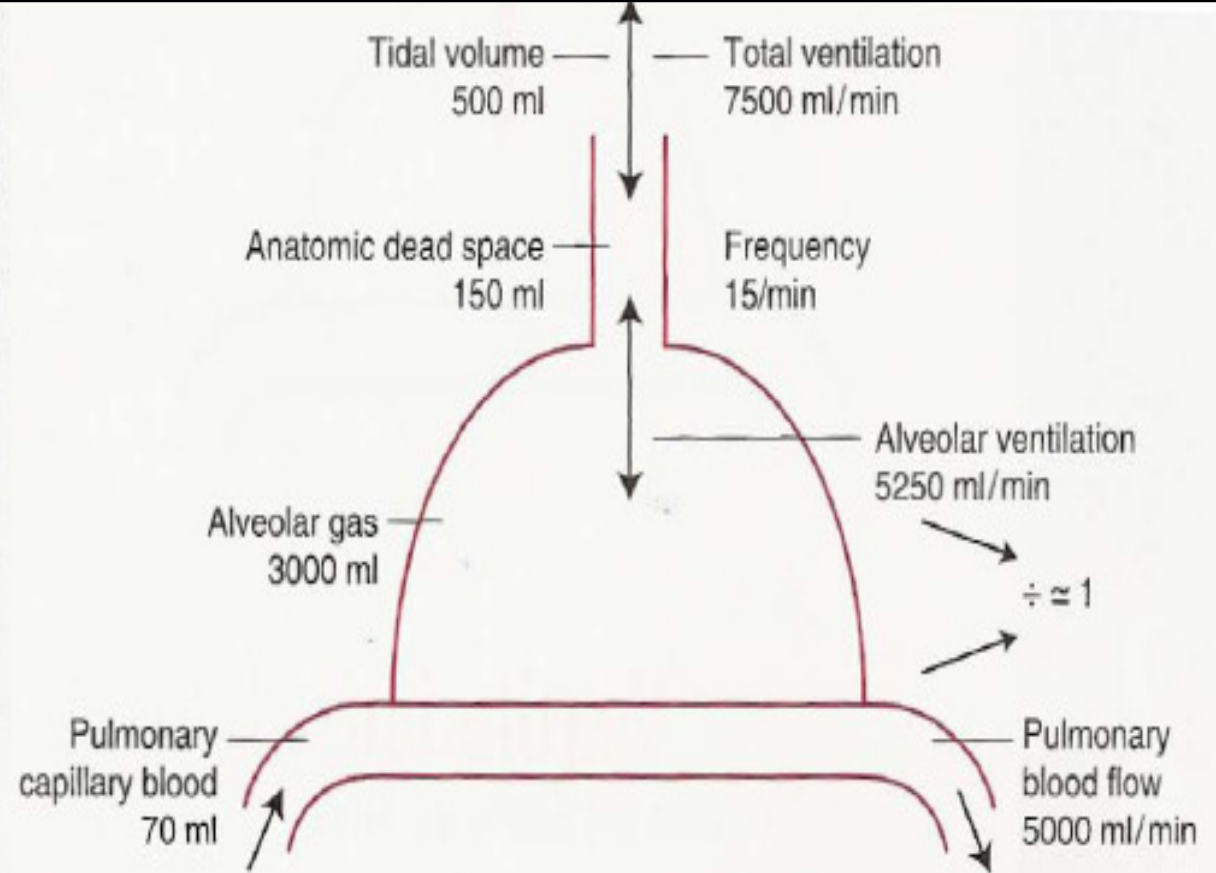
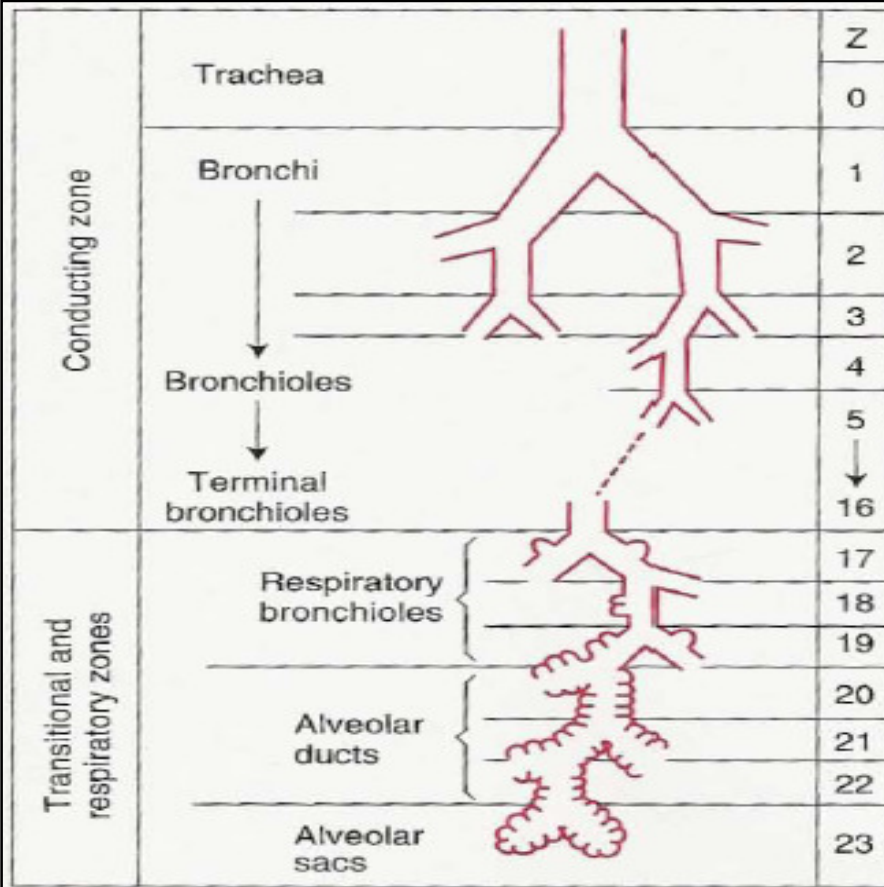


ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ - ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ

Κωνσταντίνα Σωτηρίου
Αναισθησιολόγος, Επιμ. Β'
ΓΝΑ "Ο Ευαγγελισμός"

ΕΑΕ Νοέμβριος 2010

- * Αερισμός - Κατανομή αερισμού
 - * Περιοχικές διαφορές στον αερισμό
 - * Καμπύλη ενδοτικότητας
 - * Αιμάτωση - Κατανομή αιμάτωσης - Αγγειακές πιέσεις κι αντιστάσεις - Πνευμονική αιματική ροή
 - * Περιοχικές διαφορές στην αιμάτωση
 - * Ζώνες *West*
 - * Λόγος V/Q
 - * Διαταραχές V/Q
 - * Συνέπειες στη σύνθεση των αρτηριακών αερίων
 - * Σημεία υπενθύμισης και αφορμές για διάβασμα
-
-



ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ

- Χωρίζονται σε αγωγό και αναπνευστική ζώνη
- Ο όγκος του νεκρού χώρου είναι περίπου 150ml
- Ο όγκος της αναπνευστικής ζώνης είναι περίπου 2.5-3.0 lt

ΑΓΓΕΙΑ

- Δέχονται το σύνολο της ΚΠ της δεξιάς κοιλίας
- Η διάμετρος των τριχοειδών είναι περίπου 10μm
- Το πάχος του φραγμού αίματος-αερίου είναι λιγότερο από 0.3μm
- Το αίμα παραμένει στα τριχοειδή περίπου $\frac{3}{4}$ sec

ΑΕΡΙΣΜΟΣ

- Ο συνολικός αερισμός ισούται με το γινόμενο του αναπνεόμενου όγκου επί την αναπνευστική συχνότητα ($V_T \times RR$)

Για το μέσο ενήλικα σε ηρεμία, ο κατά λεπτό αερισμός είναι περίπου 5 lt/min

- Μέρος του αναπνεόμενου όγκου παραμένει στους αεραγωγούς και εκπνέεται χωρίς να λαμβάνει μέρος στην ανταλλαγή των αερίων. Ο όγκος αυτός καλείται *νεκρός χώρος* (V_D - dead space)
- Ο *κυψελιδικός αερισμός* (V_A - alveolar ventilation) είναι ο όγκος των εισπνεόμενων αερίων που λαμβάνουν μέρος στην ανταλλαγή των αερίων σε 1 min

$$V_A = (V_T - V_D) \times RR$$

- **ΑΝΑΤΟΜΙΚΟΣ ΝΕΚΡΟΣ ΧΩΡΟΣ** = Ο όγκος των αερίων της αγωγού ζώνης
 - **ΚΥΨΕΛΙΔΙΚΟΣ ΝΕΚΡΟΣ ΧΩΡΟΣ** = Ο όγκος των αερίων στις κυψελίδες που δεν αιματώνονται
 - **ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΝΕΚΡΟΣ ΧΩΡΟΣ** = Το άθροισμα των δύο. Σε όρθια θέση, για το μέσο ενήλικα, ο νεκρός χώρος είναι περίπου 150 ml (2ml/kg) και ανατομικός σχεδόν στο σύνολό του
-
-

