

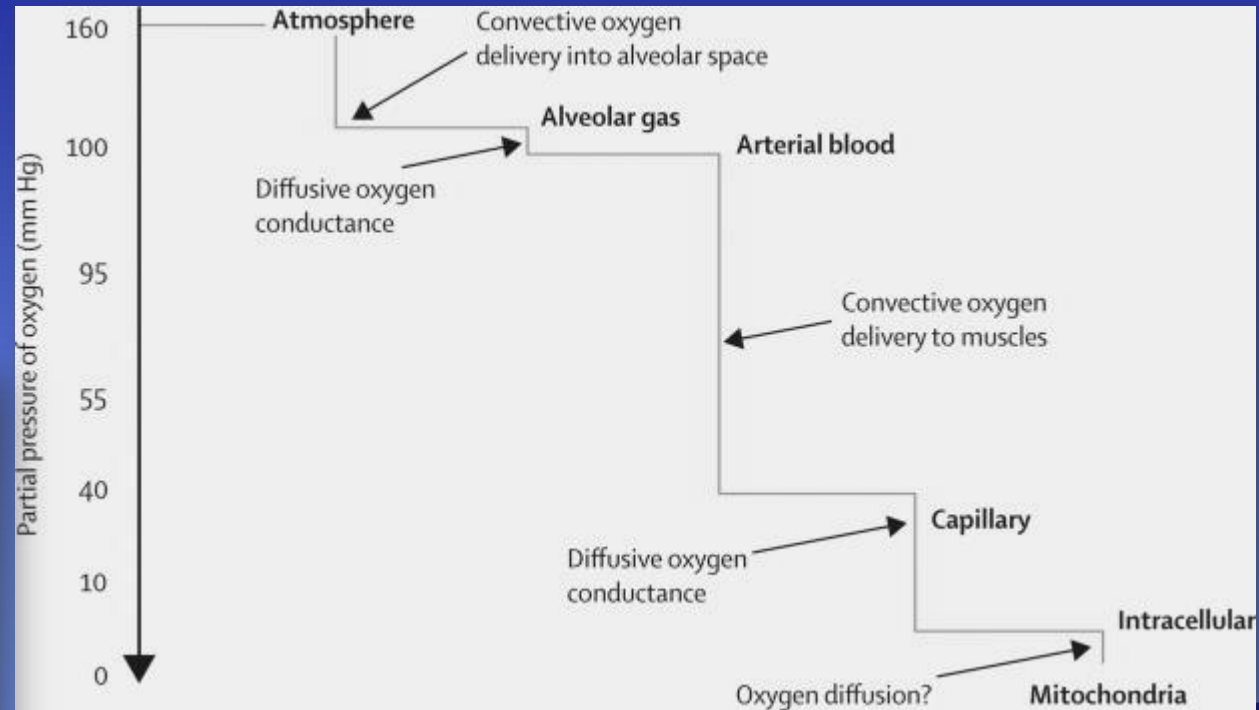
# Οξυγονοθεραπεία



Τσαγκάρη Βασιλική  
Πνευμονολόγος-Εντατικολόγος  
ΜΕΘ Κ/Χ Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο  
Τρίτη 12/12/2018



# Oxygen cascade




## KEY STEPS IN OXYGEN CASCADE

- Uptake in the lungs
- Carrying capacity of blood
- Delivery from lungs to tissue capillaries
- Delivery from capillary blood to interstitium
- Delivery from interstitium to individual cells
- Cellular use of oxygen



1 H																	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba			72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra			104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

# 8 OXYGEN



Pure Oxygen comes in the paired form of O<sub>2</sub>.

Image © Kaycie D.



- ✓ Το οξυγόνο βρίσκεται στον αέρα υπό τη μορφή διατομικού μορίου
- ✓ Εμφανίστηκε στην επιφάνεια της γης πριν από περίπου 2,5 δις χρόνια
- ✓ Είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο
- ✓ Το τρίτο σε αφθονία χημικό στοιχείο στο σύμπαν μετά το υδρογόνο και το ήλιο

## Σύνθεση του αέρα

Ο εκπνεόμενος αέρας έχει διαφορετική σύσταση από τον εισπνεόμενο.

Συγκεκριμένα περιέχει:

- Οξυγόνο 16%
- Άζωτο 79%
- Υδρατμούς
- CO<sub>2</sub> 4%

## 2. Ορισμοί

- *Υποξαιμία* είναι η μείωση του  $SaO_2$  που σχετίζεται σχεδόν πάντα με μείωση της  $PaO_2$ , τα επίπεδα της οποίας εξαρτώνται από την ηλικία και από τη θέση του σώματος κατά τη στιγμή της αιμοληψίας (σε κατακεκλιμένη θέση η  $PaO_2 = 104,2 - \{ \text{ηλικία} - (\text{έτη}) \} \times 0,27$ )
- *Κυτταρική υποξία* είναι κατάσταση κατά την οποία οι αποθήκες οξυγόνου δεν επαρκούν για να καλύψουν τις μεταβολικές ανάγκες
- *Ανοξία* είναι η παντελή έλλειψη  $O_2$  στους ιστούς που οδηγεί στο κυτταρικό θάνατο



# Περιεκτικότητα του αίματος σε οξυγόνο

## Hemoglobin-Bound O2

- Oxygen-binding capacity of hemoglobin : 1.34 mL O2 /gm of Hb)
- SO2 : O2 saturation of Hb

