

# Αναπνευστική Ανεπάρκεια

Δημήτριος Τουμπάνακης MD, PhD

Πνευμονολόγος – Φυματιολόγος

Εξειδικευόμενος Ιατρός

ΜΕΘ ΓΝΑ Γ.Γεννηματάς

# Αναπνευστική Ανεπάρκεια

$\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$

ή

$\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mm Hg}$

(εργαστηριακή διάγνωση !!)

# Αναπνευστική Ανεπάρκεια

**ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ  
ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ**

**Διαταραχή  
ανταλλαγής αερίων**



**Υποξυγοναιμία**

**ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΑΝΤΛΙΑΣ**

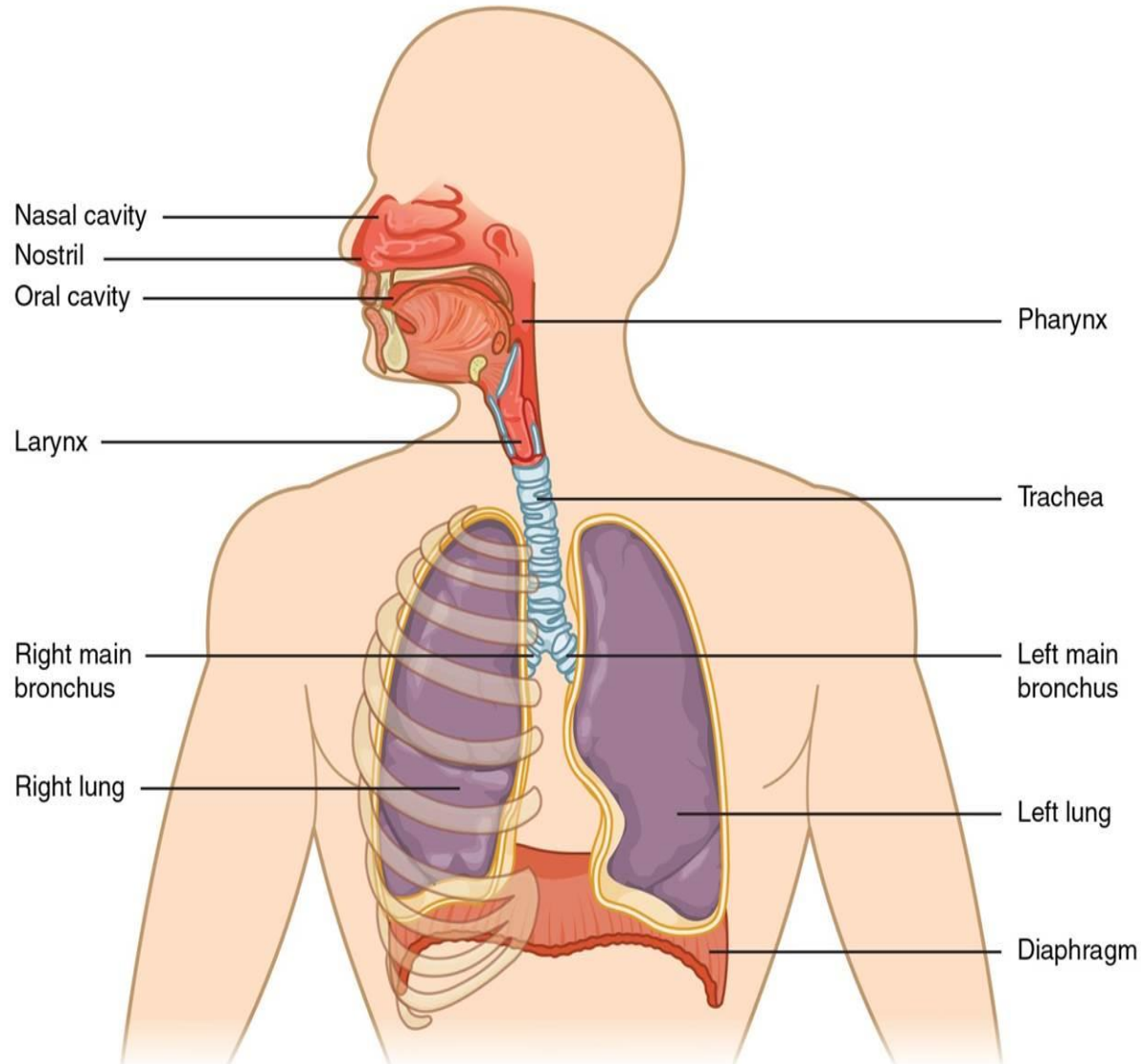
**Μείωση κυψελιδικού  
αερισμού**



**Υπερκαπνία**

# Η ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Από την ατμόσφαιρα στα μιτοχόνδρια

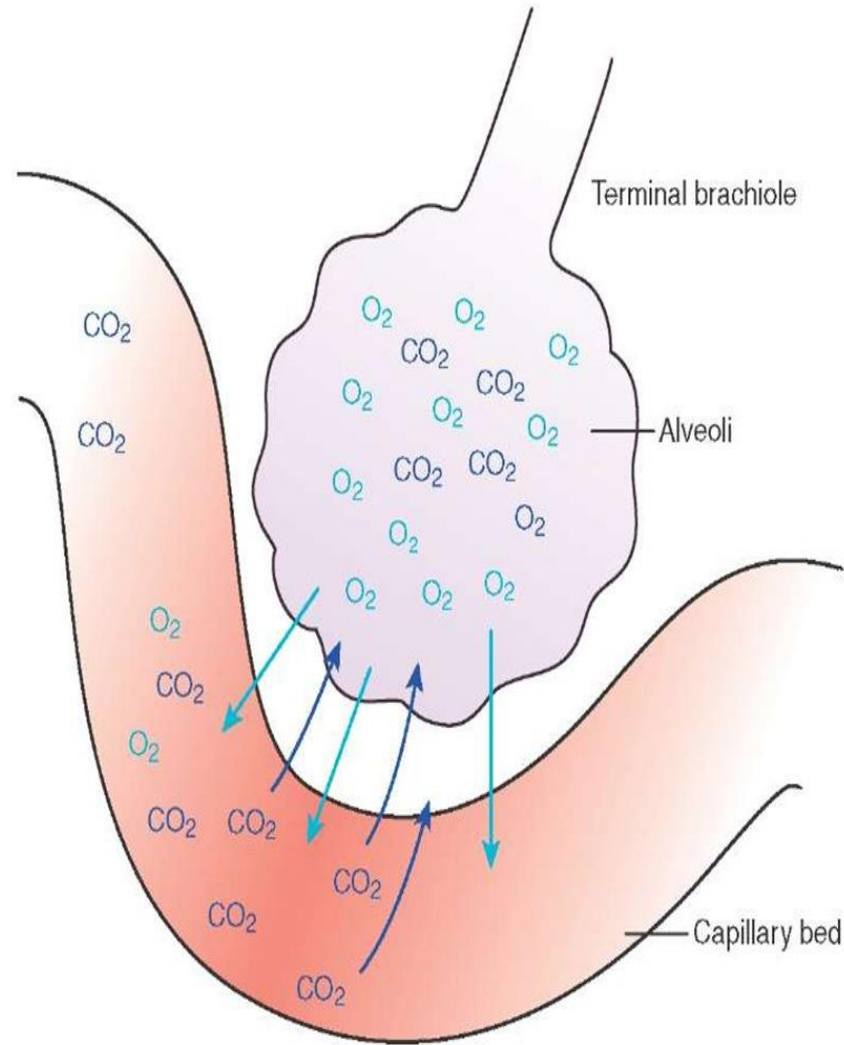


# Υγραποίηση του εισπνεόμενου αέρα

The diagram shows a flask representing an alveolus. An arrow points from the text 'Inspired air' to the flask, which is labeled 'Alveolar air'. The flask is divided into five horizontal sections, each corresponding to a row in the table below. The table compares the partial pressures of various gases in inspired air versus alveolar air.

	Inspired air	Alveolar air
H <sub>2</sub> O	Variable	47 mmHg
CO <sub>2</sub>	0.3 mmHg	40 mmHg
O <sub>2</sub>	159 mmHg	105 mmHg
N <sub>2</sub>	601 mmHg	568 mmHg
Total pressure	760 mmHg	760 mmHg

# Διάχυση $O_2$ από τις κυψελίδες στα κυψελιδικά τριχοειδή



# ΥΠΟΞΑΙΜΙΚΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

-ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

-ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ – ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ

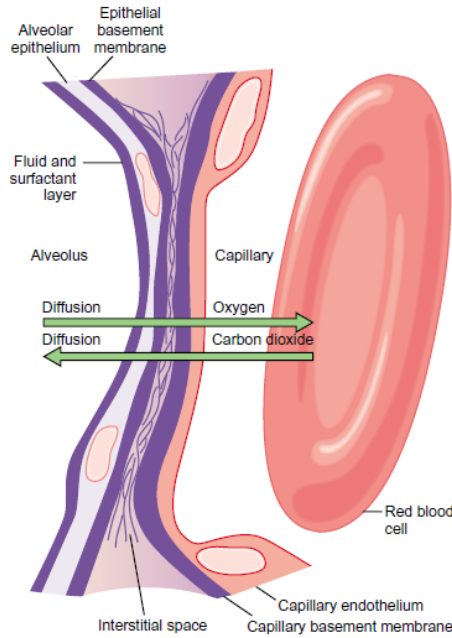
(V/Q mismatch)

-ΔΙΑΦΥΓΗ ΑΙΜΑΤΟΣ (shunt)