ΕΞΙΣΩΣΗ ΒΟΗΡ

$$V_D/V_T = (P_aCO_2 - P_{E}CO_2)/P_aCO_2$$

Φ.Τ. 0.2 - 0.35

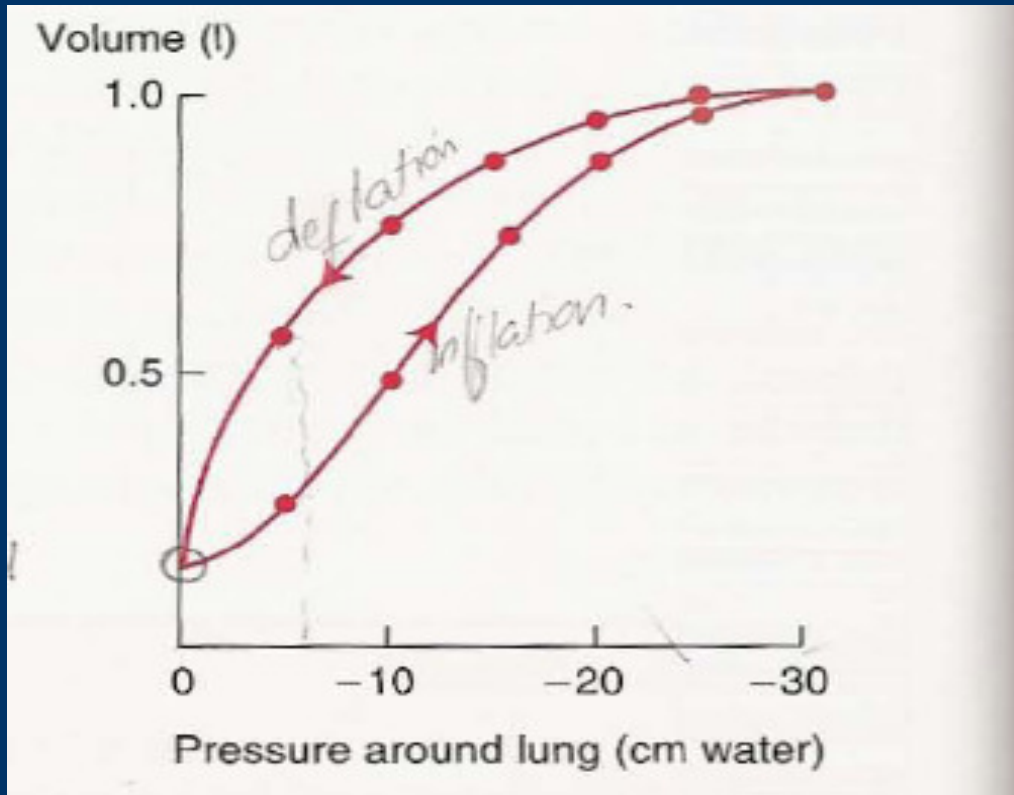
Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ I

- Έχει αποδειχθεί ότι οι βασικές περιοχές του πνεύμονα αερίζονται καλύτερα από τις κορυφαίες
 - Στην ύπτια θέση, αυτή η διαφορά χάνεται αλλά ο αερισμός των κατώτερων τμημάτων (οπισθίων) είναι μεγαλύτερος από των ανώτερων (προσθίων)
 - Στην πλαγία θέση, ο αερισμός του κατώτερου (εξαρτημένου) πνεύμονα είναι μεγαλύτερος από του ανώτερου (μη εξαρτημένου)
-
-

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ II

- Ανεξάρτητα από τη στάση του σώματος, οι κατώτερες περιοχές του πνεύμονα αερίζονται καλύτερα από τις ανώτερες εξαιτίας της ενδοπλευρικής κλίσης πίεσης που δημιουργείται από τη βαρύτητα
 - Η πίεση στον πλευριτικό χώρο μειώνεται (γίνεται λιγότερο αρνητική) κατά $1\text{cmH}_2\text{O}$ περίπου για κάθε 3cm μείωσης του ύψους του πνεύμονα
 - Αυτή η διαφορά τοποθετεί τις κυψελίδες από διαφορετικές περιοχές του πνεύμονα σε διαφορετικά σημεία της καμπύλης πίεσης - όγκου
-
-

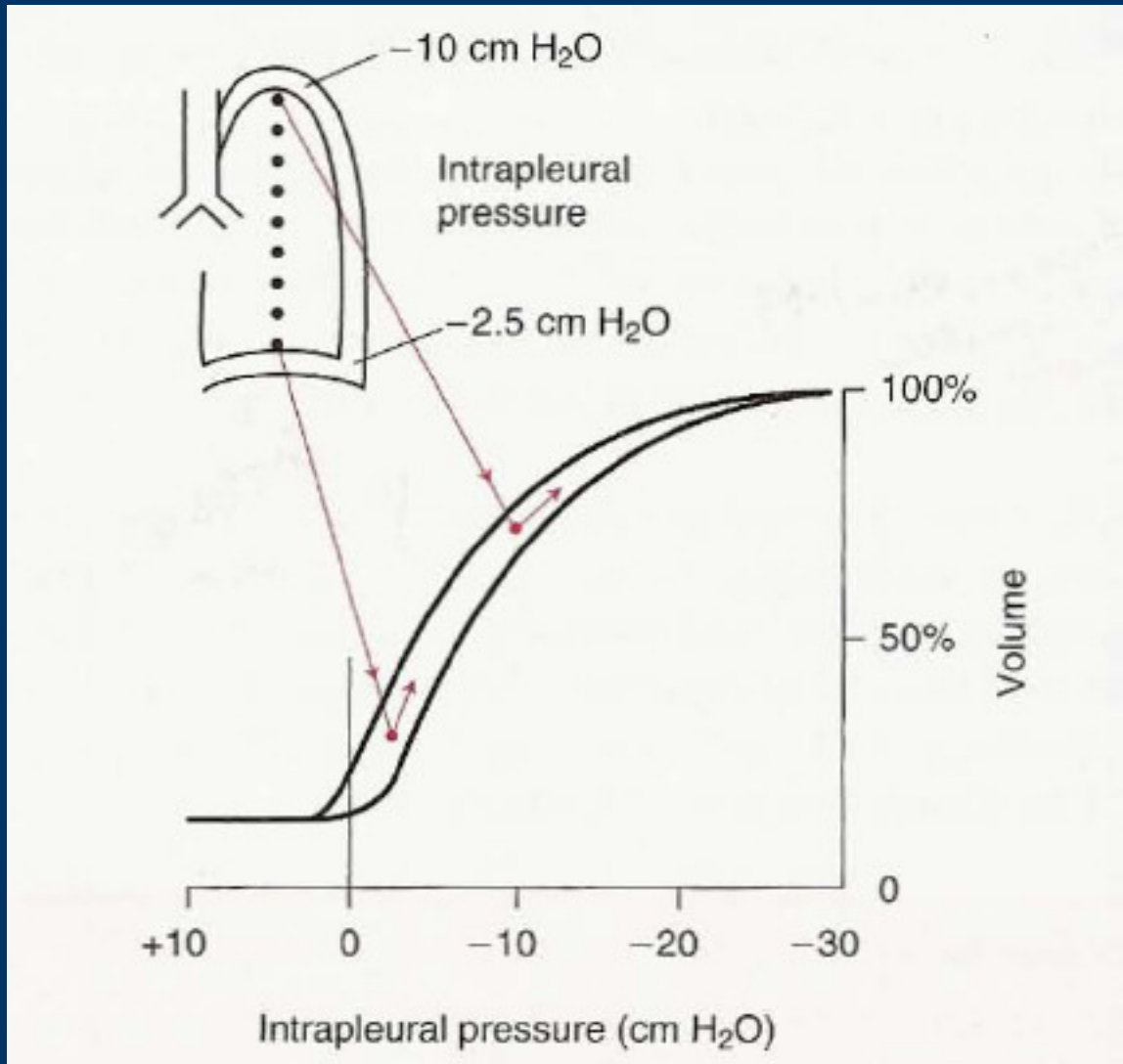
ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ - ΚΑΜΠΥΛΗ ΠΙΕΣΗΣ / ΟΓΚΟΥ