$$\text{Hb} \times 1.34 \times \text{SaO}_2$$

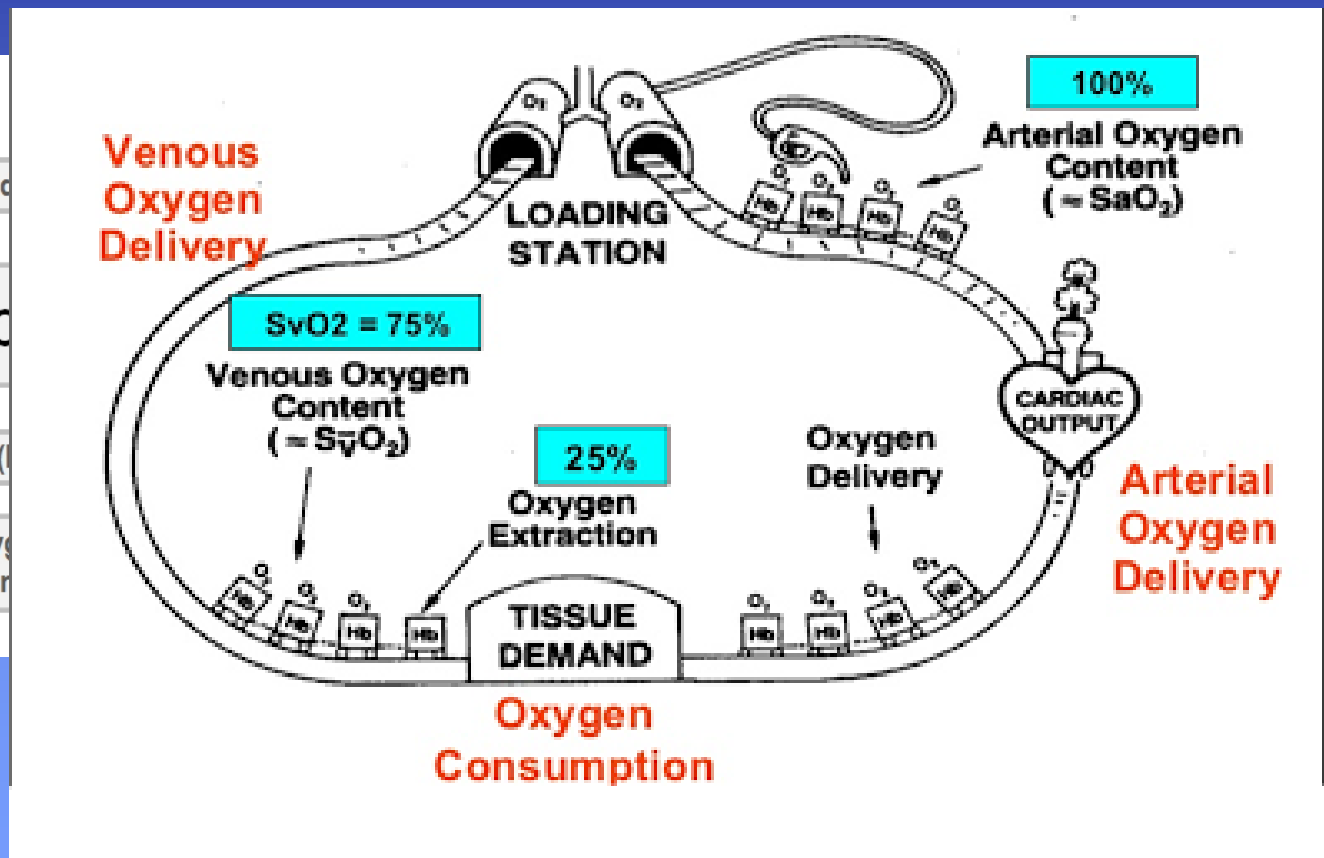
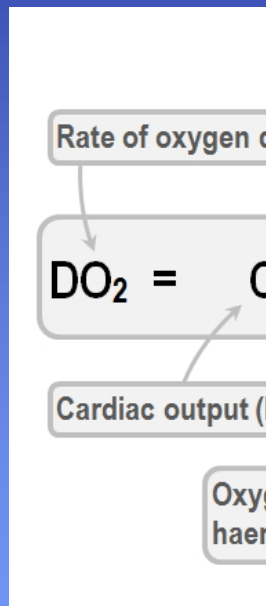
## Dissolved O2

- Solubility of oxygen in plasma
  - solubility coefficient 0.003 mL/100 mL/mm Hg
- Partial pressure of oxygen (PO2) in blood.

$$0.003 \times \text{PaO}_2 \text{ mmHg}$$

# Μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς

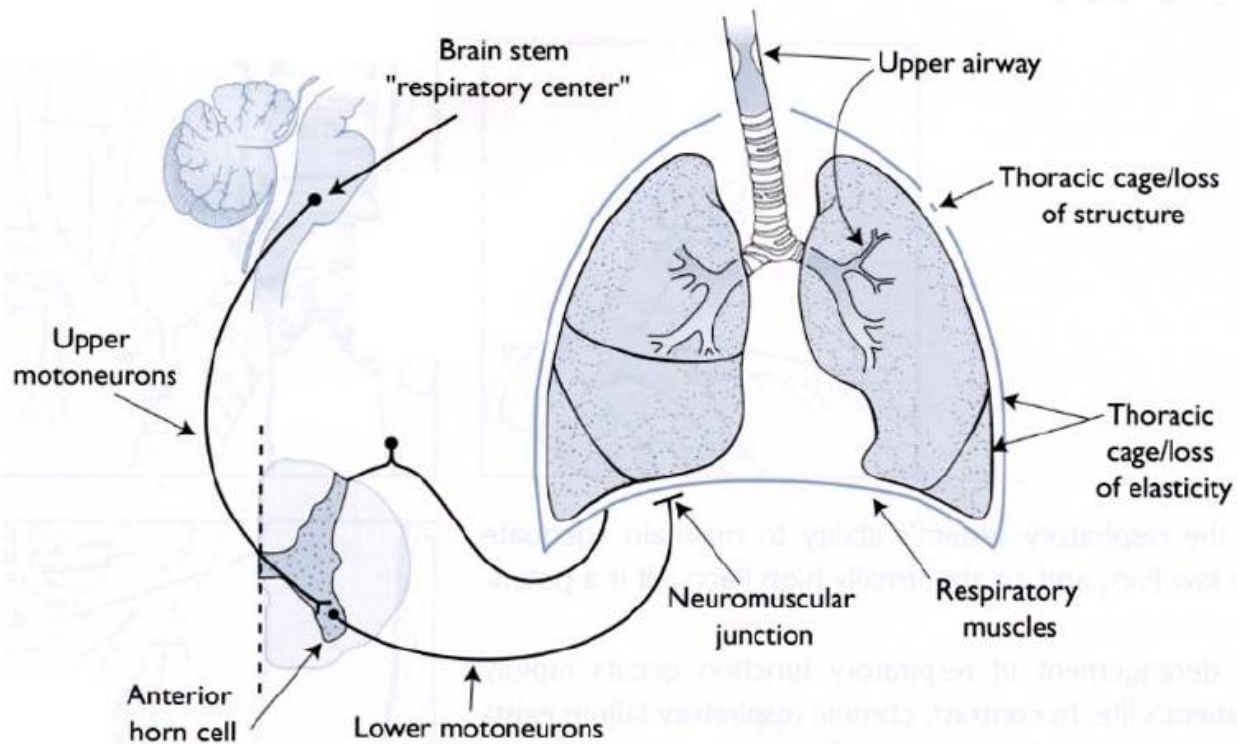
- 1.αερισμός
- 2.ανταλλαγή αερίων
- 3.Κυκλοφορία