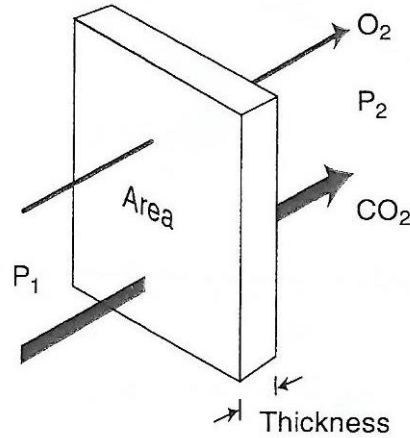
- ΥΠΟΑΕΡΙΣΜΟΣ

- ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΟΝ ΕΙΣΠΝΕΟΜΕΝΟ ΑΕΡΑ

# ΔΙΑΧΥΣΗ

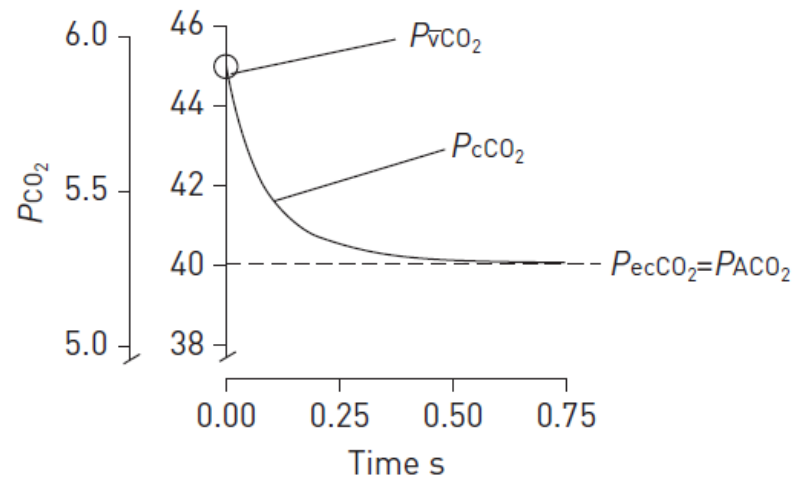
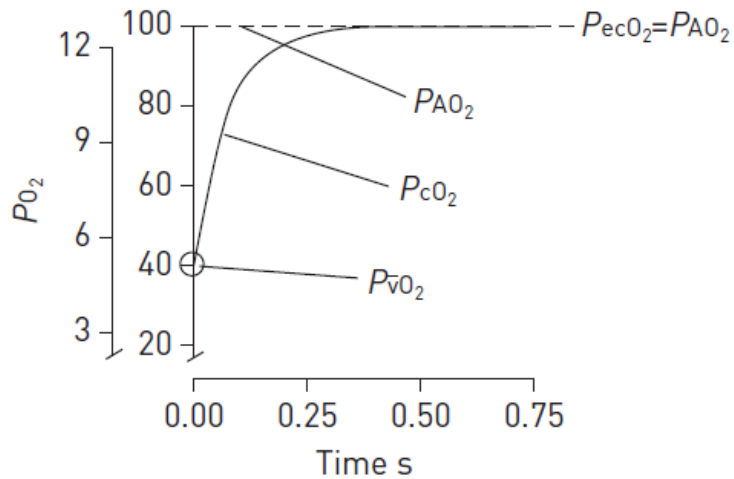


Fick's law

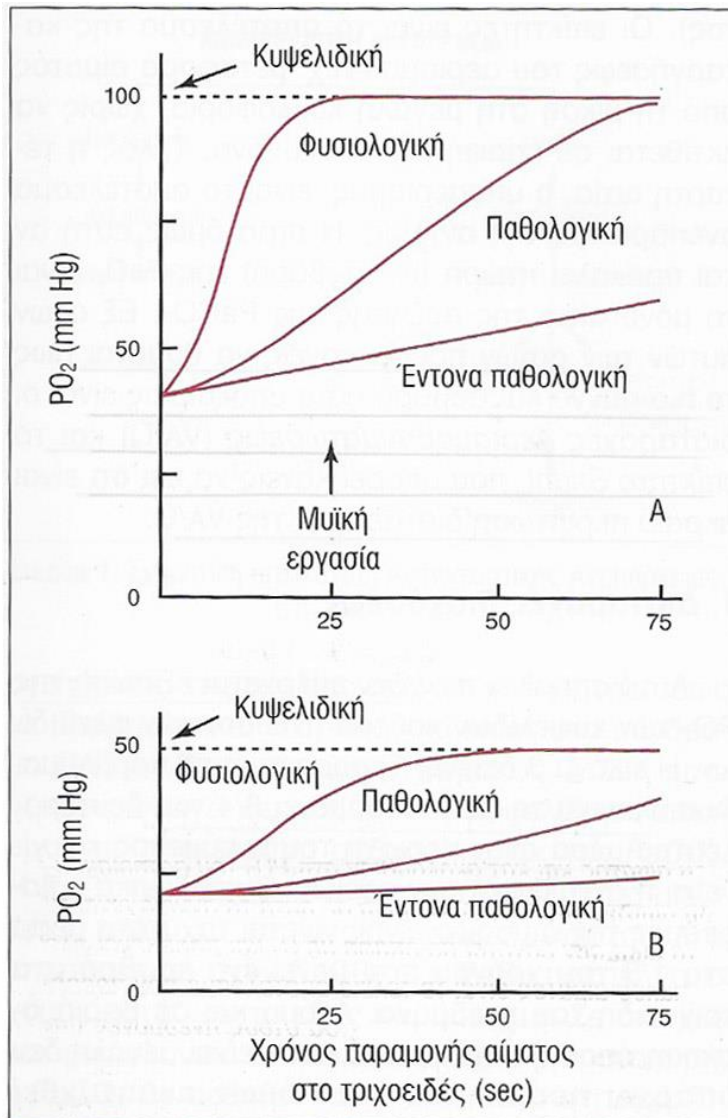


$$\dot{V}_{\text{gas}} \propto \frac{A}{l} \cdot D \cdot (P_1 - P_2)$$

$$D \propto \frac{\text{Sol}}{\sqrt{\text{MW}}}$$







## Αίτια Μειωμένης Διαχυτικής Ικανότητας

-Μείωση της επιφάνειας διάχυσης

(εμφύσημα, πνευμονεκτομή, πνευμονική εμβολή, αναιμία)

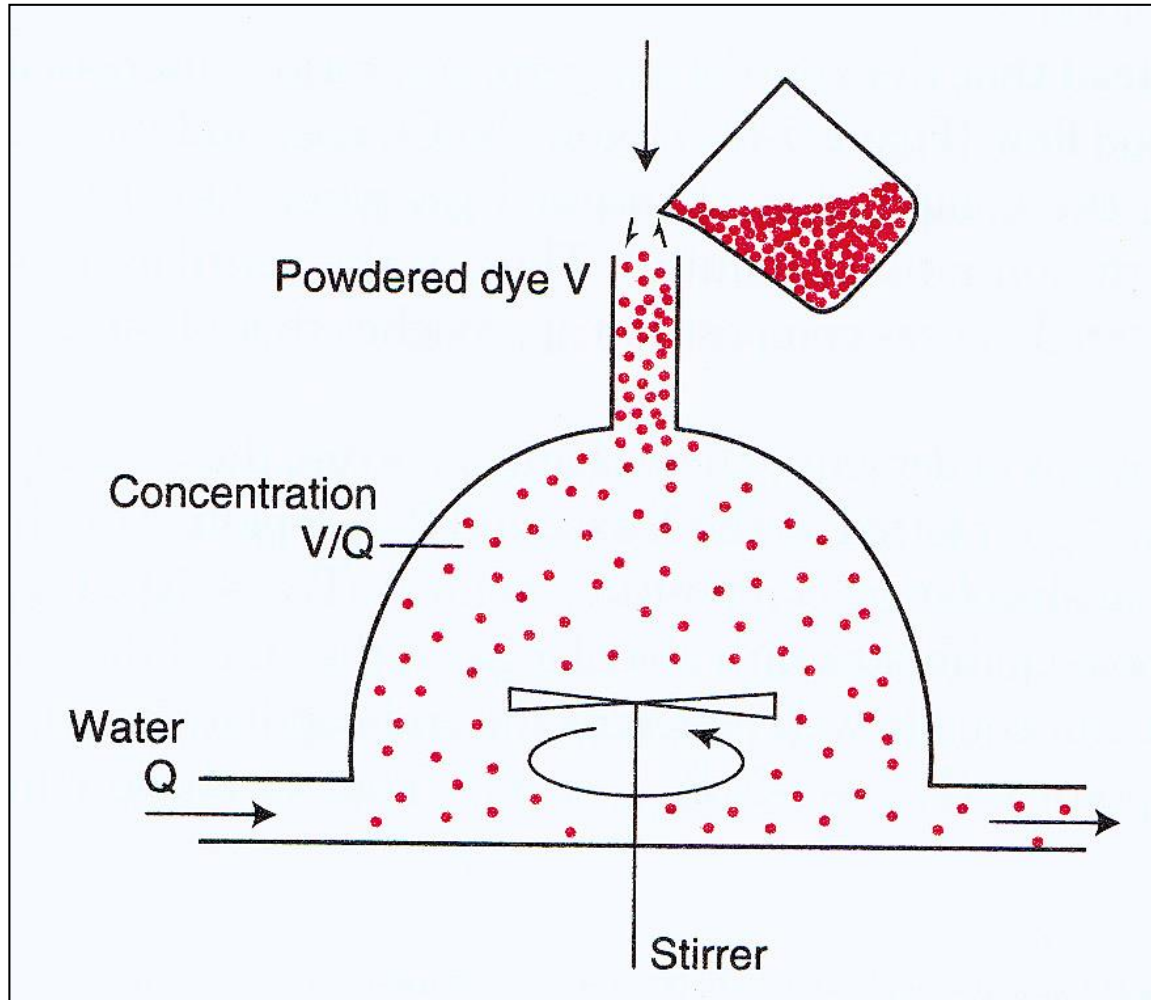
-Πάχυνση της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης

(πνευμονική ίνωση, συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια)