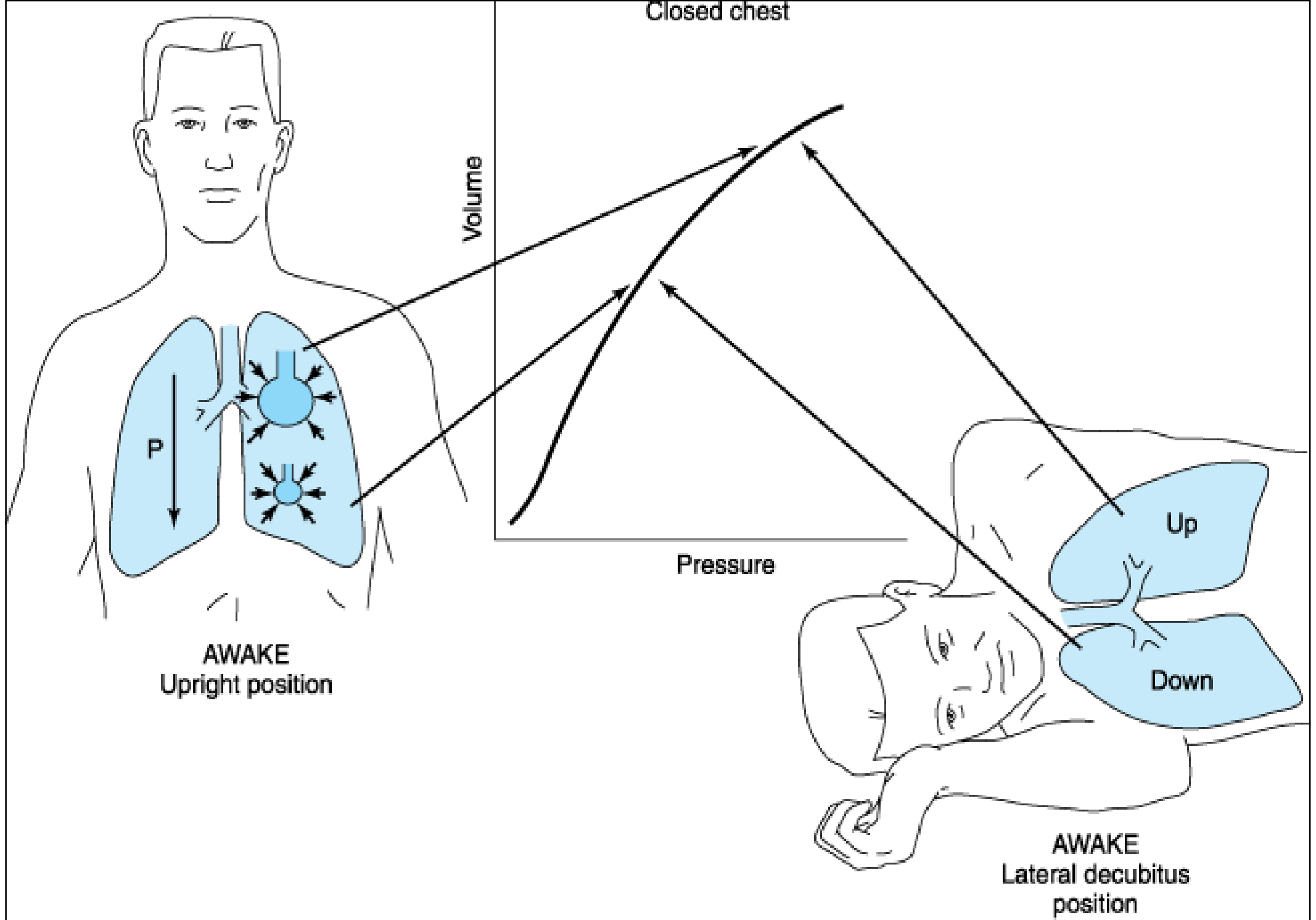
- Μη γραμμική, με τον πνεύμονα να γίνεται λιγότερο ευένδοτος σε υψηλότερους όγκους
- Παρουσιάζει υστέρηση
- Η συμπεριφορά της εξαρτάται τόσο από τις δομικές πρωτεΐνες όσο και από την επιφανειακή τάση

$$\text{COMPLIANCE} = \Delta V / \Delta P$$

ΑΙΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΙΣΜΟ I



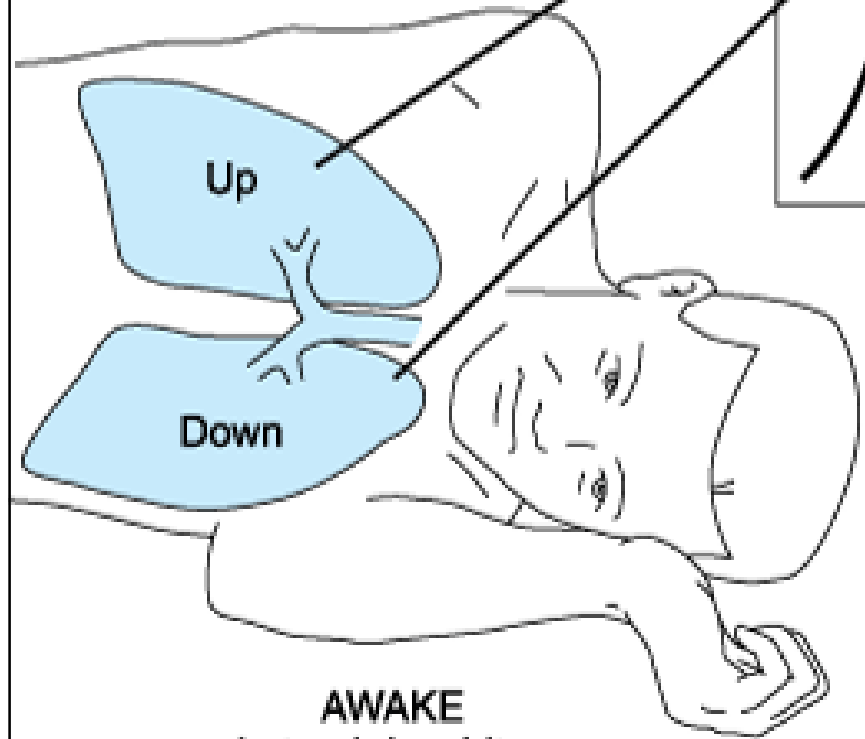
Εξαιτίας του βάρους του πνεύμονα, η ενδοπλεύριος πίεση είναι λιγότερο αρνητική στις βάσεις από ότι στις κορυφές. Συνεπεία αυτού, τα βασικά τμήματα είναι σχετικά συμπιεσμένα στην ηρεμία, αλλά εκτείνονται (φουσκώνουν) περισσότερο στην εισπνοή, σε σχέση με τα κορυφαία