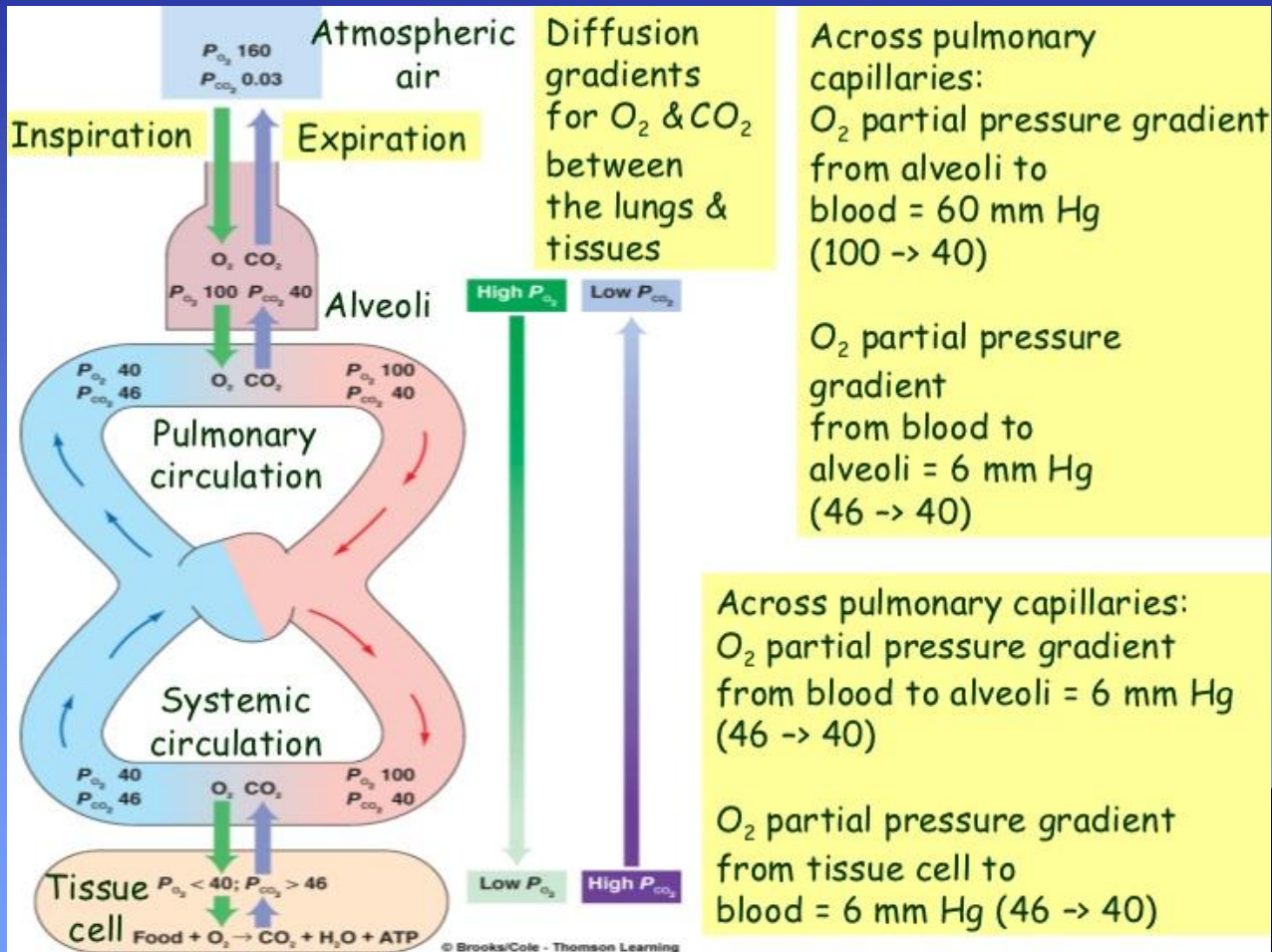
# Αερισμός

## ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ





# Κυκλοφορία



- Τί σκοτώνει πιο γρήγορα;

Η υποξυγοναιμία ή η υπερκαπνία;



# Μηχανισμοί υποξαιμίας

- Υποξαιμική υποξαιμία (αδυναμία οξυγόνωσης του αίματος)
  1. Χαμηλή μερική πίεση εισπνεόμενου οξυγόνου
  2. Διαταραχές αερισμού-αιμάτωσης
  3. Ενδο- ή έξωπνευμονικό βραχυκύκλωμα (επικοινωνία από δεξιά προς αριστερά)
  4. Διαταραχές διάχυσης
  5. Υποαερισμός



# Μηχανισμοί υποξαιμίας

- Αναιμική υποξαιμία (η αδυναμία του αίματος να μεταφέρει το οξυγόνο)

1.Αναιμία

2.Δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα

3.Μεθαιμοσφαιριναιμία

4.Μετατόπιση της καμπύλης Hb



# Μηχανισμοί υποξαιμίας

- Κυκλοφορική υποξία (μειωμένη καρδιακή παροχή)

1. Καταπληξία

2. Αγγειοσύσπαση/τοπική ισχαιμία

- Κυτταροτοξική υποξυγοναιμία (αδυναμία των ιστών να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο)

1. Δηλητηρίαση με κυανιούχα

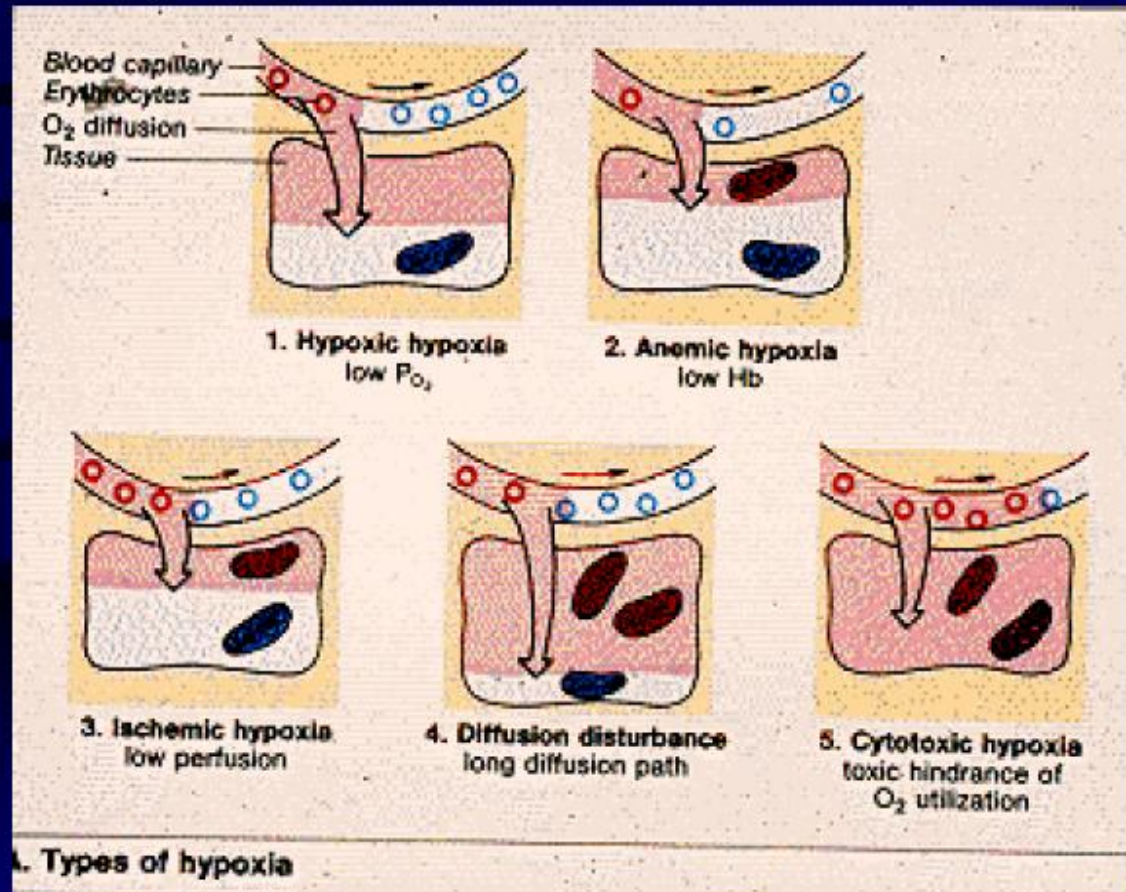
2. Σήψη





# Τύποι υποξίας

## Υποξαιμία και 5 μηχανισμοί υποξίας





# 1. Ορισμοί

- **Οξυγονοθεραπεία**

Η χορήγηση καθαρού οξυγόνου με τον εισπνεόμενο αέρα σε κάθε περίπτωση υποξαιμίας ή/ και υποξίας με σκοπό την αύξηση της  $PaO_2$  σε επαρκή επίπεδα για να επιτευχθεί η οξυγόνωση των κυττάρων και η πρόληψη βλαβών των ζωτικών οργάνων



# ΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟ ΕΙΝΑΙ ΦΑΡΜΑΚΟ ΚΑΙ ΕΧΕΙ:

- Ενδείξεις
- Παρενέργειες
- Δοσολογία
- Τοξικότητα
- Τρόπους χορήγησης

# Ερωτήσεις

---

## Checklist for safe prescribing of oxygen

- How can inadequate tissue oxygenation be recognised?
  - When is acute oxygen therapy appropriate and at what dose?
  - Is outcome of disease improved?
  - How is oxygen best delivered and is humidification necessary?
  - What are the dangers of oxygen treatment?
  - What assessment and monitoring are necessary?
  - When should oxygen therapy be stopped?
-

- Ένας ασθενής προσέρχεται στα ΤΕΠ με ταχύπνοια ( $RR > 30/\text{min}$ ), αίσθημα δύσπνοιας και **κορεσμό** αρτηριακού αίματος 96% σε  $FiO_2 = 21\%$
- Θα του βάζατε οξυγόνο?

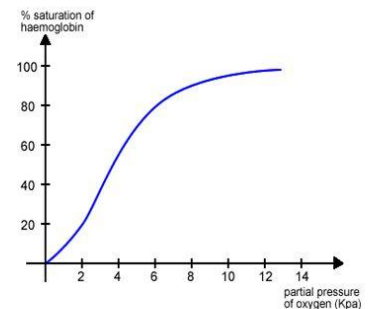


# Κορεσμός της αιμοσφαιρίνης SpO<sub>2</sub>

- Fifth vital sign = oxygen saturation
- The other 4th
- 1.Pulse rate
- 2.RR
- 3.Temperature
- 4.Blood Pressure

## SaO<sub>2</sub> Κορεσμός της αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο στο αρτηριακό αίμα

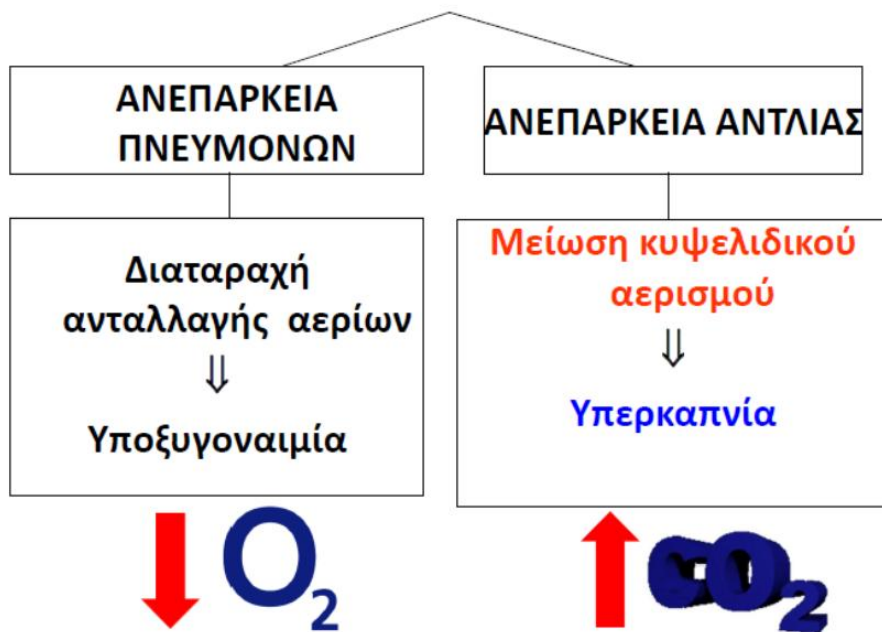
- ▶ Η έκταση κορεσμού της αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο στο αρτηριακό αίμα μετρείται με ένα απλό δείγμα αρτηριακού αίματος
- ▶ Φυσιολογικές τιμές 95-98%
- ▶ SpO<sub>2</sub> μπορεί και να μετρηθεί με παλμικά οξύμετρα
  - ▶ Κορεσμός του αρτηριακού αίματος στην περιφέρεια



## ΑΝΑΠΝ. ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ & ΤΥΠΟΙ

### Αναπνευστική Ανεπάρκεια

• ΤΥ  
ΥΓ



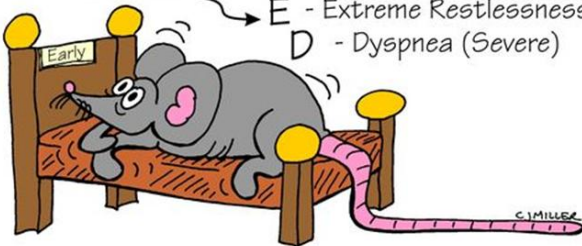
# ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΥΠΟΞΙΑΣ

- ✓ **Αναπνευστικές διαταραχές**, ταχύπνοια, εργώδης αναπνοή.
- ✓ **Διαταραχές κυκλοφορίας**, ταχυκαρδία, άλλες αρρυθμίες.
- ✓ **Διαταραχές κεντρικού νευρικού συστήματος**, υπνηλία, σύγχυση, κώμα.
- ✓ Κεντρική κυάνωση, υγρό ή ψυχρό δέρμα.

