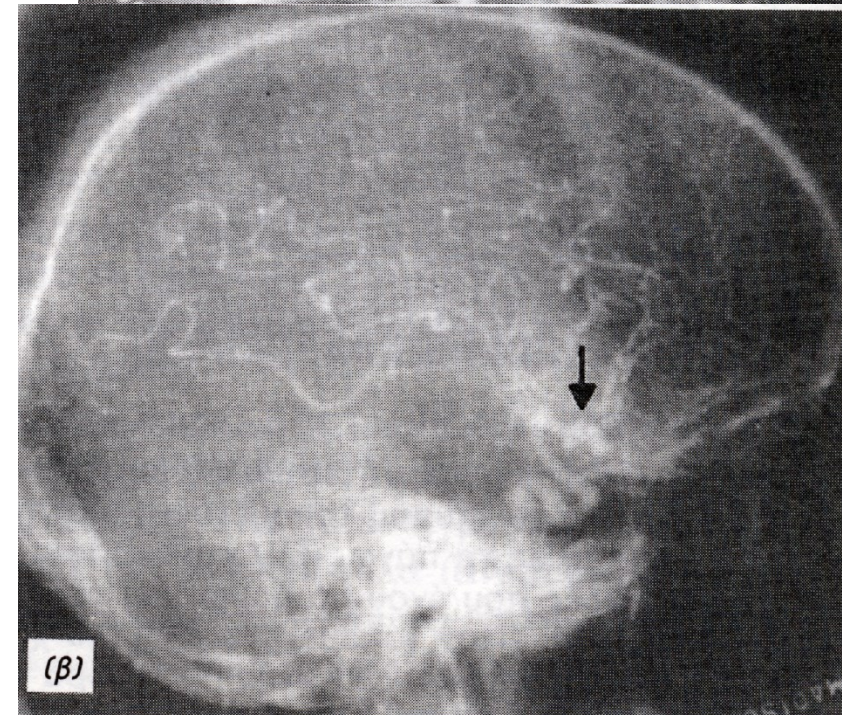
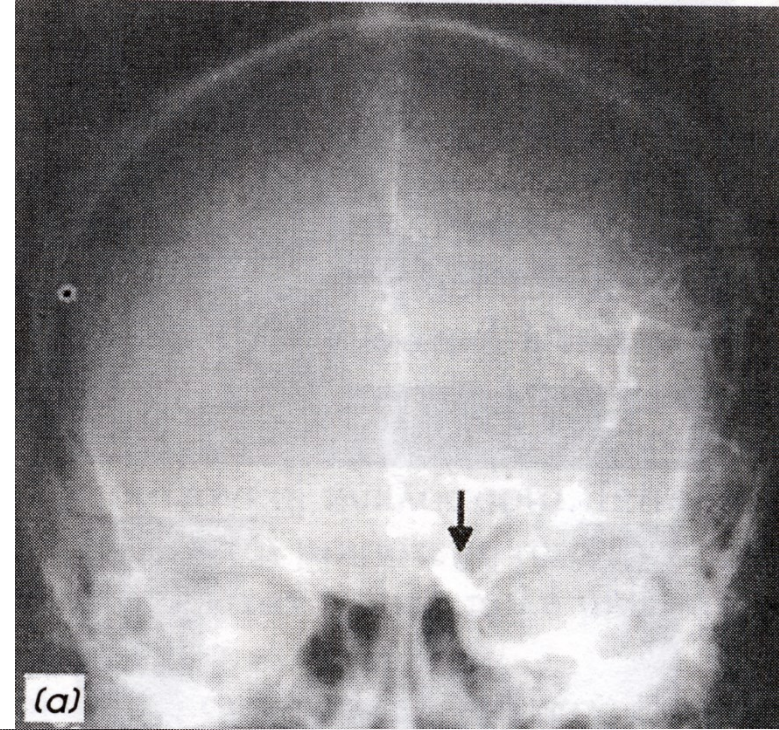
- Νόμος **Laplace** για υπερτροφική καρδιά: αν η ακτίνα της καρδιάς διπλασιαστεί (για να διοχετευθεί η ίδια ποσότητα αίματος) τότε η τάση του μυοκαρδίου πρέπει να διπλασιαστεί.
- Το μυοκάρδιο όμως είναι **διατεταμένο** και δεν είναι ικανό να παράγει ικανοποιητική δύναμη για να διατηρήσει φυσιολογική κυκλοφορία.
- **Απόδοση** διατεταμένου μυοκαρδίου < απόδοση φυσιολογικού (καταναλώνει περισσότερο O_2 για παραγωγή ίδιου έργου)
- **Ιατρική αγωγή**: μείωση καρδιακού έργου (σοβαρές περιπτώσεις: χειρουργική αντικατάσταση καρδιάς)