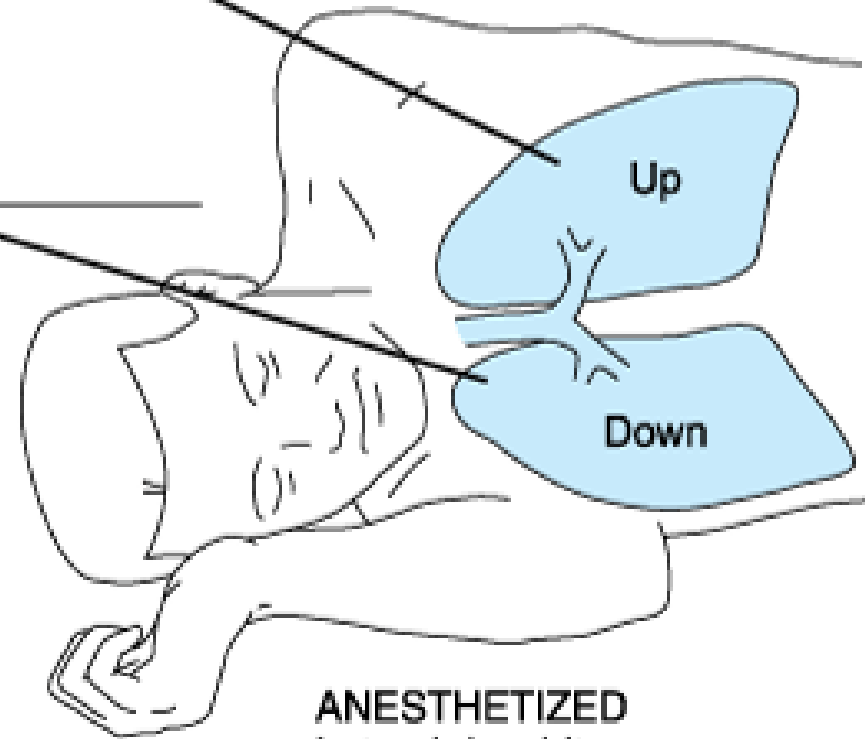
Closed chest

Volume

Pressure



AWAKE
Lateral decubitus
position



ANESTHETIZED
Lateral decubitus
position

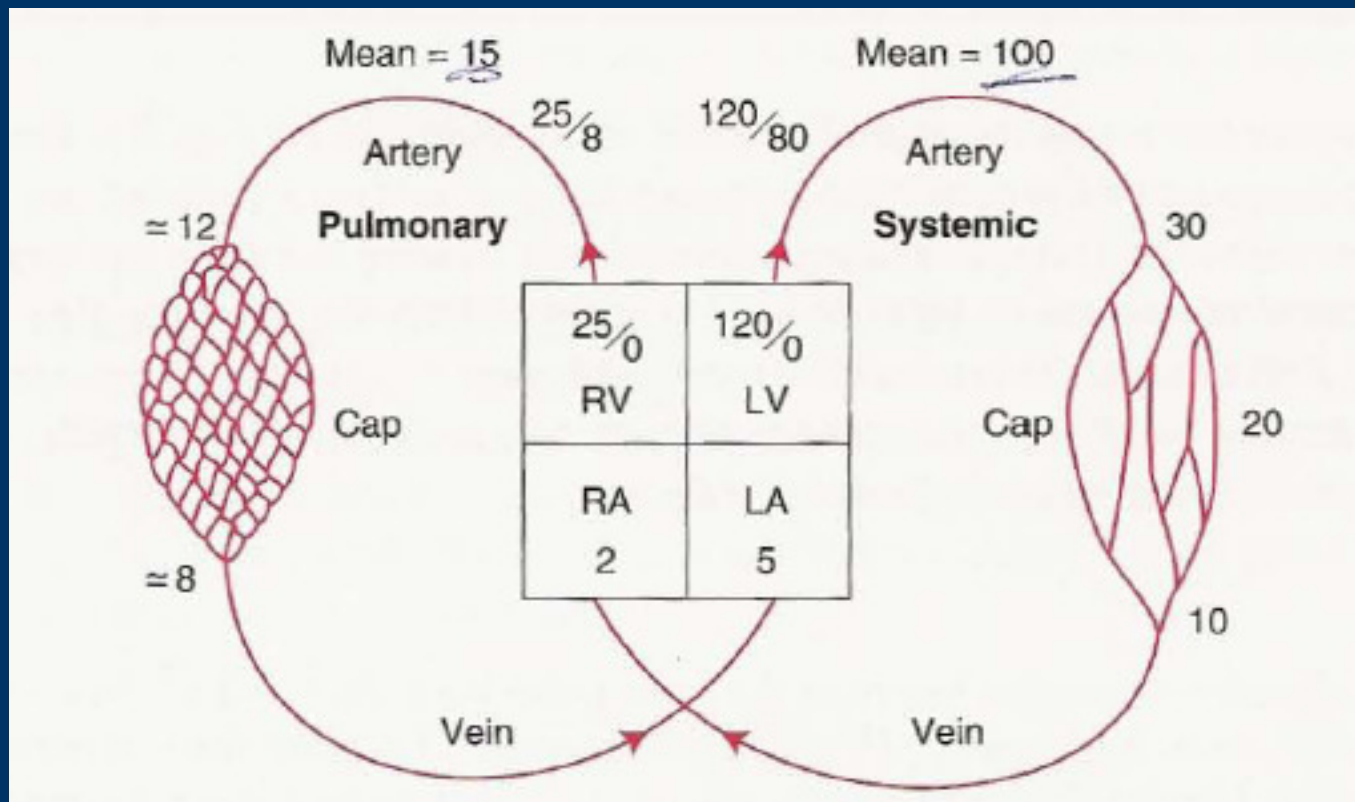
ΑΙΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΙΣΜΟ II

- Η έκπτυξη των κυψελίδων περιγράφεται μαθηματικά με τη *χρονική σταθερά* τ = ολική ενδοτικότητα \times αντίσταση αεραγωγών
 - Περιοχικές διακυμάνσεις στην αντίσταση ή στην ενδοτικότητα όχι μόνο παρεμποδίζουν την κυψελιδική έκπτυξη, αλλά μπορεί να προκαλέσουν και κακό συγχρονισμό κατά την εισπνοή : ορισμένες κυψελίδες συνεχίζουν να φουσκώνουν ενώ άλλες αδειάζουν
 - Επιπλέον, ο χρόνος της εισπνοής περιορίζεται αναγκαστικά από την αναπνευστική συχνότητα και το χρόνο που απαιτείται για την εκπνοή : Οι ρηχές και γρήγορες ανάσες εμποδίζουν τις κυψελίδες να φουσκώσουν στον αναμενόμενο όγκο και αναστρέφουν το φυσιολογικό μοντέλο κατανομής του αερισμού, προς τις ανώτερες (μη εξαρτώμενες) περιοχές του πνεύμονα
-
-

ΑΙΜΑΤΩΣΗ

- Η πνευμονική κυκλοφορία ξεκινά από το στέλεχος της πνευμονικής αρτηρίας, που δέχεται το σύνολο του μικτού φλεβικού αίματος από τη δεξιά κοιλία. Στη συνέχεια , διακλαδίζεται συνοδεύοντας τους αεραγωγούς μέχρι τα τελικά βρογχιόλια
 - Από το σημείο αυτό και μετά , οι κλάδοι της διαχωρίζονται για να σχηματίσουν το τριχοειδικό δίκτυο που περιβάλλει τα τοιχώματα των κυψελίδων
 - Το οξυγονωμένο αίμα συλλέγεται από το τριχοειδικό δίκτυο με τις μικρές πνευμονικές φλέβες, οι οποίες πορεύονται μεταξύ των λοβίων, και οι οποίες τελικά ενώνονται για να σχηματίσουν τις τέσσερις μεγάλες πνευμονικές φλέβες που εκβάλλουν στον αριστερό κόλπο
-
-

ΟΙ ΠΙΕΣΕΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ



- Οι πιέσεις εντός των πνευμονικών τριχοειδών ποικίλλουν σημαντικά στις διάφορες περιοχές του πνεύμονα εξαιτίας των υδροστατικών επιδράσεων

ΟΙ ΠΙΕΣΕΙΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΑ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ ΑΓΓΕΙΑ

- Τα τριχοειδή (ενδοκυψελιδικά) αγγεία παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά από τους μεγάλους αρτηριακούς και φλεβικούς κλάδους (εξω-κυψελιδικά αγγεία)
 - Τα κυψελιδικά αγγεία είναι εκτεθειμένα στις κυψελιδικές πιέσεις και η διάμετρός τους καθορίζεται από τη σχέση μεταξύ κυψελιδικής και ενδαγγειακής πίεσης (*διατοιχωματική*)
 - Τα εξωκυψελιδικά αγγεία υφίστανται πιέσεις μικρότερες της κυψελιδικής, και η διάμετρός τους εξαρτάται κυρίως από τον όγκο του πνεύμονα, αφού αυτός καθορίζει το μέγεθος της έλξης που ασκεί το παρέγχυμα στα τοιχώματά τους
-
-

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΕΣ ΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

- Συνήθως είναι χαμηλές
 - Μειώνονται με την άσκηση εξαιτίας των μηχανισμών της επιστράτευσης και της διάτασης των πνευμονικών τριχοειδών
 - Αυξάνονται σε υψηλούς και χαμηλούς πνευμονικούς όγκους
 - Αυξάνονται επί κυψελιδικής υποξίας, λόγω σύσπασης των μικρών πνευμονικών αρτηριών
-
-

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΑΙΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ

Ο κατά λεπτό όγκος αίματος που διέρχεται από τους πνεύμονες

ΑΡΧΗ FICK

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{Q} (C_{aO_2} - \bar{C}_{vO_2})$$

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}_{O_2}}{C_{aO_2} - \bar{C}_{vO_2}}$$

Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ Ι

- Δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του πνεύμονα
- Στην όρθια θέση, η ροή του αίματος μειώνεται σχεδόν γραμμικά από τη βάση στην κορυφή
- Η κατανομή αυτή επηρεάζεται από τις μεταβολές της θέσης και από την άσκηση