SYMPTOMS OF HYPOXIA

Early → R - Restlessness  
A - Anxiety  
T - Tachycardia/Tachypnea

is Late to → B - Bradycardia  
E - Extreme Restlessness  
D - Dyspnea (Severe)

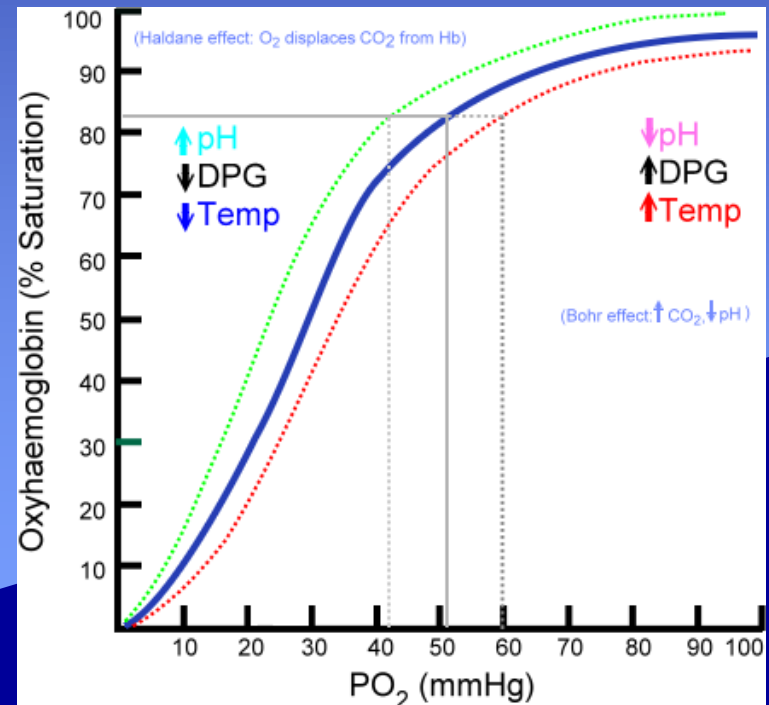


(In Pediatrics) → F - Feeding Difficulty  
I - Inspiratory Stridor  
N - Nares Flare  
E - Expiratory Grunting  
S - Sternal Retractions

© 2007 Nursing Education Consultants, Inc.

# Οξυμετρία ή αέρια αίματος?

- pH, Pco<sub>2</sub>, HB
- Υποψία για παθολογικές αιμοσφαιρίνες
- Artifacts (nail polish/pigmentations)
- Χαμηλή καρδιακή παροχή, υποάρδευση





# Η οξυμετρία αρκεί?

- Βαρέως πάσχοντες \*
- Πτώση κορεσμού  $> 3\%$  με συνοδή ταχύπνοια και ανάγκη για αύξηση του μίγματος οξυγόνου
- Τύπου II A.A.
- Σε υποψία M.O. λόγω νεφρικής ανεπάρκειας ή διαβητικής κετοξέωσης



# Αρχικός θεραπευτικός στόχος: διόρθωση ή αποφυγή υποξαιμίας

## 94-98 % κορεσμός -στόχος

**Κλινική εξέταση**= εκτίμηση της πιθανότητας ύπαρξης προβλημάτων και όχι της βαρύτητας

### **Φυσιολογικές τιμές**

✓  $pH=7.40$   $PaCO_2=40$  mm Hg,  $HCO_3=24$

✓  $PaO_2$  ανάλογα με την ηλικία και θέση σώματος

Καθιστή θέση=  $100-0,25 \times \text{ηλικία} + 10$  mmHg

Ύπτια θέση =  $100- 0,40 \times \text{ηλικία} + 10$ mmHg

=  $105-0,30 \times \text{ηλικία}$



Πού δεν είναι απαραίτητη η χρήση οξυγόνου εκτός αν συνυπάρχει υποξυγοναιμία ;

- ΟΕΜ/Οξύ στεφανιαίο σύνδρομο
- ΑΕΕ
- Υπεραερισμός
- Δηλητηριάσεις/Υπερδοσολογία φαρμάκων
- Δηλητηρίαση με paraquat ή μπλεομυκίνη(στόχος  $SpO_2=85-88\%$ )
- Νευρολογικές και μυικές διαταραχές που οδηγούν σε αδυναμία των μυών
- Κύηση και τοκετός



Σε ποιες περιπτώσεις με φυσιολογικό  $spO_2$  χορηγώ οξυγόνο?

- Δηλητηρίαση με CO
- Δηλητηρίαση με κυανίδια
- Πνευμοθώρακας



# Ενδείξεις ΟΤχ στους βαρέως πάσχοντες

- Ανακοπή καρδιάς
- Καταπληξία, σήψη, μείζον τραύμα, πνιγμός, αναφυλαξία, πνευμονική αιμορραγία, status epilepticus
- TBI
- Δηλητηρίαση με μονοξείδιο του άνθρακα



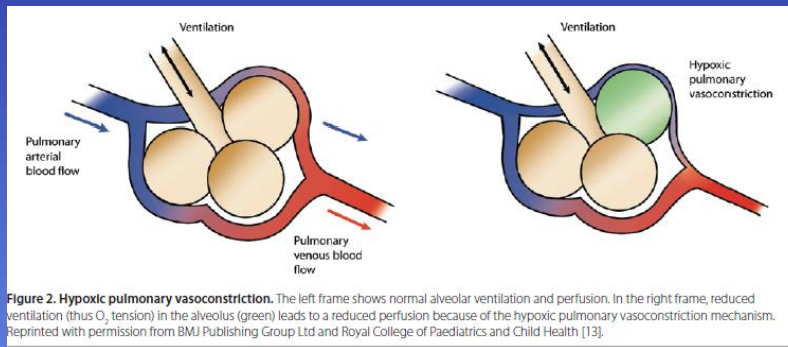
# Target Spo2 88-92%

- COPD
- Κακοήθης παχυσαρκία
- Κυστική ίνωση
- Ανωμαλίες θωρακικού κλωβού
- Νευρομυικές διαταραχές
- Απόφραξη της ροής του αέρα

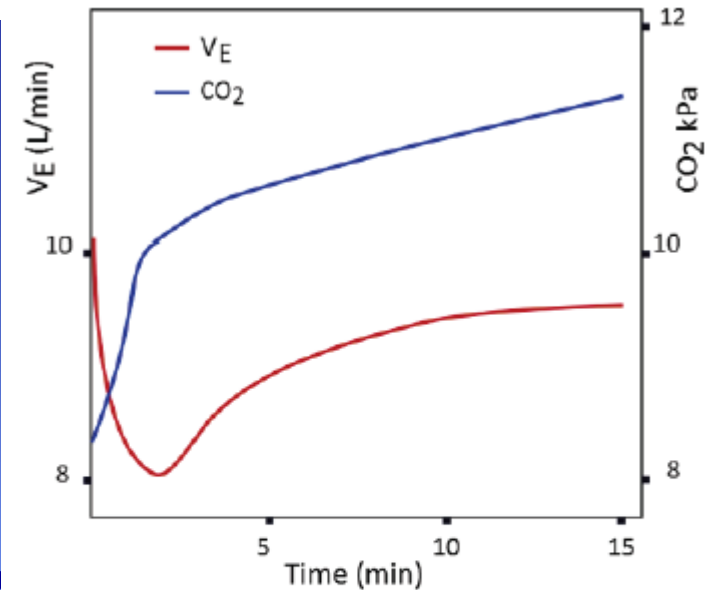


# Oxygen-induced hypercapnia in COPD: myths and facts

Wilson F Abdo\* and Leo MA Heunks



Θεωρία του υποξικού ερεθίσματος  
retainers vs non retainers  
υποξική πνευμονική αγγειοσύσπαση



**Figure 1. Effect of minute ventilation during oxygen-induced hypercapnia.** During 15 minutes of high oxygen administration, an initial decrease in minute ventilation, which recovers substantially, is seen in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. However, the oxygen-induced hypercapnia does not recover. CO<sub>2</sub>, carbon dioxide; V<sub>E</sub>, minute ventilation. Based on data of Aubier and colleagues [4].