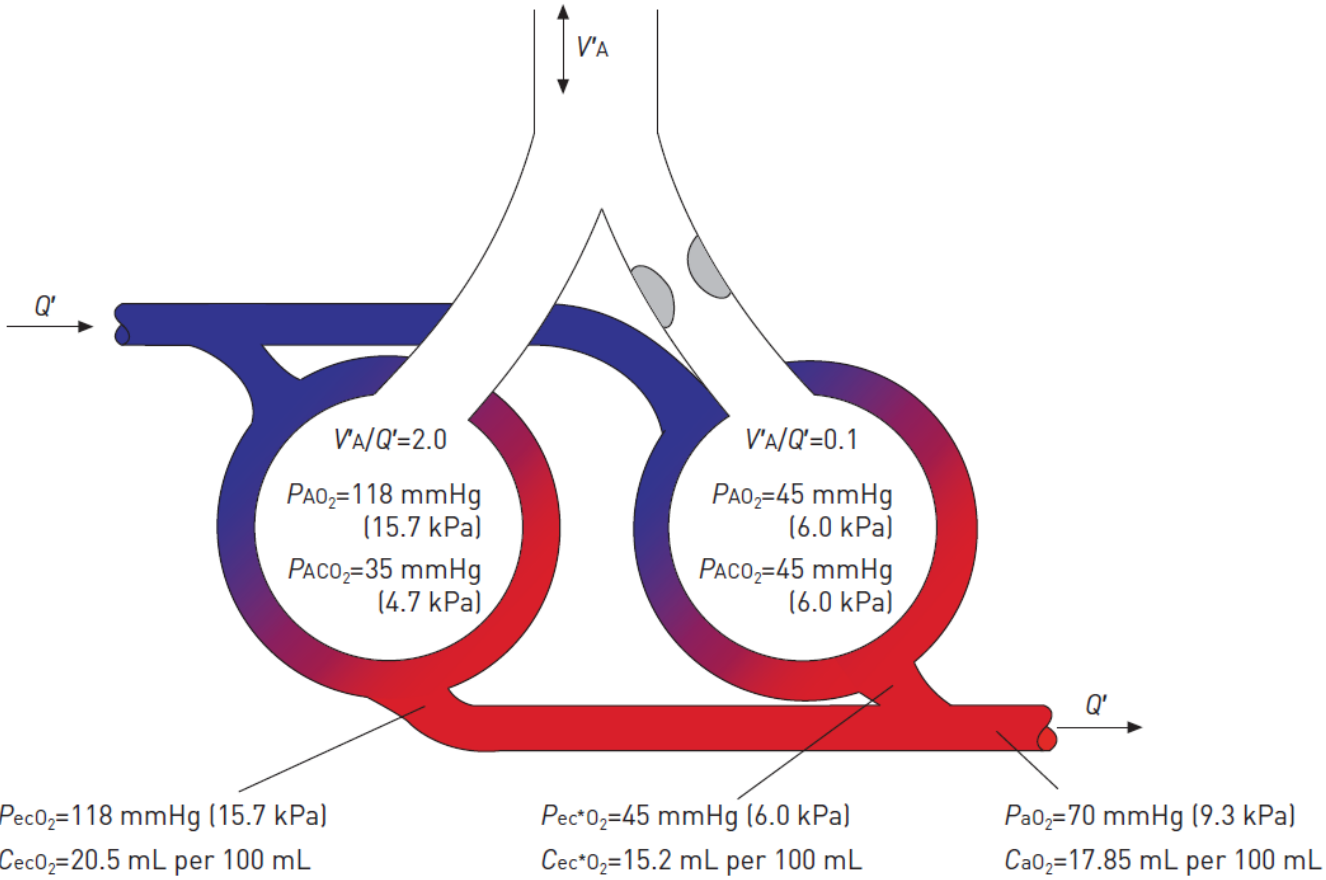
-Λοιπές

(δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα)