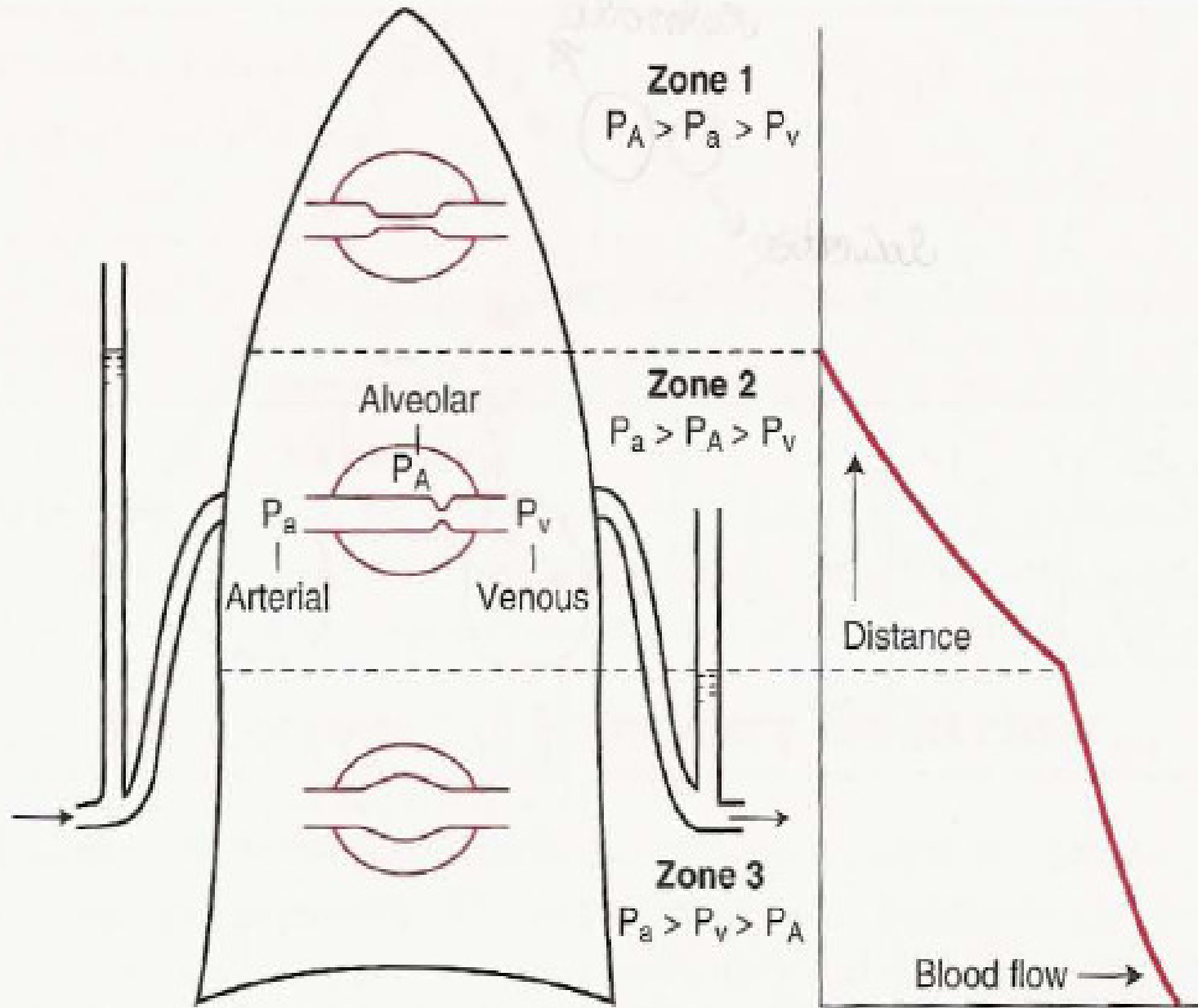


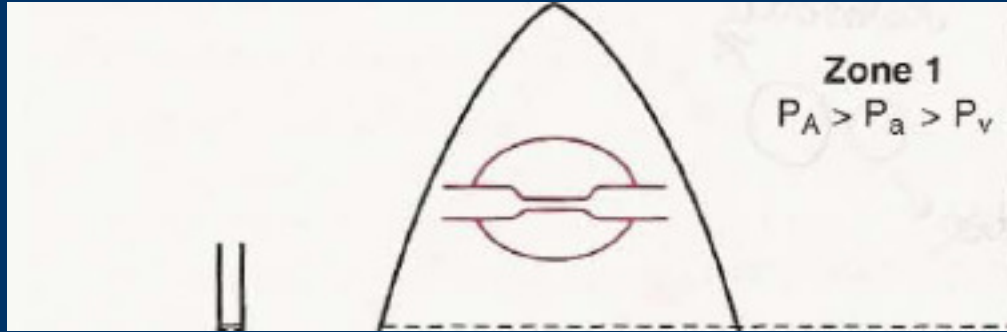
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ II

- Σε ύπτια θέση, η αιματική ροή στις κορυφαίες ζώνες αυξάνει ενώ αυτή στις βάσεις παραμένει σχεδόν σταθερή. ΟΜΩΣ σε αυτή τη θέση, η αιμάτωση των οπίσθιων (κατώτερες) περιοχών είναι μεγαλύτερη από εκείνη των προσθίων (ανώτερες)
 - Με την ήπια άσκηση, η αιματική ροή τόσο στις βάσεις όσο και στις κορυφές αυξάνεται, ομαλοποιώντας τις περιοχικές διαφορές στην αιμάτωση
-
-

Η άνιση κατανομή της αιμάτωσης οφείλεται στη διαφορά της υδροστατικής πίεσης εντός των πνευμονικών αγγείων

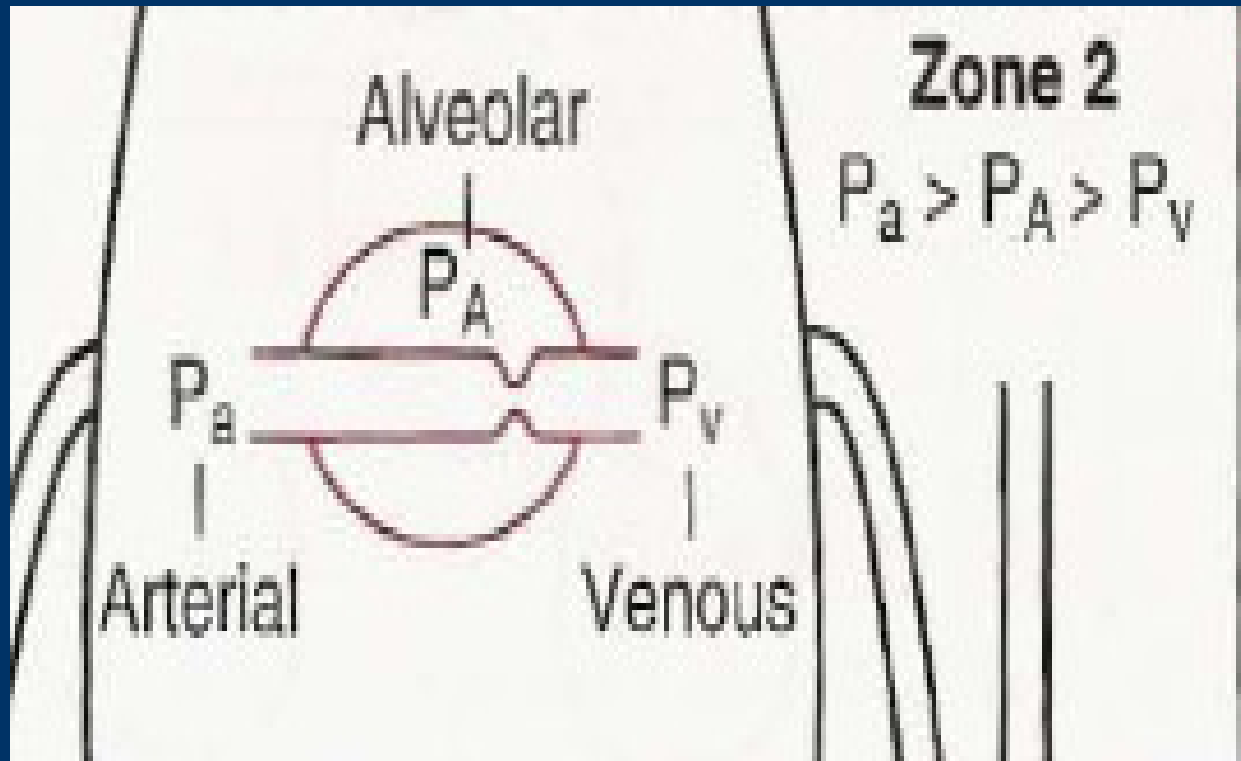
Για τον ανθρώπινο πνεύμονα, αυτή η διαφορά είναι της τάξης των $30\text{cmH}_2\text{O}$ ή 23mmHg και η επίδρασή της στην περιοχική αιμάτωση του περιγράφεται από τις ζώνες *West*





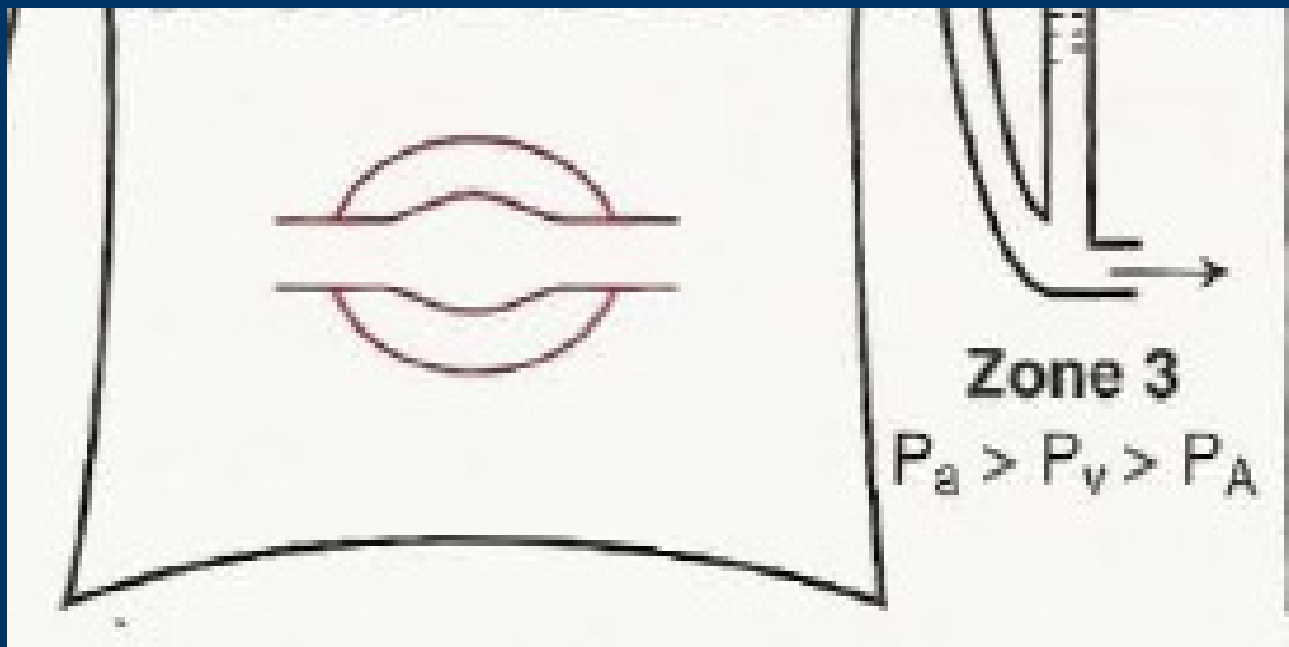
ΖΩΝΗ Ι

- Ενίοτε στην κορυφή, όταν η πίεση της πνευμονικής αρτηρίας γίνει μικρότερη της ενδοκυψελιδικής, οπότε τα τριχοειδή συνθλίβονται και δεν υπάρχει ροή
- Φυσιολογικά δεν υφίσταται, αφού συνήθως η πνευμονική αρτηριακή πίεση αρκεί για να ανυψώσει το αίμα μέχρι τις κορυφές
- Προκύπτει όταν μειώνεται η αρτηριακή πίεση ή όταν αυξάνεται η ενδοκυψελιδική
- Αντιπροσωπεύει τον *κυψελιδικό νεκρό χώρο* (περιοχές που αερίζονται χωρίς να αιματώνονται)