# Συστήματα παροχής οξυγόνου

- *Α. Συστήματα χαμηλής ροής (η πυκνότητα του μίγματος εξαρτάται από τον όγκο του αέρα που εισπνέεται/σταθερός και ρυθμικός τύπος αναπνοής.)*

1. Ρινικοί καθετήρες (ροές έως 6 lt/min)

2. Μάσκες υψηλής συγκέντρωσης > 6 lt/min

3. Μάσκες τραχειοστομίας

4. Μάσκες με ασκό με ή χωρίς μερική επανεισπνοή

5. Ρινοφαρυγγικοί καθετήρες

6. Διατραχειακός καθετήρας





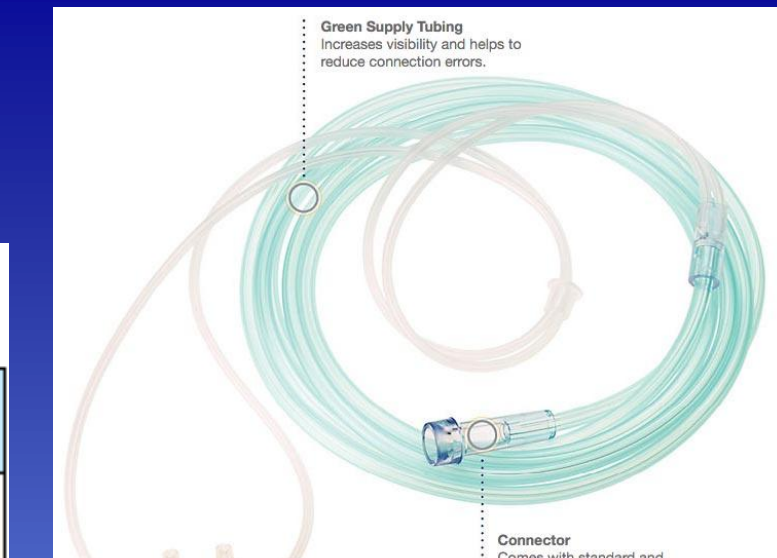
# Ένας πίνακας για όλα

Σύστημα Παροχής Οξυγόνου	Ροή (L/min)	Ποσοστό % εισπν. O <sub>2</sub>
Ρινικός καθετήρας (+ 4%/L) (γυαλάκια)	1	24 ± 2
	2	28
	3	32
	4	36
Απλή μάσκα (+ 5%/L)	5	40 ± 2
	7	50 (+ 5%/L)
	8-10	55-60
Μάσκα με ασκό μερικής επανεισπνοής (χωρίς βαλβίδα)	5-6	35-50
	7	45-75
	10	65-100
Μάσκα με ασκό χωρίς επανεισπνοή	4-10	24-100

# Nasal cannulae

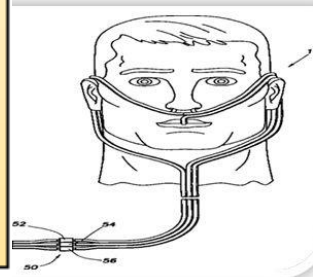
## Patient with chronic obstructive pulmonary disease

	In respiratory distress	After relief of respiratory distress
<b>Ventilatory minute volume</b> (Respiratory rate x tidal volume)	<b>30 l/min</b> (40 breaths/min x 750 ml/breath)	<b>5 l/min</b> (10 breaths/min x 500 ml/breath)
<b>Oxygen flow rate</b>	<b>2 l/min</b>	<b>2 l/min</b>
<b>Calculation of inspired oxygen concentration (FiO<sub>2</sub>)</b>	2 l/min of 100% oxygen + 28 l/min of air drawn into the mask (21% oxygen) = 30 l/min minute volume Thus $FiO_2 = \frac{(1.0 \times 2) + (0.21 \times 28)}{30} = 0.26 \text{ (26\%)}$	2 l/min of 100% oxygen + 3 l/min of air drawn into the mask (21% oxygen) = 5 l/min minute volume Thus $FiO_2 = \frac{(1.0 \times 2) + (0.21 \times 3)}{5} = 0.53 \text{ (53\%)}$



## Ρινική κάνουλα

Είς που δεν ανέχονται καλά την μάσκα προσώπου, ο ακριβής υπολογισμός της συγκέντρωσης οξυγόνου, γίνεται η χορήγηση >4 L/1'.



"Nasal cannula", από Epolk διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

- 1L = 24% O<sub>2</sub>
- 2L = 28% O<sub>2</sub>
- 3L = 32% O<sub>2</sub>
- 4L = 36% O<sub>2</sub>
- 5L = 40% O<sub>2</sub>
- 6L = 44% O<sub>2</sub>

# Simple face mask

- Between 40% and 60%
- type 1 Respiratory Failure



# High-concentration reservoir mask (non-rebreathing mask)

- 60% and 90% 15 L/min
- Trauma / ER



# Συστήματα παροχής οξυγόνου

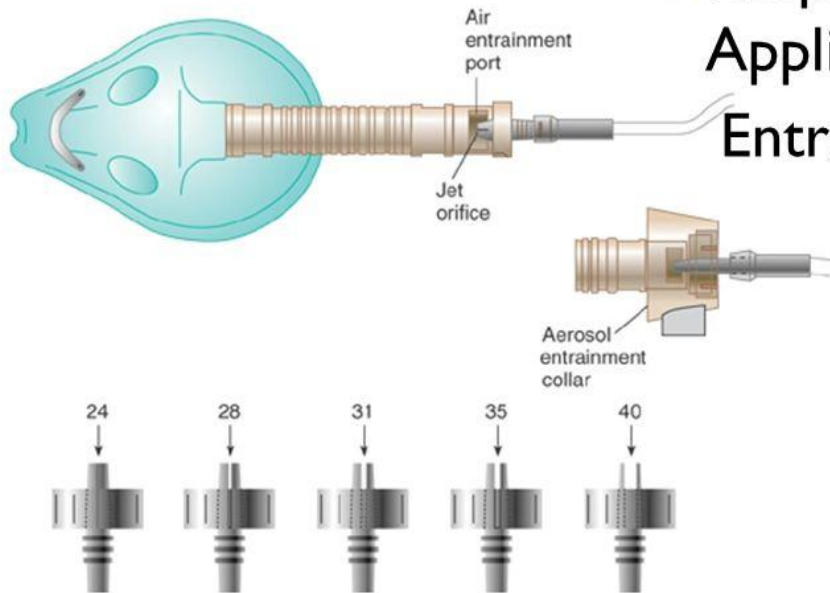
- *A. Συστήματα υψηλής ροής (η πυκνότητα του μίγματος δεν εξαρτάται από τον όγκο του αέρα που εισπνέεται/η ροή του μίγματος είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη εισπνευστική του ασθενούς (>20 lt/min).*
1. Μάσκες Venturi (η ταχύτητα και η ροή της στήλης του O<sub>2</sub> καθορίζουν τον βαθμό ανάμειξης)
  2. Κύκλωμα T
  3. High flow nasal oxygen