## Διαταραχές Σχέσης Αερισμού - Αιμάτωσης

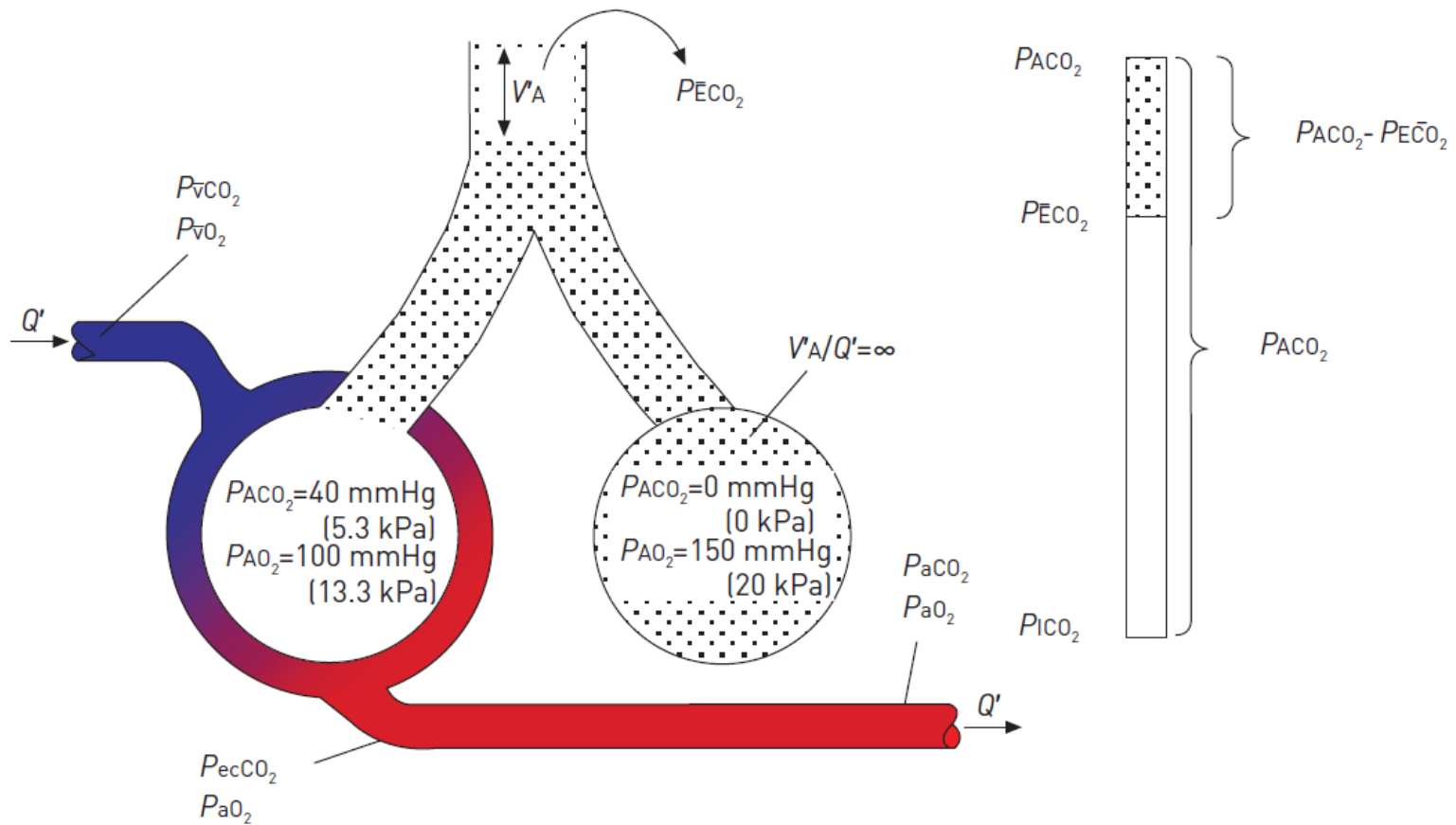


# Επιπτώσεις χαμηλής σχέσης $V / Q$

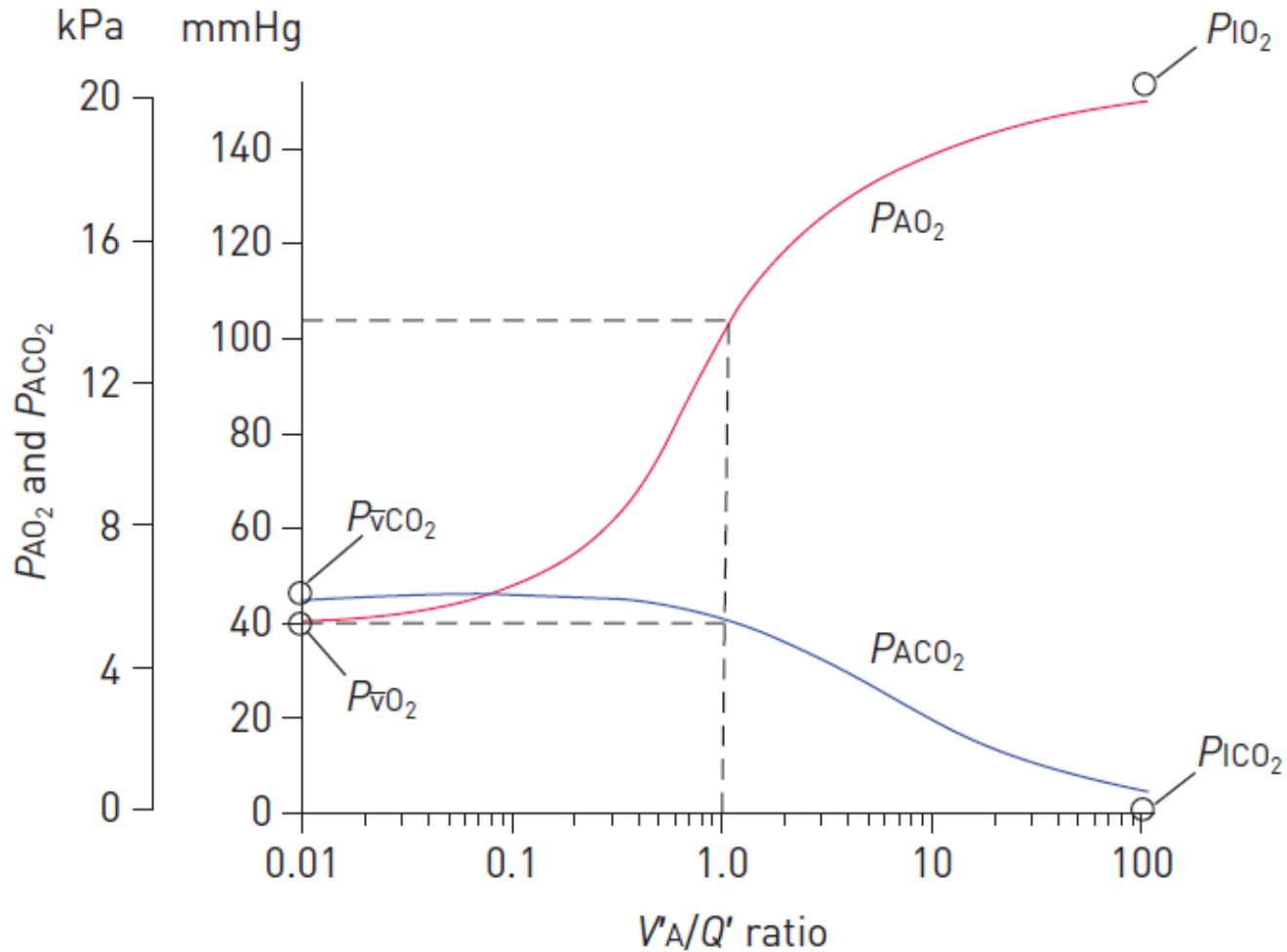


# Επιπτώσεις νεκρού χώρου ( $\uparrow V / Q$ mismatch)

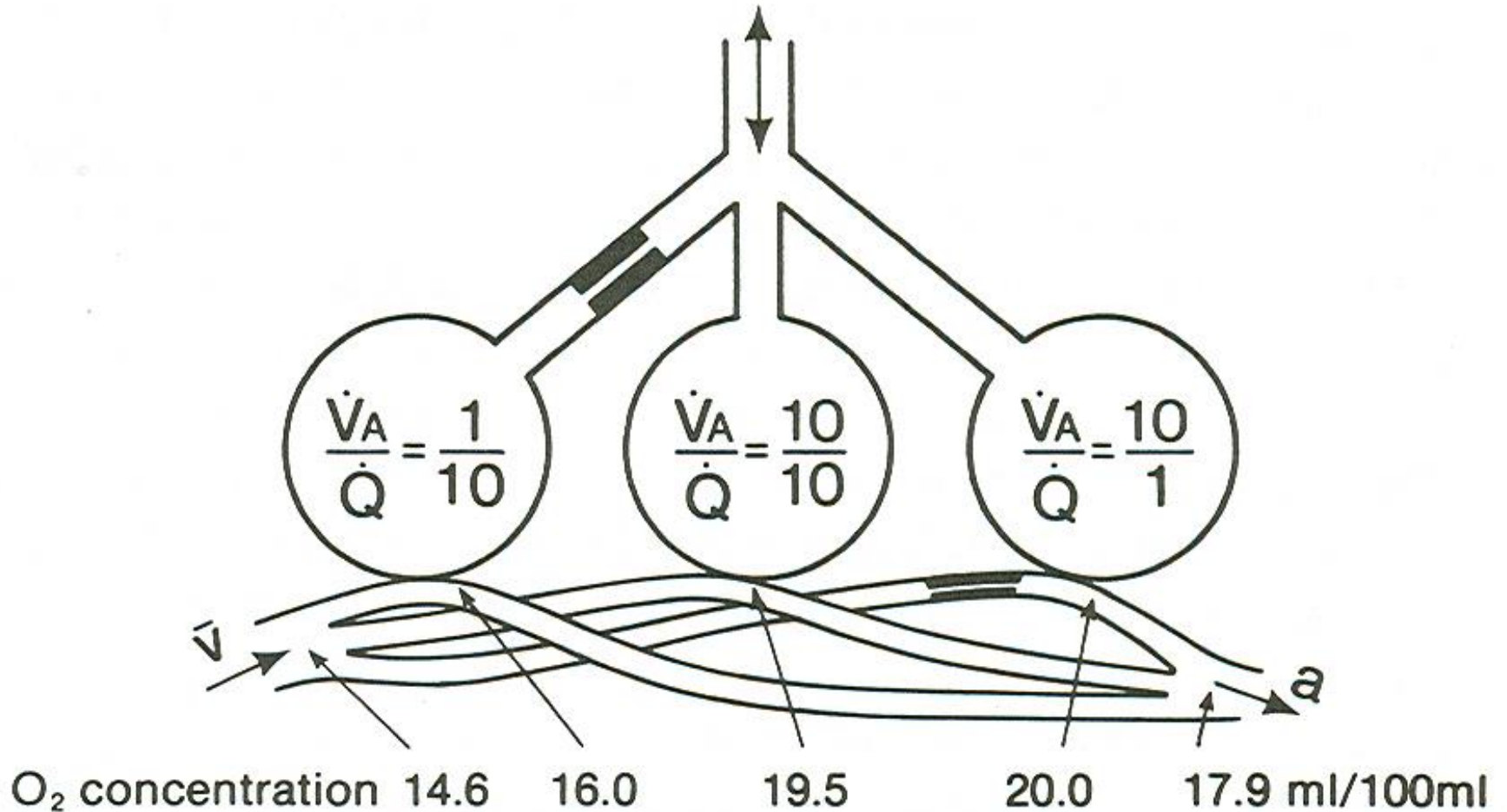
Two compartment model



# Σχέση κυψελιδικού $PAO_2$ και $PACO_2$ ανάλογα με τον λόγο $V/Q$

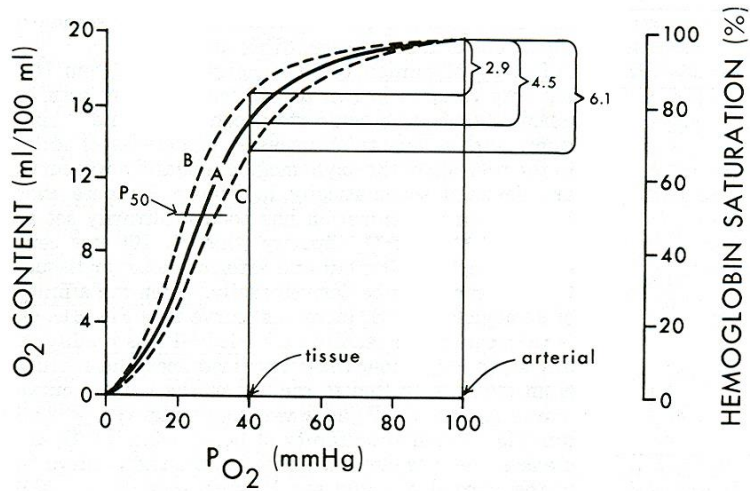


# Πτώση του οξυγόνου λόγω χαμηλής σχέσης V/Q

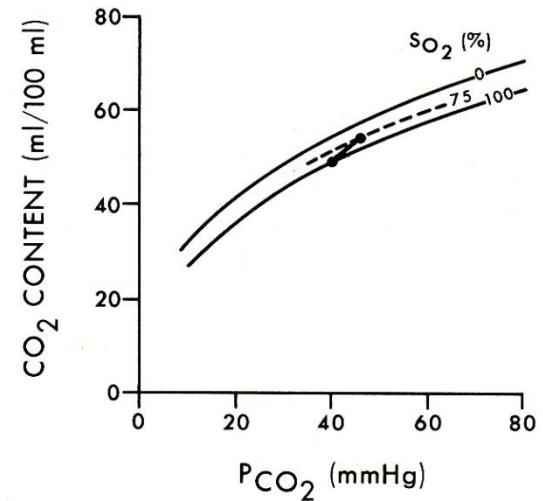


# Γιατι ο αντιρροπιστικός υπεραερισμός δεν διορθώνει την υποξαιμία στις διαταραχές χαμηλής σχέσης V/Q ?

Σχέση μερικής πίεσης - περιεκτικότητας O<sub>2</sub> στο αίμα

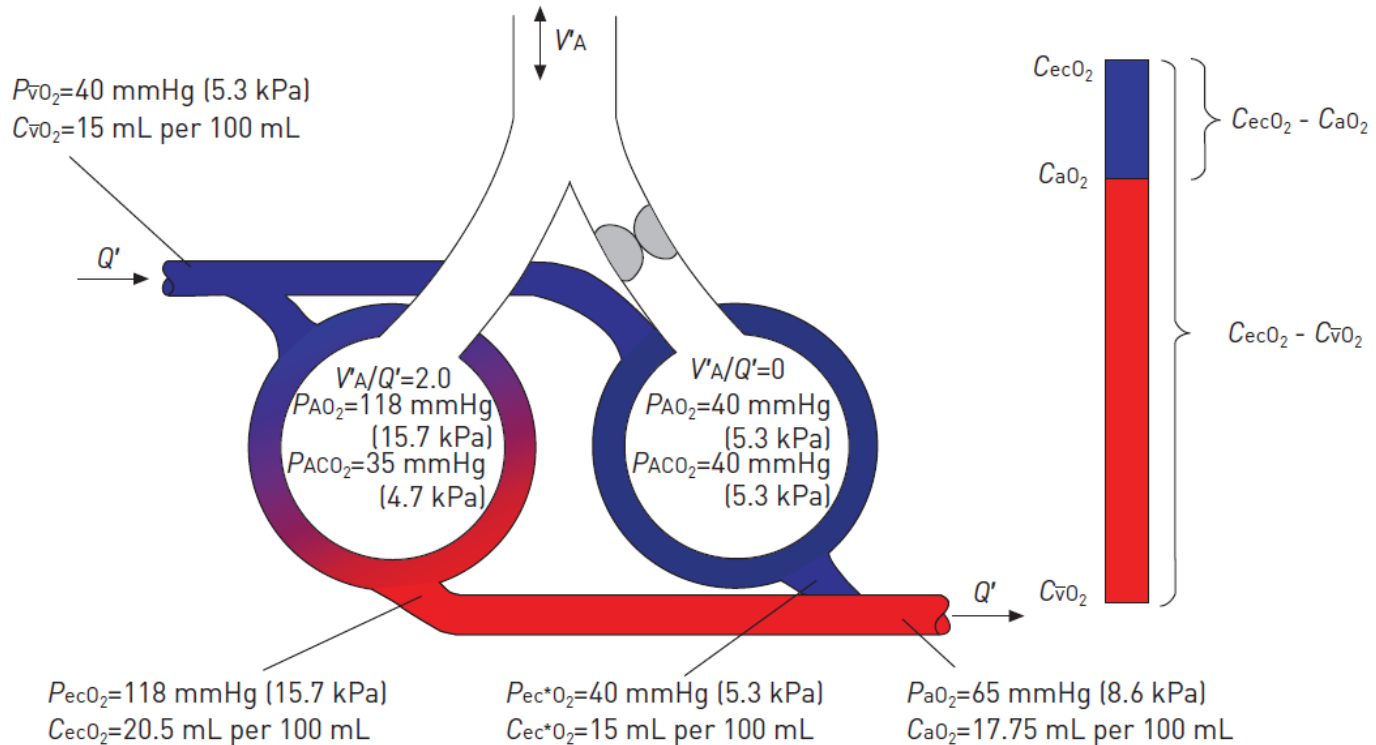


Σχέση μερικής πίεσης - περιεκτικότητας CO<sub>2</sub> στο αίμα



# Επιπτώσεις βραχυκυκλώματος (shunt)

Two compartment model

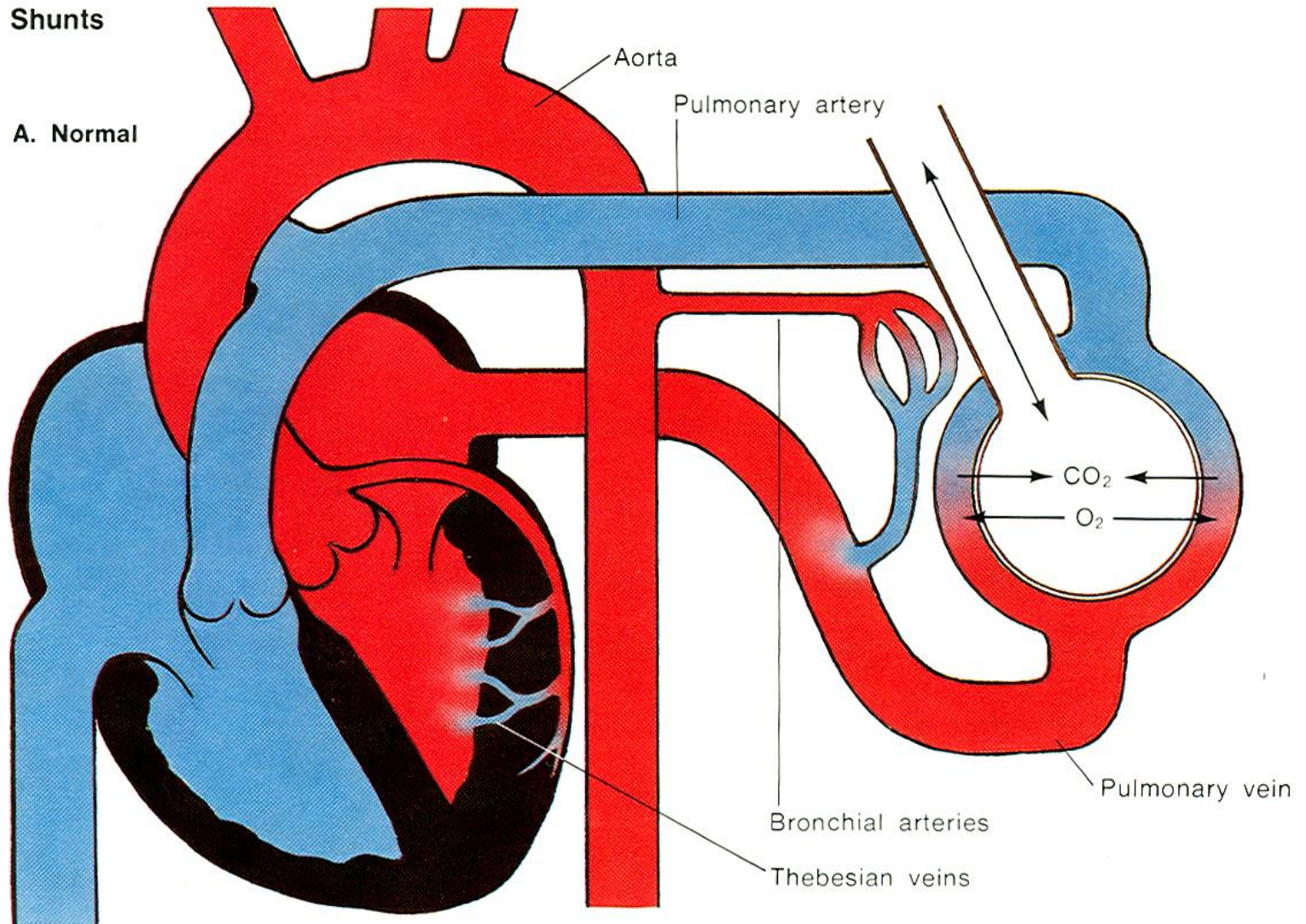




# Φυσιολογικό βραχυκύκλωμα (Shunt)

Shunts

A. Normal

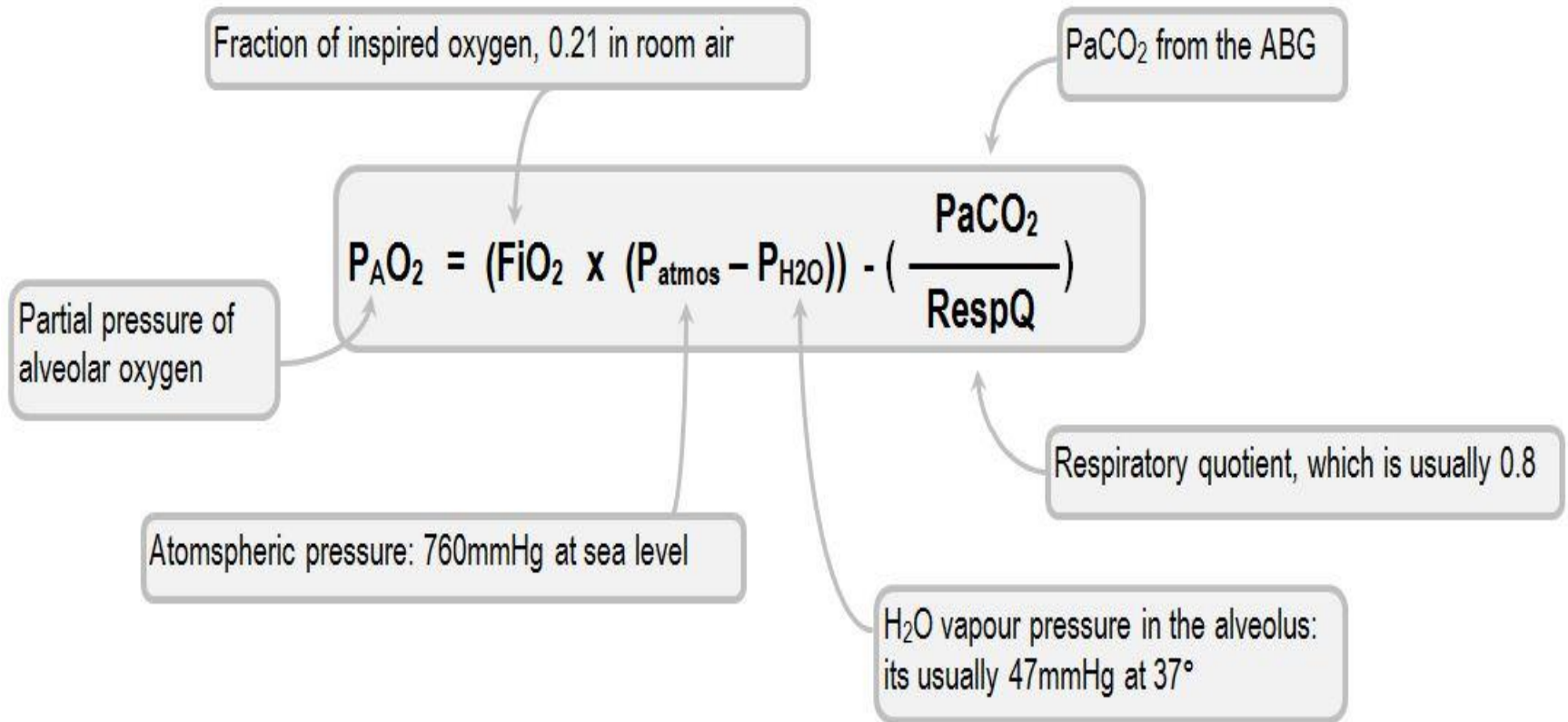


ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ V/Q ΣΤΗΝ ΚΛΙΝΙΚΗ ΠΡΑΞΗ