ΖΩΝΗ II

- Η ροή του αίματος καθορίζεται από τη διαφορά ανάμεσα στην αρτηριακή και στην ενδοκυψελιδική πίεση
- Η φλεβική πίεση δεν παίζει ρόλο, εκτός και αν υπερβαίνει την κυψελιδική
- Από πάνω προς τα κάτω, η αρτηριακή πίεση αυξάνει ενώ η κυψελιδική παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα την αύξηση της κλίσης πίεσης που είναι υπεύθυνη για την αιματική ροή
- Σε αυτή τη ζώνη, υπάρχει αυξημένη επιστράτευση τριχοειδών



ΖΩΝΗ ΙΙΙ

- Η ροή καθορίζεται με το συνήθη τρόπο, από την αρτηριο-φλεβική διαφορά πίεσης
- Από πάνω προς τα κάτω, η αιματική ροή αυξάνεται λόγω διάτασης των τριχοειδών
- Από πάνω προς τα κάτω, η ενδαγγειακή πίεση αυξάνεται ενώ η κυψελιδική (εξω-αγγειακή) παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα την αύξηση της διατοιχωματικής

ΖΩΝΗ IV

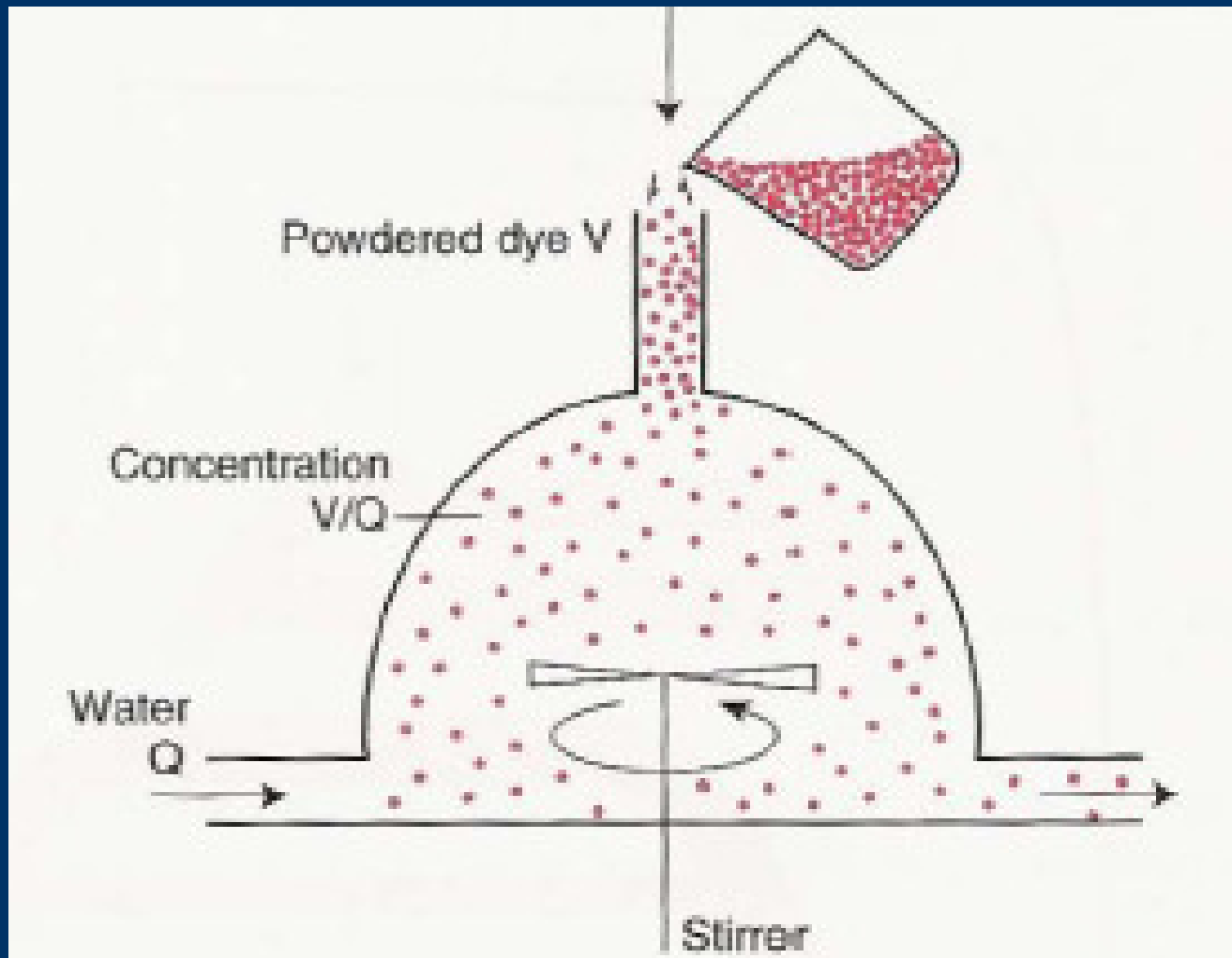
- Σε χαμηλούς πνευμονικούς όγκους, η αντίσταση των εξω-κυψελιδικών αγγείων αποκτά σημασία, και παρατηρείται μείωση της περιοχικής αιμάτωσης, αρχικά στις βάσεις, όπου ο πνεύμονας είναι ελάχιστα εκπτυγμένος
 - Η ύπαρξη αυτής της περιοχής ερμηνεύεται από τη σύνθλιψη των εξω-κυψελιδικών αγγείων, η οποία προκύπτει όταν το περιβάλλον παρέγχυμα δεν είναι επαρκώς εκπτυγμένο
-
-

ΑΛΛΑ ΑΙΤΙΑ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ ΤΗΣ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗΣ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ, περιλαμβάνουν:

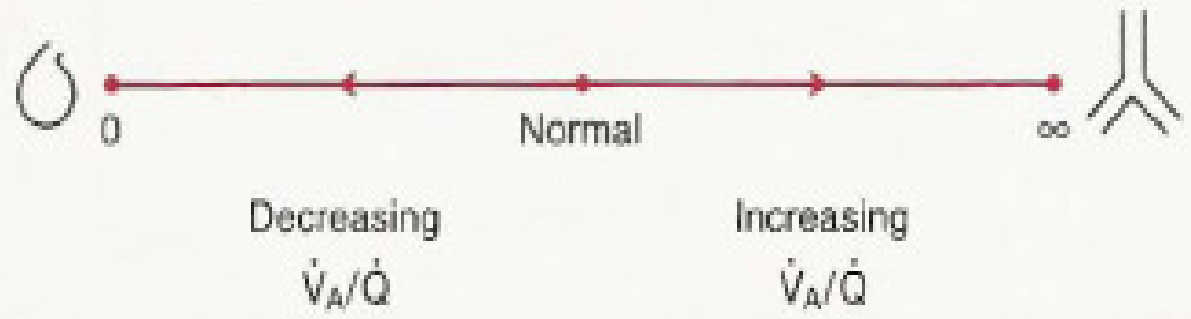
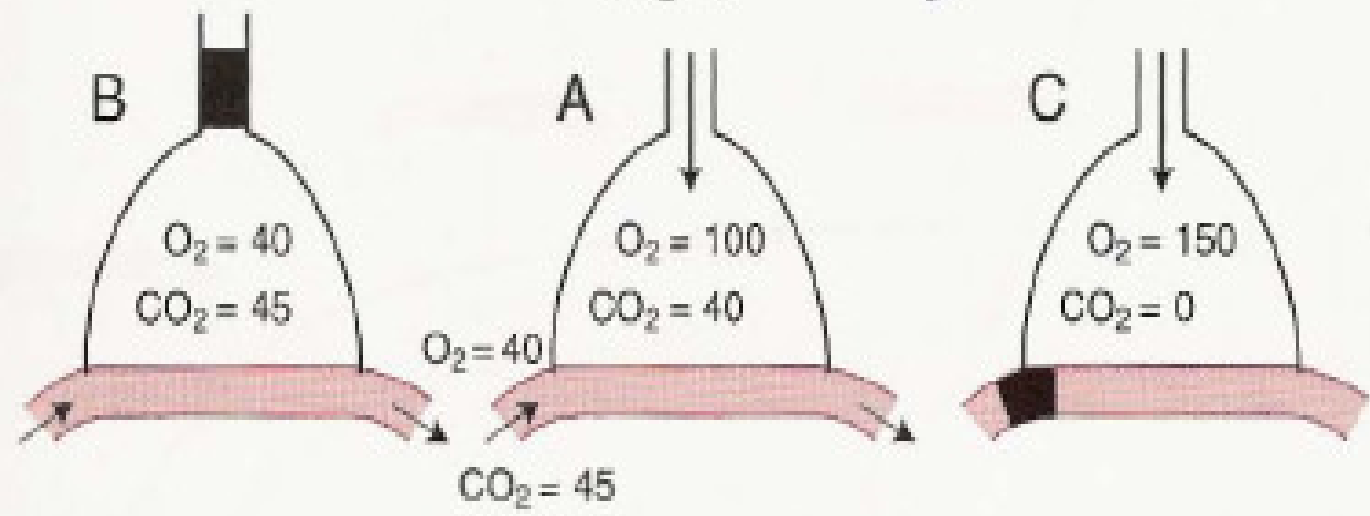
- Πιθανώς ενδογενώς αυξημένες αγγειακές αντιστάσεις σε ορισμένες περιοχές του πνεύμονα
 - Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ροή μειώνεται από τα κεντρικά τμήματα προς την περιφέρεια
 - Η περίπλοκη και συχνά τυχαία διάταξη του πνευμονικού αγγειακού δικτύου είναι εν μέρει υπεύθυνη για την ανομοιομορφία της αιμάτωσης
 - Υποξική πνευμονική αγγειοσύσπαση
-
-