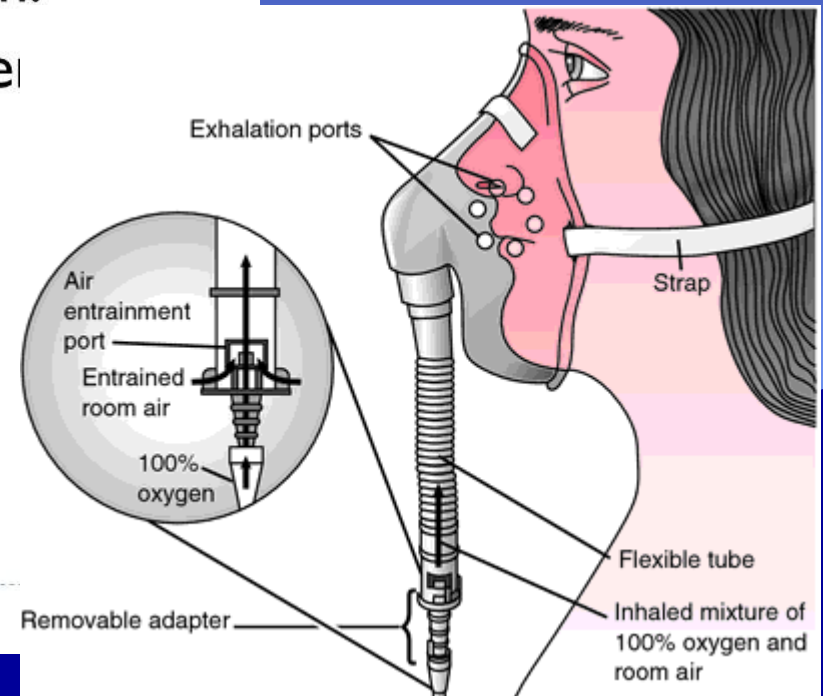
# ventimask

## Fluid Entrainment

▶ Respiratory Care  
Application:  
Entrainment



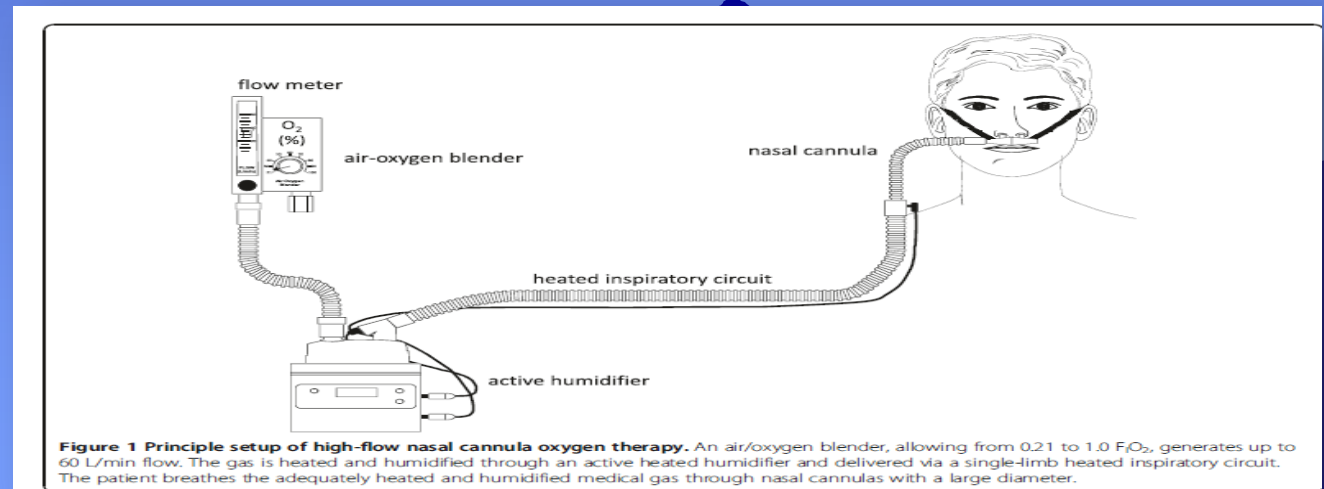
Copyright © 2003. Elsevier Inc. All Rights Reserved.



# heated and humidified HFNC supportive therapy

Roca et al. Critical Care (2016) 20:109

- Υποστηρικτική θεραπεία με υψηλή ροή με ειδικό θερμαινόμενο σύστημα και σύστημα ύγρανσης
- 37 ° C
- Υψηλές ροές ανάμικτου οξυγόνου διαμέσου ενός ευρύ σωλήνα και ειδικών ρινικών προεξοχών αγγίζοντας ροές μέχρι 60 L/min
- FiO<sub>2</sub> 0.21 to 1.





# NHFCl πλεονεκτήματα

Βελτίωση  
αναπνευστικών  
παραμέτρων

Σταθερό  
FIO<sub>2</sub>/εισπνευστική  
ροή

Φαινόμενο  
PEEP  
(επιστράτευση  
πνεύμονα)

Έκπλυση του  
νεκρού  
χώρου στο  
φάρυγγα

Μείωση του  
έργου της  
αναπνοής





# Επιπλοκές και τοξικότητα του οξυγόνου

- A. Σωματικές

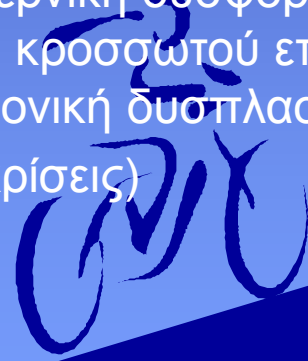
1. Τραυματισμός από έκρηξη
2. Ξήρανση των βλεννογόνων λόγω ανεπαρκούς ύγρυνσης

- B. Λειτουργικές

1. Υπερκαπνία (κατάργηση υποξαιμικού ερεθίσματος)
2. Ατελεκτασία εξ  $\uparrow$  απορροφήσεως (έκπλυση  $N_2$ , πνευμοθώρακας)

- Γ. Τοξικές

1. Πνεύμονες (πνευμονικό οίδημα, οπισθοστερνική δυσφορία, μείωση της ζωτικής χωρητικότητας, καταστροφή του κροσσώτου επιθηλίου, αύξηση της επιφανειακής τάσεως, βρογχοπνευμονική δυσπλασία στα νεογνά)
2. Εγκέφαλος (αγγειοσύσπαση, επιληπτικές κρίσεις)
3. Οφθαλμοί (οπισθοφακοειδή ινοπλασία)



PATIENT WITH SUSPECTED HYPOXIA IN WHOM THE INITIATION OF OXYGEN THERAPY MAY BE INDICATED: OBTAIN OXIMETRY†

IS THE PATIENT AT RISK OF HYPERCAPNIC RESPIRATORY FAILURE?\*

NO

$SpO_2 < 85\%$

- Start  $O_2$  4 L/min nasal cannulae, 5-10 L/min via mask, 15L/min via a 100% non-rebreather reservoir mask or HFNC ( $Fi O_2 > 0.35$ ) depending on clinical situation
- Titrate  $O_2$  to achieve  $SpO_2$  92-96% target range
- Obtain ABG