ΑΝΕΥΡΥΣΜΑ

Αδυναμία του τοιχώματος μίας αρτηρίας η οποία οδηγεί στην αύξηση της διαμέτρου της

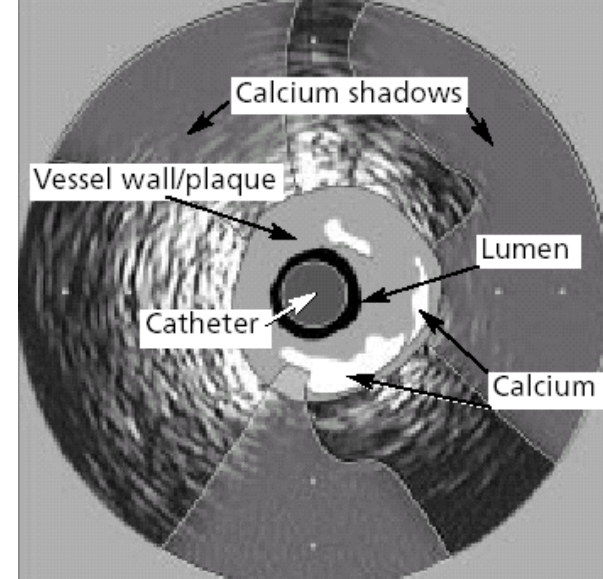
- Η αύξηση της διαμέτρου προκαλεί ανάλογη αύξηση της τάσης στα τοιχώματα.
- Η υποστήριξη των περιβαλλόντων ιστών εμποδίζει το τοίχωμα να σπάσει.
- Ρήξη ανευρύσματος: συχνά προκαλεί τον θάνατο, ιδίως όταν πρόκειται για αγγείο του εγκεφάλου → τύπος αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου



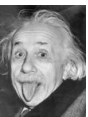
ΑΘΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

Συνηθισμένο πρόβλημα των αγγείων ποικίλων αιτιολογιών

- Εμφανίζονται στα **τοιχώματα** των αρτηριών
- Οι πλάκες μπορεί να προκαλέσουν τυρβώδη ροή και να παράγουν ακουστό **ψίθυρο**
- Η στένωση της αρτηρίας έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση** της ταχύτητας του αίματος σε αυτή την περιοχή με ταυτόχρονη **μείωση** της πίεσης στο τοίχωμα λόγω φαινομένου Bernoulli
- Η πλάκα μπορεί να **αποκολληθεί** και να μεταφερθεί μέσω του αίματος, μέχρι να φράξει μια μικρότερη αρτηρία.
- Η απόφραξη προκαλεί **διακοπή** της της παροχής του αίματος στο προσβεβλημένο τμήμα.
- Αν συμβεί στον εγκέφαλο, προκαλείται **εγκεφαλικό έμφρακτο** (άλλος τύπος αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου: αποπληξία).



Ενδοαγγειακή εικόνα (με υπέρηχους) με υψηλή στένωση, ασβεστοποιημένη, σε στεφανιαία αρτηρία



ΚΙΡΣΟΙ

Διευρυμένες φλέβες στα κάτω άκρα εξ' αιτίας της ανεπάρκειας των μονοκατευθυντηρίων βαλβίδων των φλεβών.

- Ατομο σε ορθοστασία (θεωρούμε την ροή στο κατώτερο άκρο των κάτω άκρων και στα πέλματα): Η **πίεση σε μια φλέβα** είναι ίση περίπου με 12 kPa (90 mm Hg ή 115 cm αίματος) λόγω της στήλης αίματος η οποία ευρίσκεται από πάνω.
- Σε διάφορα σημεία των φλεβών υπάρχουν **βαλβίδες** οι οποίες εμποδίζουν την κίνηση του αίματος κατά την αντίθετη φορά.
- **Φλεβική ή μυϊκή άντληση**: κατά την διάρκεια της βάδισης η συστολή των μυών ωθεί το αίμα των φλεβών προς την καρδιά (η δράση της μυϊκής άντλησης και των βαλβίδων έχει ως αποτέλεσμα πίεση ίση με 3 kPa (20 mm Hg)).
- Αν οι **βαλβίδες δυσλειτουργούν** (επιτρέπουν την ροή προς τα κάτω), το αίμα συσσωρεύεται στην φλέβα και η φλέβα γίνεται κίρσωσης.
- Οι κίρσοι πιθανώς **επιδεινώνονται** εάν υπάρχουν συνθήκες οι οποίες περιορίζουν την επιστροφή του αίματος στην καρδιά. (π.χ. Το πρόσθετο υπογάστριο βάρος κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης).
- **Συνήθης Θεραπεία κίρσων**: χειρουργική αφαίρεση προσβεβλημένων αγγείων.