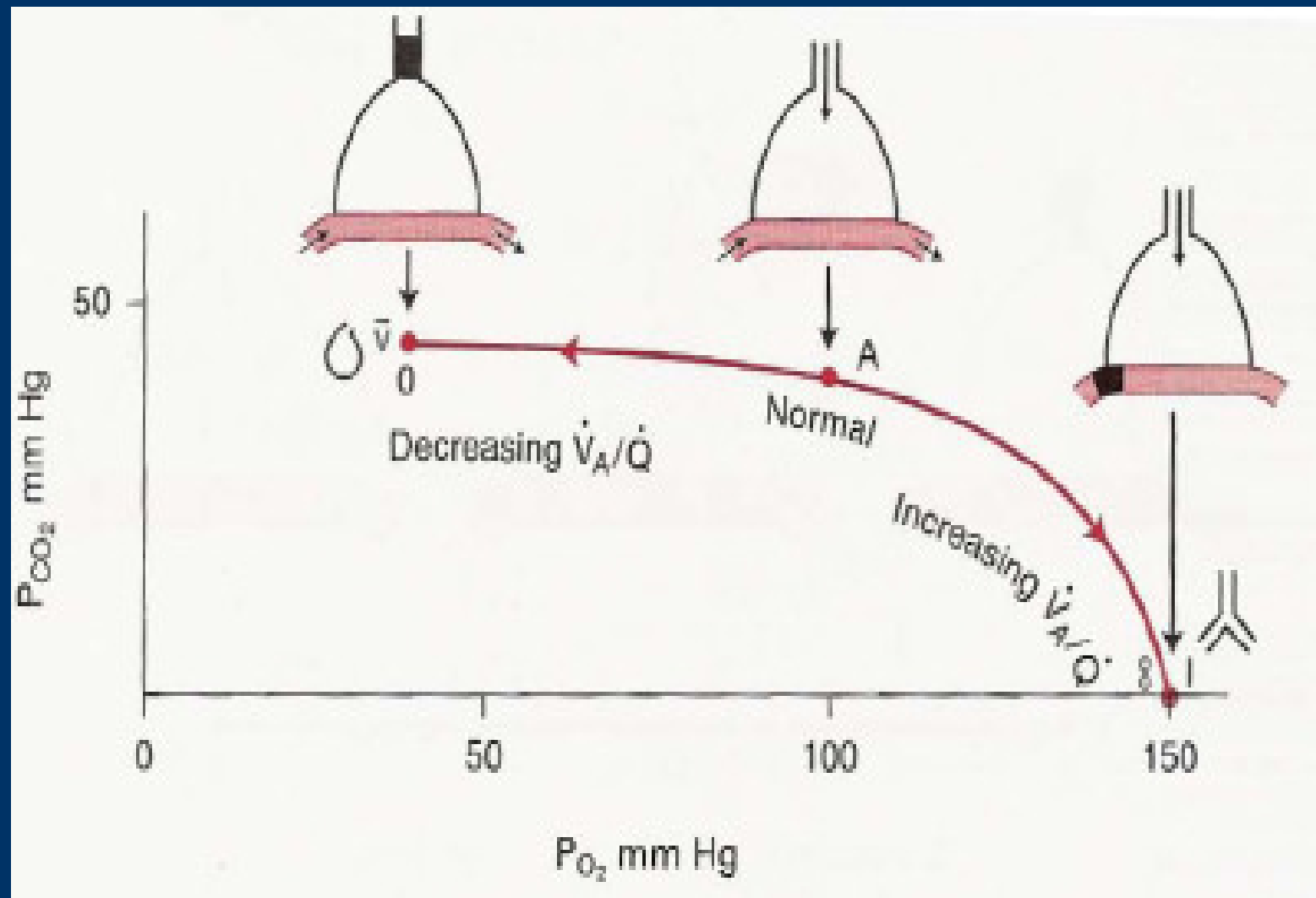
Ο ΛΟΓΟΣ
ΑΕΡΙΣΜΟΥ -
ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ

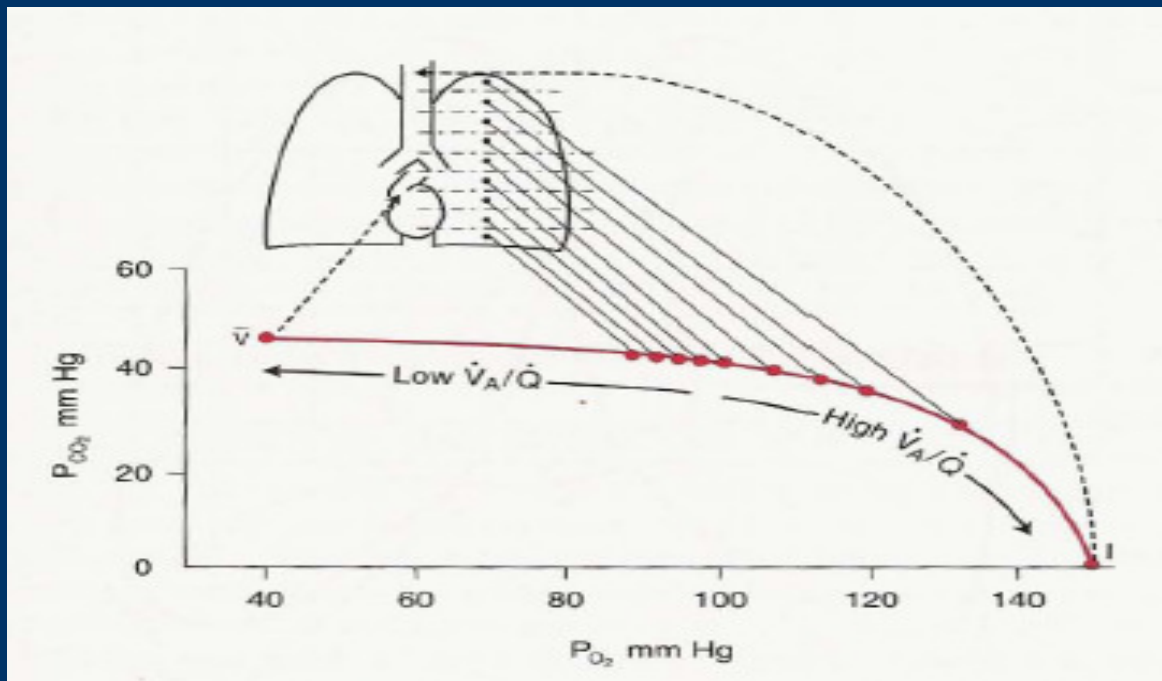
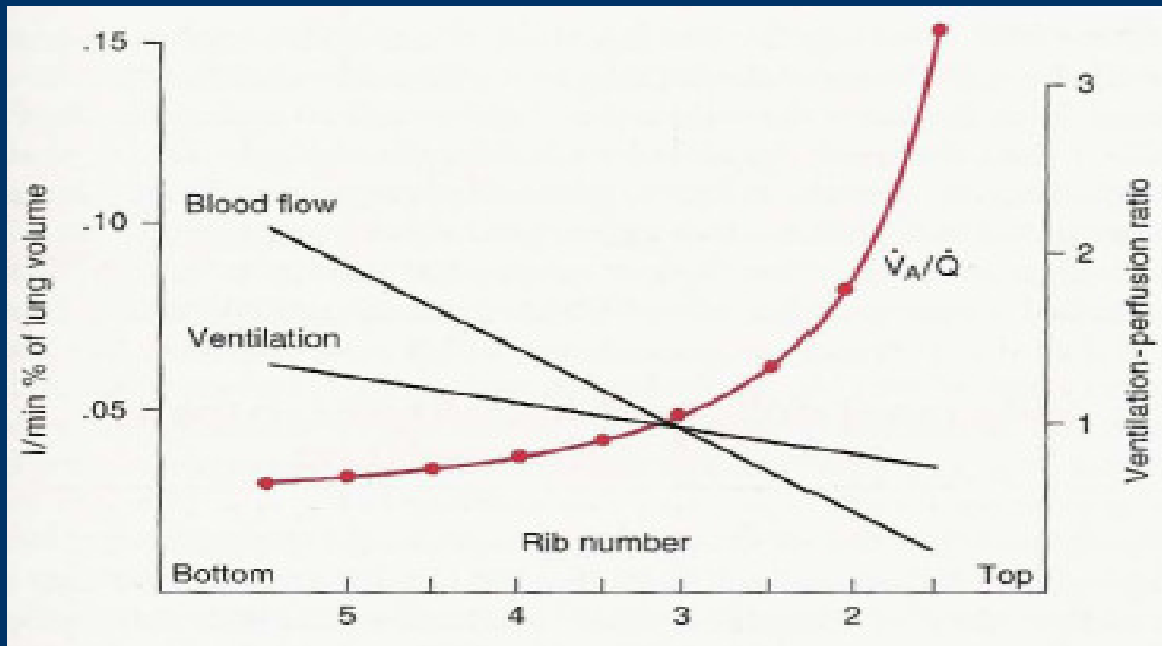