Κυψελιδοαρτηριακή διαφορά οξυγόνου

$$P_A O_2 - P_a O_2$$

# Εξίσωση Κυψελιδικών Αερίων



Φυσιολογική  $P_{A}-aO_2$  με  $F_{i}O_2$  0.21

$[Ηλικία (έτη) / 4] + 4$  mmHg

\* Αυξάνει , αν αυξηθεί το  $F_{i}O_2$

# Παράδειγμα 1

pH	7.50
PaCO <sub>2</sub>	30 mmHg
PaO <sub>2</sub>	50 mmHg
FIO <sub>2</sub>	21% = 0,21

# Παράδειγμα 1

pH	7.50
PaCO <sub>2</sub>	30 mmHg
PaO <sub>2</sub>	50 mmHg
FIO <sub>2</sub>	21% = 0,21

$$\begin{aligned} \text{PAO}_2 &= 150 - 30 * 1,25 \\ &= 113 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

$$\mathbf{A-a O_2D = 113 - 50 = 63 \text{ mmHg}}$$

# Παράδειγμα 2

pH	7.20
PaCO <sub>2</sub>	80 mmHg
PaO <sub>2</sub>	42 mmHg
FIO <sub>2</sub>	21% = 0,21

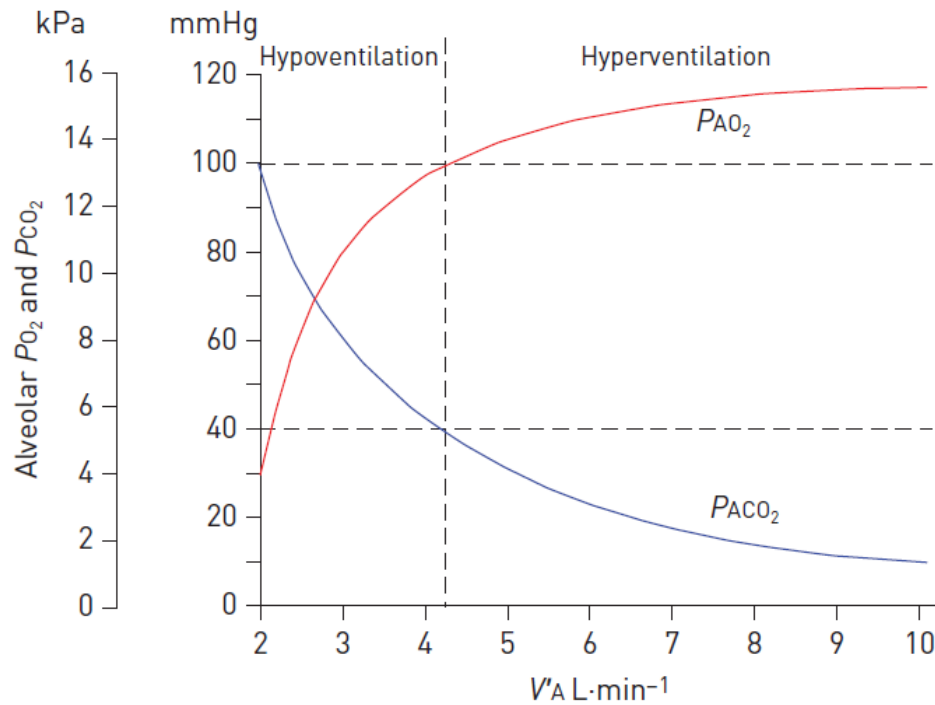
# Παράδειγμα 2

pH	7.20
PaCO <sub>2</sub>	80 mmHg
PaO <sub>2</sub>	42 mmHg
FIO <sub>2</sub>	21% = 0,21

$$\begin{aligned} \text{PAO}_2 &= \text{PIO}_2 - \text{PaCO}_2/R \\ &= 150 - 80 * 1,25 \\ &= 50 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

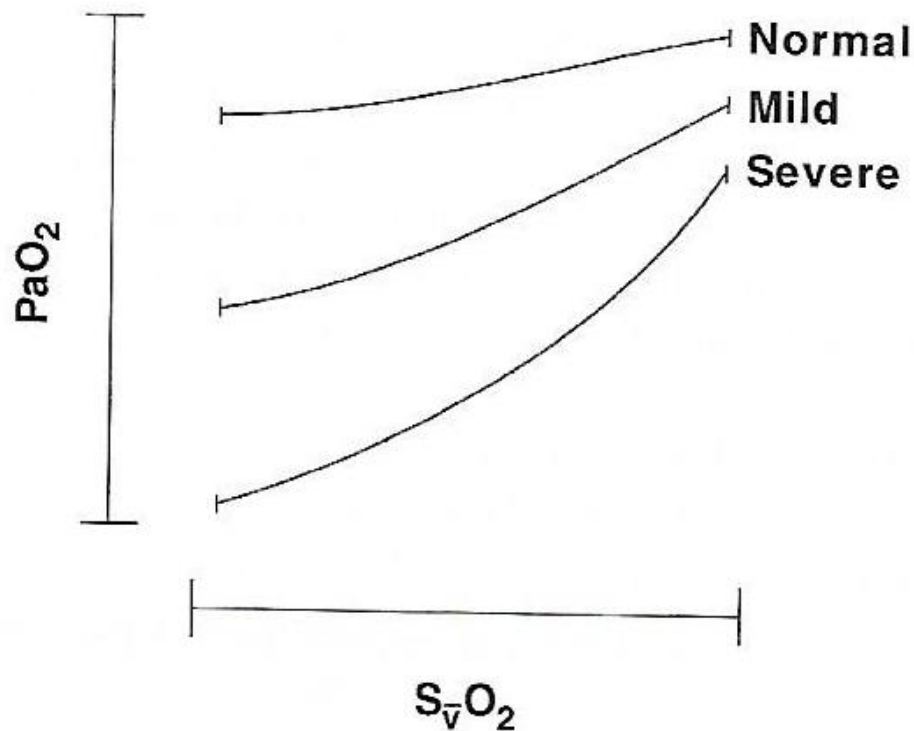
$$\mathbf{A-aDO_2 = 50 - 42 = 8 \text{ mmHg}}$$