$PaCO_2 > 45\text{mmHg}$  and  $pH < 7.35$  or  $PaO_2 < 60\text{mmHg}$  (despite high flow  $O_2$  via mask)

- Consider NIV or invasive ventilation and/or ICU/HDU admission
- Titrate  $O_2$  to target range depending on level of hypercapnia and/or hypoxaemia

$SpO_2$  85-91%

- Start 2-4 L/min nasal cannulae or other suitable oxygen delivery method
- Titrate  $O_2$  to achieve  $SpO_2$  92-96% target range
- Consider ABG

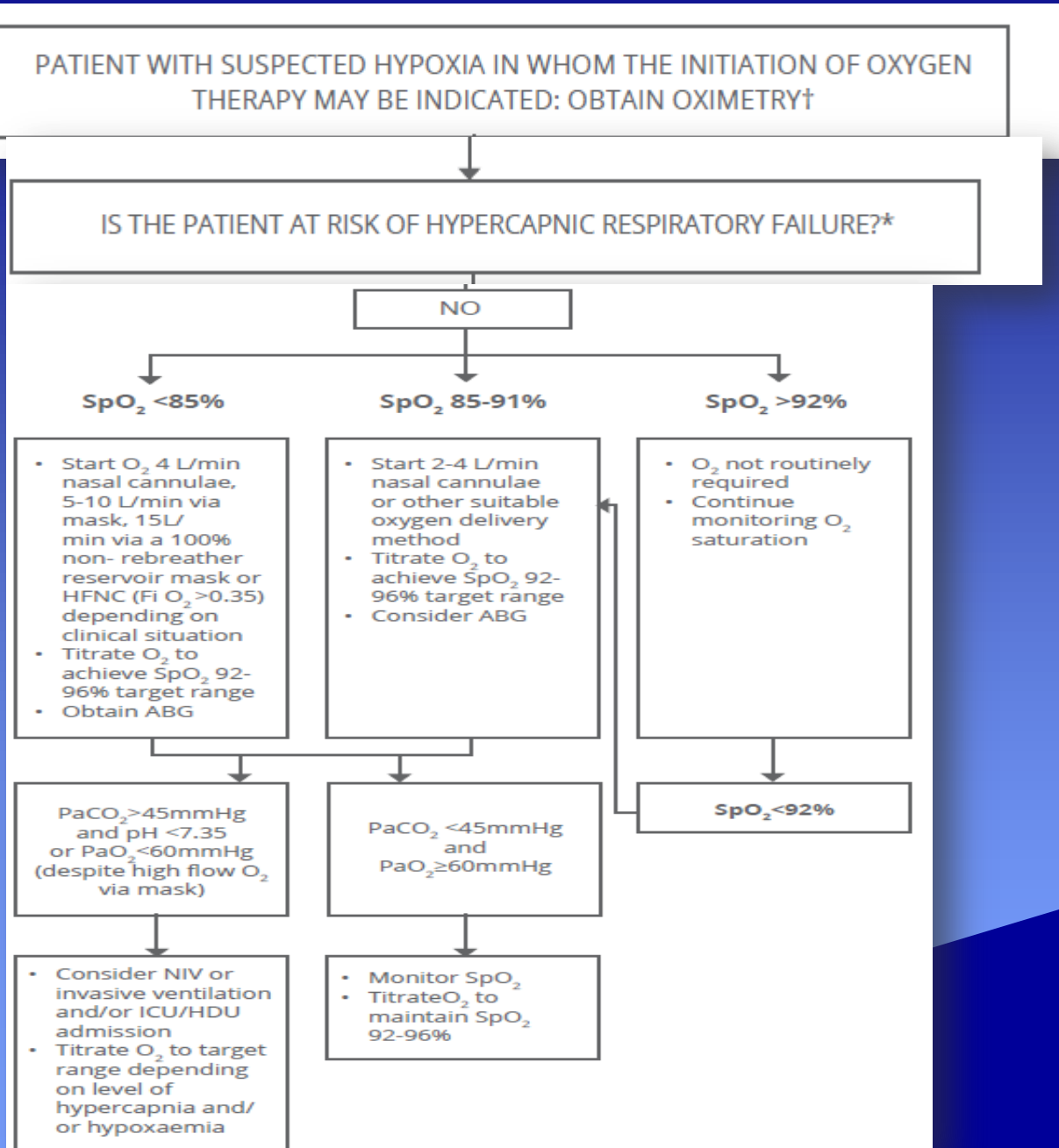
$PaCO_2 < 45\text{mmHg}$  and  $PaO_2 \geq 60\text{mmHg}$

- Monitor  $SpO_2$
- Titrate  $O_2$  to maintain  $SpO_2$  92-96%

$SpO_2 > 92\%$

- $O_2$  not routinely required
- Continue monitoring  $O_2$  saturation

$SpO_2 < 92\%$



PATIENT WITH SUSPECTED HYPOXIA IN WHOM THE INITIATION OF OXYGEN THERAPY MAY BE INDICATED: OBTAIN OXIMETRY†

IS THE PATIENT AT RISK OF HYPERCAPNIC RESPIRATORY FAILURE?\*

YES

$SpO_2 < 88\%$

- Start  $O_2$  1-2 L/min nasal cannulae or 2-4 L/min via 24% or 28% Venturi mask
- Titrate  $O_2$  to achieve  $SpO_2$  88-92% target range
- Give bronchodilator (if required) by air-driven nebuliser or MDI
- Obtain ABG

$pH < 7.35$  and  $PaCO_2 > 45\text{mmHg}$

- Consider NIV or invasive ventilation and/or ICU/HDU admission
- $O_2$  to maintain  $SpO_2$  88-92% target range

$SpO_2 > 88\%$

- No  $O_2$  therapy
- Continue monitoring
- Consider ABG

$SpO_2 < 88\%$

$pH \geq 7.35$

$O_2$  as needed to maintain  $SpO_2$  88-92% target range



# Diffusion of Gases from the Alveoli



## Gas Uptake is Determined by (3) Factors:

1. Diffusion properties of the alveolar-capillary membrane;
  2. Partial pressure gradient of oxygen,
  3. Pulmonary capillary blood flow
- Diffusion of gases is a function of the partial pressure difference of the individual gases
    - The partial pressure difference for oxygen is called the oxygen diffusion gradient

## Examples of Diffusion Gradients

- In the normal lung, the initial oxygen diffusion gradient, alveolar  $PO_2$  (102 mm Hg) minus venous  $PO_2$  (40 mm Hg) is 62 mm Hg
- The initial diffusion gradient across the alveolar-capillary membrane for  $CO_2$  (venous  $PCO_2$ ) minus alveolar  $PCO_2$  is about 6 mm.

**Take Home:  $O_2$  diffuses rapidly compared to  $CO_2$**