$O_2 = 150 \text{ mm Hg}$ } in Spine
 $CO_2 = 0$



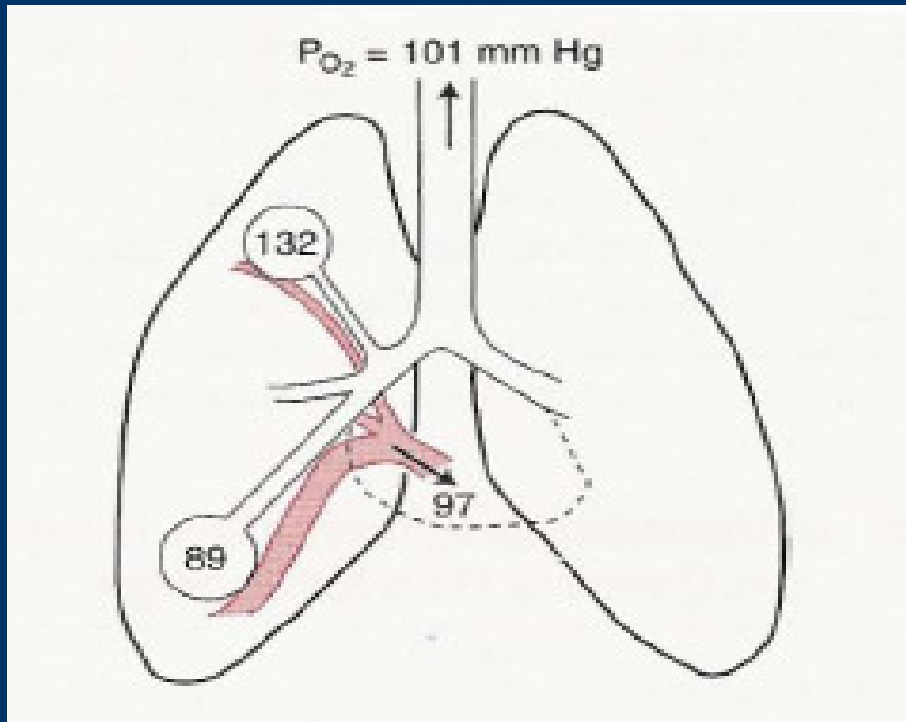




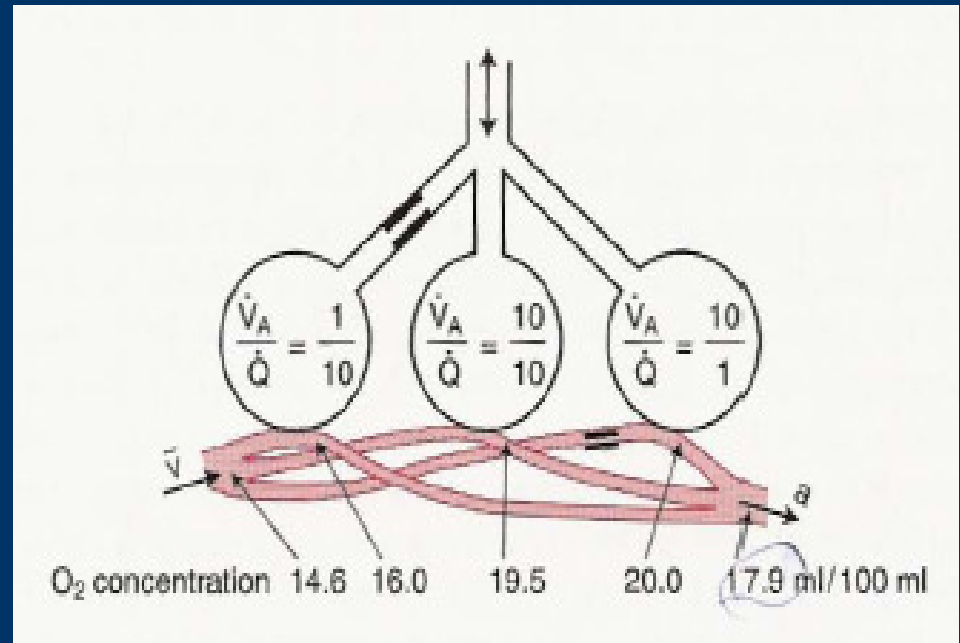
- Οι περιοχικές διαφορές στον αερισμό και στην αιμάτωση σε όλη την έκταση του πνεύμονα αντικατοπτρίζονται στη σύνθεση του τελο-τριχοειδικού αίματος κάθε μονάδας
- ΑΛΛΑ σημασία έχει το αν αυτή η ανισοτιμία αερισμού-αιμάτωσης επηρεάζει τη συνολική ανταλλαγή αερίων στον πνεύμονα, δηλαδή την ικανότητά του να προσλαμβάνει O_2 και να αποβάλλει CO_2

**Ο ΠΝΕΥΜΟΝΑΣ ΜΕ ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΕΡΣΜΟΥ-ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ ΕΧΕΙ
ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΣΤΟ ΝΑ ΟΞΥΓΟΝΩΣΕΙ
ΕΠΑΡΚΩΣ ΤΟ ΑΡΤΗΡΙΑΚΟ ΑΙΜΑ**





ΓΙΑΤΙ;



ΚΑΙ ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ *CO2*;



- Αντίθετα με το O_2 , οι μεταβολές της P_aCO_2 σε πνεύμονες με διαταραχή του λόγου V/Q , δεν είναι τόσο εμφανείς
- Αυτό συμβαίνει γιατί, κάθε φορά που οι χημειοϋποδοχείς ανιχνεύουν αύξηση της PCO_2 , αυξάνουν τη συχνότητα εκφόρτισής τους, και τελικά τον κυψελιδικό αερισμό

Εξαιτίας της γραμμικής μορφής της καμπύλης αποδέσμευσης του CO_2 , αυτή η αύξηση του αερισμού συνήθως είναι αποτελεσματική, με τελική επιστροφή της P_aCO_2 στα φυσιολογικά επίπεδα

★ Ξέρουμε όλοι γιατί αυτό δεν ισχύει για το O_2 ;

ΘΥΜΟΜΑΣΤΕ ΟΤΙ:

- Η βασική λειτουργία του πνεύμονα είναι η ανταλλαγή αερίων, δηλαδή η προσληψη O_2 και η απομάκρυνση CO_2
 - Για να είναι αυτή η διαδικασία αποτελεσματική, σημασία δεν έχει μόνο ο τρόπος που οι διάφορες περιοχές αερίζονται ή αιματώνονται, αλλά το πώς αυτές οι λειτουργίες συνδυάζονται μεταξύ τους
-
-

- **ΑΠΟ ΚΑΤΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΑΝΩ**, στον πνεύμονα, τόσο ο αερισμός όσο και η αιμάτωση μειώνονται, αλλά η αιμάτωση πιο πολύ από τον αερισμό
- Οι βασικές κυψελίδες παρόλο που αερίζονται καλύτερα από τις κορυφαίες έχουν χαμηλότερη PO_2 από αυτές, εξαιτίας του χαμηλού λόγου V/Q (μεγαλύτερη αιμάτωση)



- Η διαταραχή του λόγου V/Q επηρεάζει την πρόσληψη ή την εξουδετέρωση όλων των αερίων από τον πνεύμονα
- Η εξουδετέρωση του CO_2 μπορεί να διορθωθεί με αύξηση του αερισμού, κάτι που δεν ισχύει για την πρόσληψη του O_2
- Η διαφορετική συμπεριφορά των δύο αερίων οφείλεται στη διαφορετική μορφολογία των καμπυλών αποδέσμευσής τους

*ΑΡΑ ΝΑ ΘΥΜΗΘΟΥΜΕ ΝΑ
ΞΕΚΙΝΗΣΟΥΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΜΠΥΛΗ
ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΤΗΣ
ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΝΗΣ !!!!!!!*



*Ευχαριστώ για την
υπομονή σας.....*