# Υποαερισμός ως αιτία αναπνευστικής ανεπάρκειας



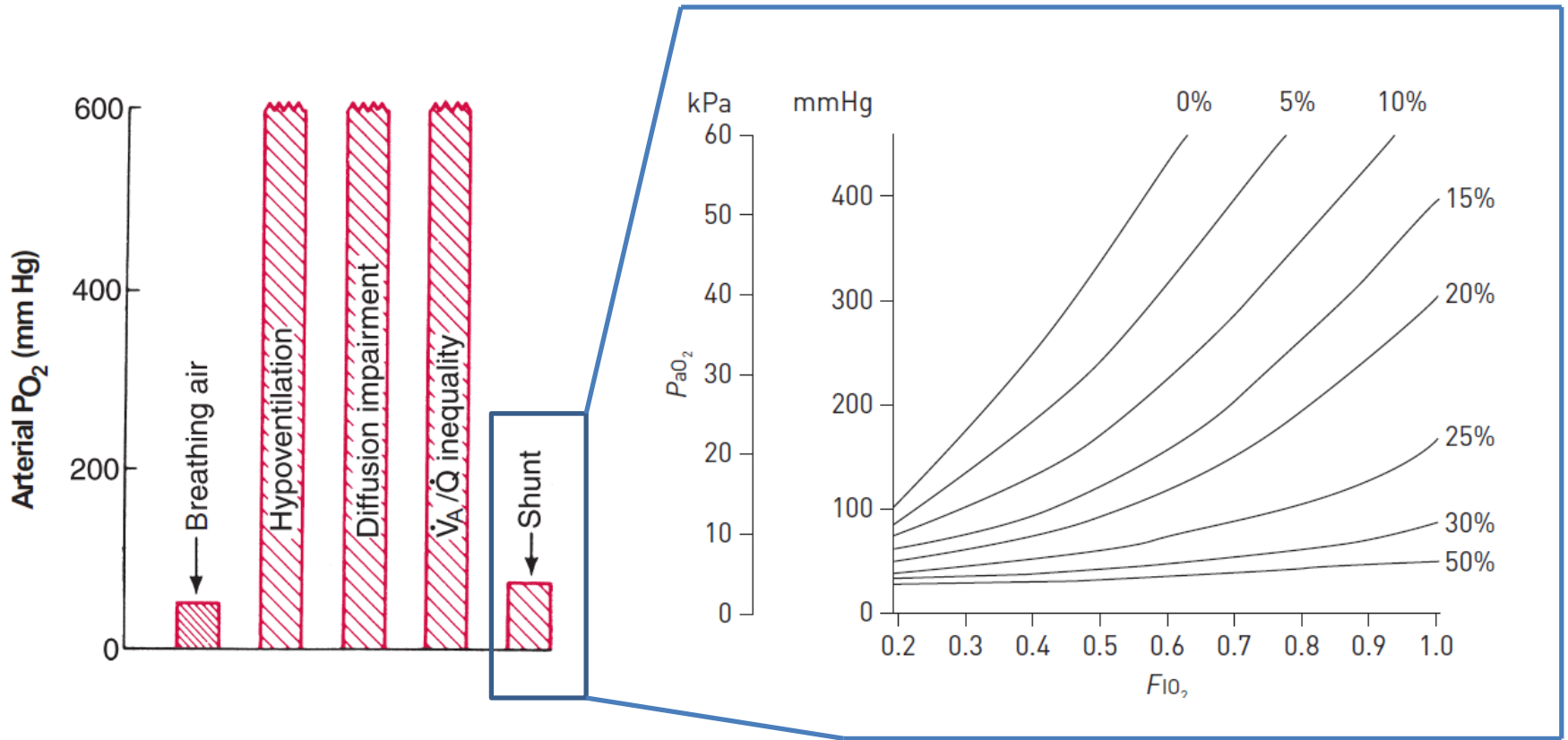


# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΝΗΣ ΤΟΥ ΜΙΚΤΟΥ ΦΛΕΒΙΚΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΡΕΣΜΟ ΤΟΥ ΑΡΤΗΡΙΑΚΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ







■ **FIGURE 24-2** Influence of mixed venous oxygen saturation ( $S_{\bar{v}}O_2$ ) on  $PaO_2$  in patients with mild and severe lung disease. Variations in  $S_{\bar{v}}O_2$  related to an oxygen consumption/delivery imbalance have minimal effects on  $PaO_2$  in normal subjects but may profoundly affect  $PaO_2$  in patients with extensive lung disease.

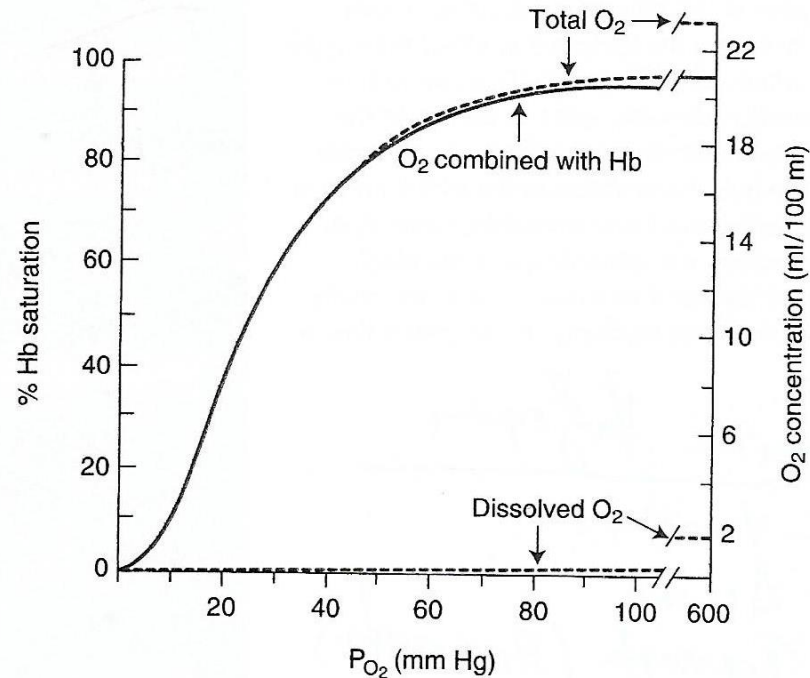
# Response of the Arterial $P_{O_2}$ to 100% Inspired Oxygen for Mechanisms of Hypoxemia



## Κλινικές Καταστάσεις που Συνοδεύονται από Υποξαιμική Αναπνευστική Ανεπάρκεια

 A Clear	 B Diffuse	 C Lobar	 D Unilateral
Intracardiac shunt Pulmonary vascular shunts	Bronchopneumonia Bronchopulmonary dysplasia	Infarction Occlusion (drowned lung)	Aspiration Pleural effusion
AV malformation Cirrhosis Asthma/obstructive lung disease Pulmonary embolism Pneumothorax Head injury Desaturated mixed venous blood Obesity/airway closure	Hemorrhage ARDS Hydrostatic edema Aspiration	Lobar pneumonia	Mass and drowned lung Infarction Main bronchus intubation Mucus plug Contusion Re-expansion edema Contralateral pneumothorax Pneumonia Decubitus position/ hydrostatic edema

# Μεταφορά O<sub>2</sub> στο αίμα



$$DO_2 = CO \times (1.39 \times [Hb] \times SaO_2 + (0.003 \times PaO_2))$$

Rate of oxygen delivery (ml per minute)

Haemoglobin concentration (grams per litre)

Cardiac output (litres per minute)

Oxygen binding capacity of haemoglobin: 1.39 ml per gram

Haemoglobin oxygen saturation expressed as a fraction (i.e. 97% is expressed as 0.97)

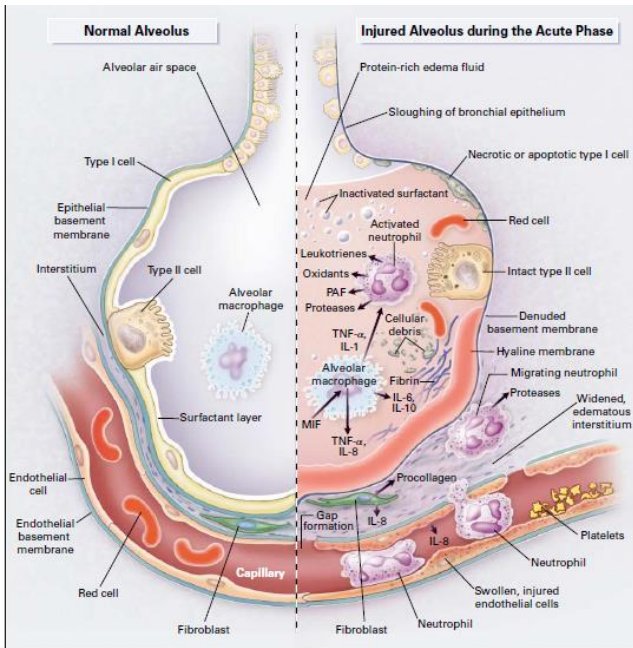
Amount of dissolved oxygen in the blood, in ml. For every 1 mmHg of oxygen tension, 0.003ml of oxygen gas is dissolved in 100ml of blood.

# Κλινικά παραδείγματα

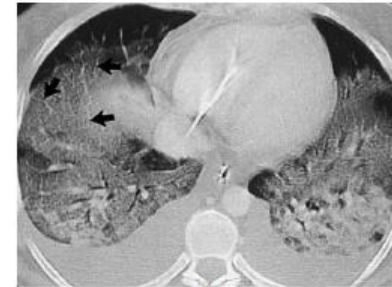
## Acute Respiratory Distress Syndrome The Berlin Definition

**Table 3.** The Berlin Definition of Acute Respiratory Distress Syndrome

Acute Respiratory Distress Syndrome	
Timing	Within 1 week of a known clinical insult or new or worsening respiratory symptoms
Chest imaging <sup>a</sup>	Bilateral opacities— not fully explained by effusions, lobar/lung collapse, or nodules
Origin of edema	Respiratory failure not fully explained by cardiac failure or fluid overload Need objective assessment (eg, echocardiography) to exclude hydrostatic edema if no risk factor present
Oxygenation <sup>b</sup>	
Mild	200 mm Hg < PaO <sub>2</sub> /F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> ≤ 300 mm Hg with PEEP or CPAP ≥5 cm H <sub>2</sub> O <sup>c</sup>
Moderate	100 mm Hg < PaO <sub>2</sub> /F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> ≤ 200 mm Hg with PEEP ≥5 cm H <sub>2</sub> O
Severe	PaO <sub>2</sub> /F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> ≤ 100 mm Hg with PEEP ≥5 cm H <sub>2</sub> O



A



## Μηχανισμοί Υποξαιμίας:

-Κυριότερος μηχανισμός το shunt που μπορεί μέχρι και να ξεπεράσει το

50% της καρδιακής παροχής

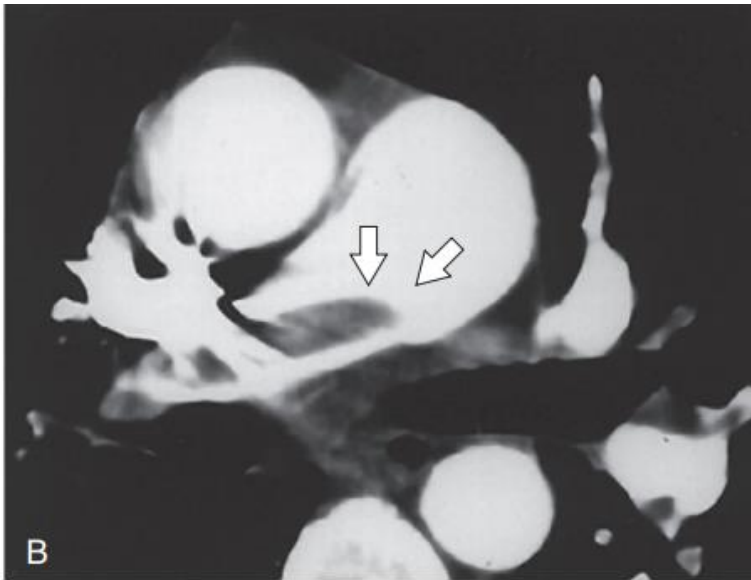
-Περιοχές με χαμηλή σχέση V/Q συμμετέχουν σε μικρό βαθμό στην υποξαιμία

-Διαταραχές της διάχυσης δεν φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο

# Πνευμονική Εμβολή

Απόφραξη κλάδων της πνευμονικής αρτηρίας κυρίως από

Θρόμβους του εν τω βάθει φλεβικού δικτύου



lung regions with no or reduced blood flow (high VA/Q regions) and, thus, increased wasted ventilation

## Μηχανισμοί Υποξαιμίας:

- Ανακατανομή της αιματικής ροής στον υγιή πνεύμονα, δημιουργεί περιοχές με αυξημένη αιμάτωση και μειωμένο V/Q λόγο, οδηγώντας σε υποξαιμία
- Διαταραχές V/Q προκαλούνται επίσης από περιοχικό βρογχόσπασμο ή πνευμονικές βλάβες (πνευμονικά έμφρακτα – διαταραχές επιφανειοδραστικού παράγοντα).
- Η υποξαιμία επί σοβαρής (υψηλού κινδύνου) πνευμονικής εμβολής μπορεί να επιδεινώνεται από βραχυκύκλωμα (ενδοκαρδιακό right-to-left shunt) και μείωση της καρδιακής παροχής (πτώση του CVO<sub>2</sub>).

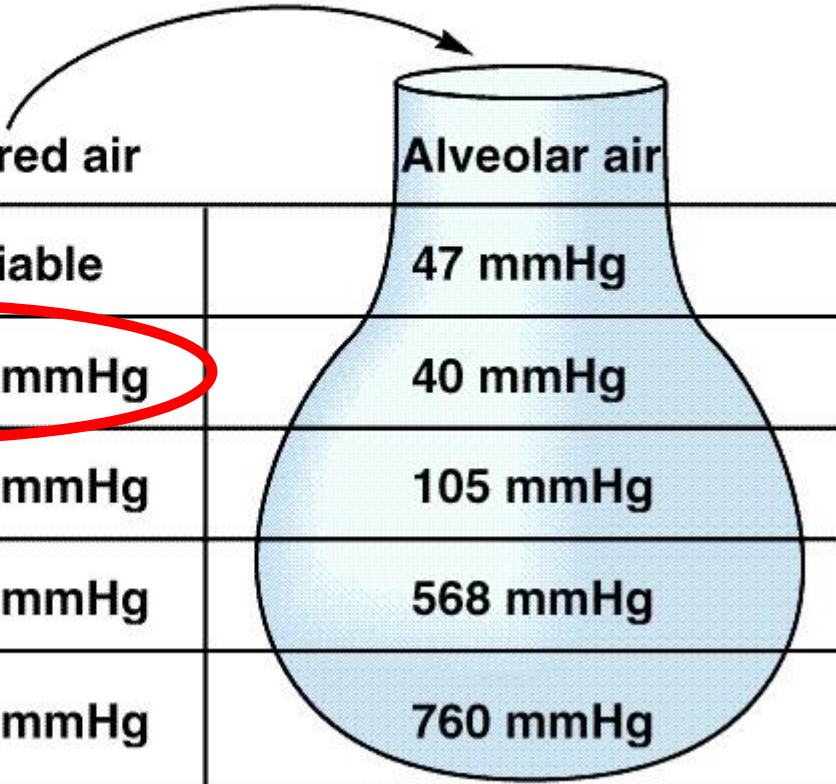


Υπερκαπνική  
Αναπνευστική  
Ανεπάρκεια

# Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει ελάχιστο CO<sub>2</sub>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

## Partial Pressures of Gases in Inspired Air and Alveolar Air



	Inspired air	Alveolar air
H <sub>2</sub> O	Variable	47 mmHg
CO <sub>2</sub>	000.3 mmHg	40 mmHg
O <sub>2</sub>	159 mmHg	105 mmHg
N <sub>2</sub>	601 mmHg	568 mmHg
Total pressure	760 mmHg	760 mmHg

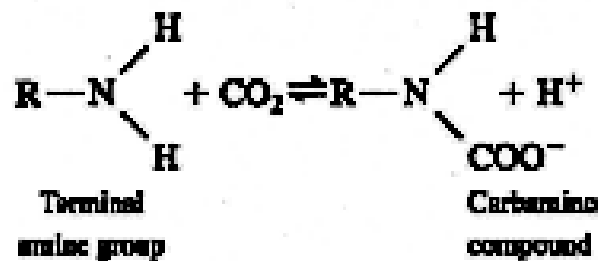
A red arrow points to the CO<sub>2</sub> row in the table. A curved arrow points from the 'Inspired air' column to the 'Alveolar air' column.

# Μεταφορά CO<sub>2</sub> στο αίμα

## □ Διαλυμένο στο αίμα – (5-10%)

Το CO<sub>2</sub> είναι 20 φορές πιο διαλυτό από το O<sub>2</sub>

## □ Συνδεδεμένο με την Hb – (5-10%)



## □ Ως HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - (80-90%)



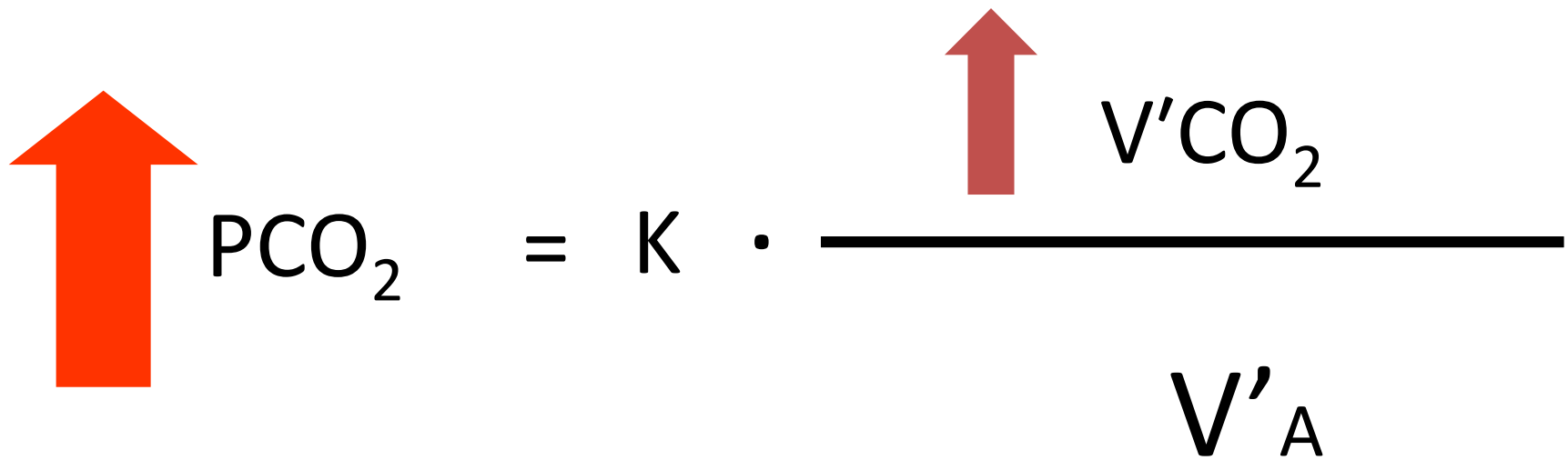
# Η αναπνευστική εξίσωση

$$PaCO_2 = k \times V'CO_2 / V'A$$

$$V'A = V'E - V'D$$

- $V'E$  : Ολικός πνευμονικός αερισμός (ανά λεπτό)  $V_t \times F$
- $V'A$  : Κυψελιδικός αερισμός
- $V'D$  : Αερισμός νεκρού χώρου

## Υπερπαραγωγή CO<sub>2</sub>



The diagram illustrates the relationship between partial pressure of CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>), alveolar ventilation (V'<sub>A</sub>), and alveolar ventilation for CO<sub>2</sub> (V'<sub>CO<sub>2</sub></sub>). The equation is:

$$PCO_2 = K \cdot \frac{V'_{CO_2}}{V'_A}$$

Two red arrows indicate increases: one pointing up to PCO<sub>2</sub> and another pointing up to V'<sub>CO<sub>2</sub></sub>.

# Αυξημένη παραγωγή CO<sub>2</sub>

- ❑ Πυρετός (10-15% ↑ / 1°C)
- ❑ Άσκηση
- ❑ Υπερκατανάλωση υδατανθράκων
- ❑ Ρίγος
- ❑ Τέτανος

# Μειωμένος Κυψελιδικός Αερισμός

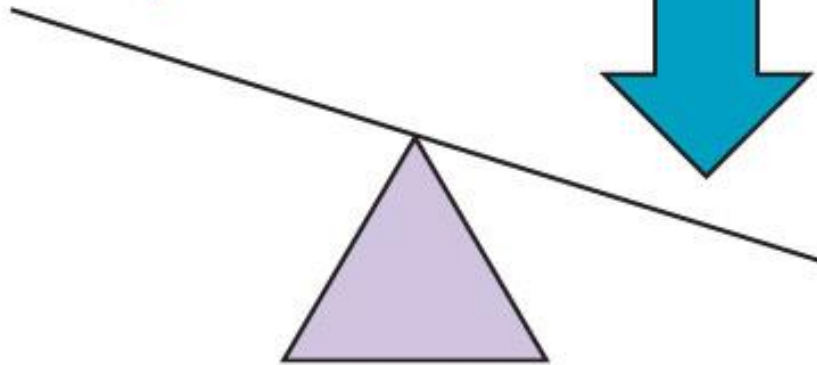
$$PCO_2 = K \cdot \frac{V'CO_2}{V'_A}$$

# Σχέση φορτίου-νευρομυϊκής επάρκειας

Reduced capacity of  
respiratory muscle pump



Increased load



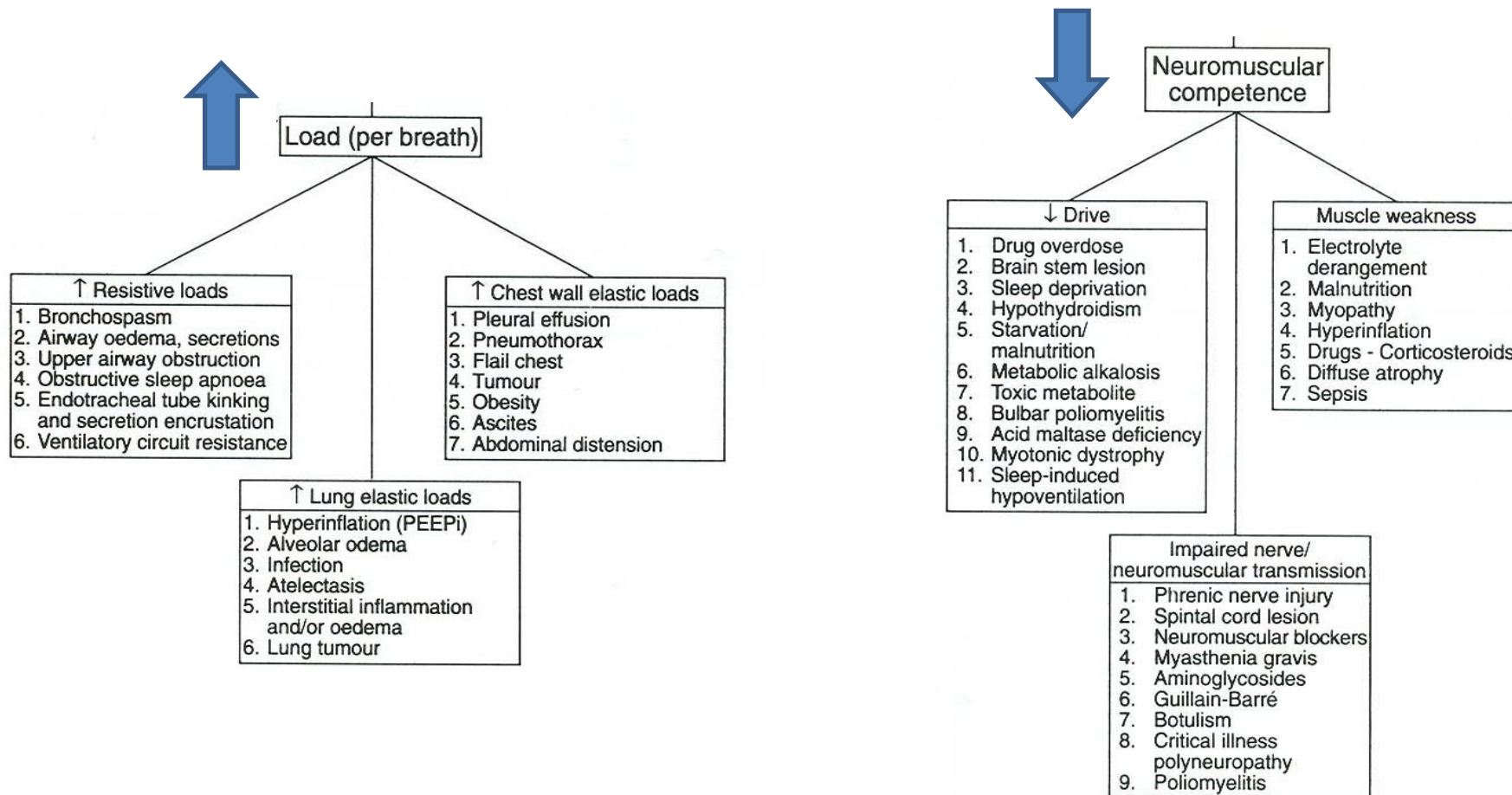
Ventilatory  
system  
meets  
demands

Ventilatory  
failure



# ***Αίτια υπερκαπνικής αναπνευστικής ανεπάρκειας***

Vassilakopoulos T et al Eur Respir J 1996;9:2383-2400

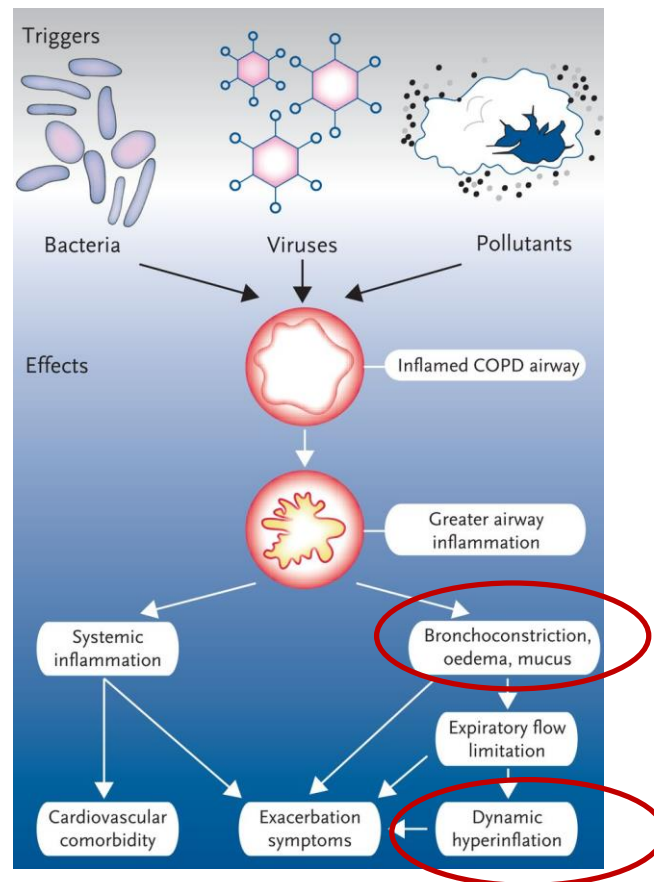


# Κλινικό Παράδειγμα

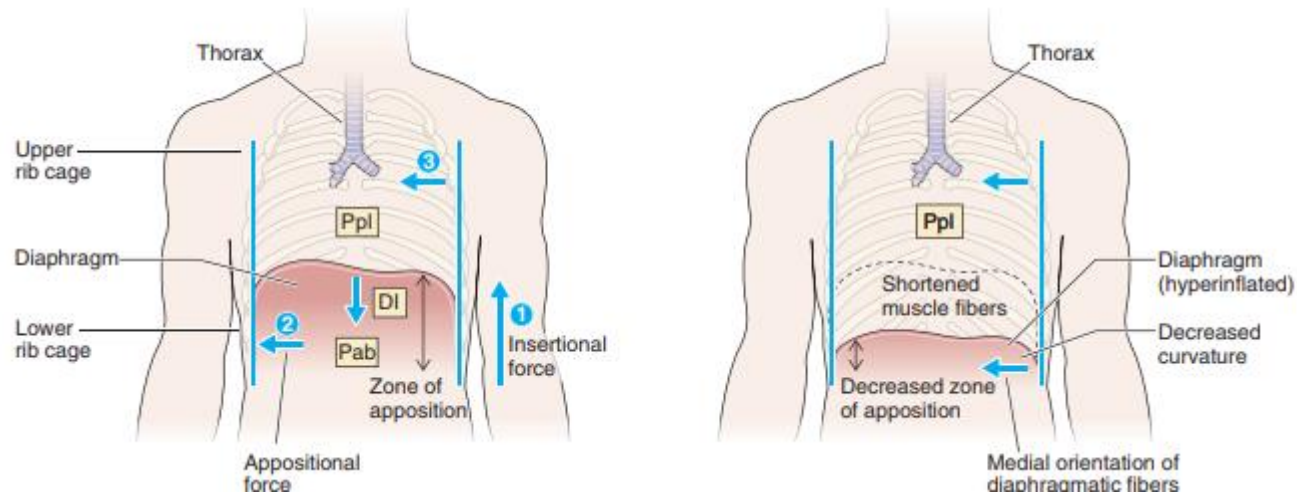
## Παρόξυνση Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας

Επεισόδια στην φυσική πορεία της ΧΑΠ που σχετίζονται με αυξημένα συμπτώματα

(πέραν της καθημερινής διακύμανσης) και οδηγούν σε αλλαγή της θεραπείας



## ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΕΠΙ ΥΠΕΡΔΙΑΤΑΣΗΣ



Κοπωση αναπνευστικών μυών – Υποαερισμός - Υπερκαπνία

## Αντί Επιλόγου....

### Χαρακτηριστικά Διαφόρων Τύπων Υποξαιμίας ή Ιστικής Υποξίας

	$P_{A_{O_2}}$	$P_{A_{CO_2}}$	$P_{a_{O_2}}$	$P_{a_{CO_2}}$	$C_{a_{O_2}}$	$S_{a_{O_2}}$	$P\bar{v}_{O_2}$	$C\bar{v}_{O_2}$	$O_2$ Administration Helpful?
Lungs									
Hypoventilation									
Diffusion impairment									
Shunt									
$\dot{V}_A/\dot{Q}$ inequality									
Blood									
Anemia									
CO poisoning									
Tissue									
Cyanide poisoning									

<sup>a</sup>O, normal; ↑ increased; ↓ decreased.

<sup>b</sup>Of some (but limited) value because of increased dissolved oxygen.

<sup>c</sup>If  $O_2$  saturation is calculated for hemoglobin not bound to CO.