

Κυψελιδικός αερισμός και μεταφορά αερίων

*Κ. Μαυροματίδης
Νεφρολόγος*



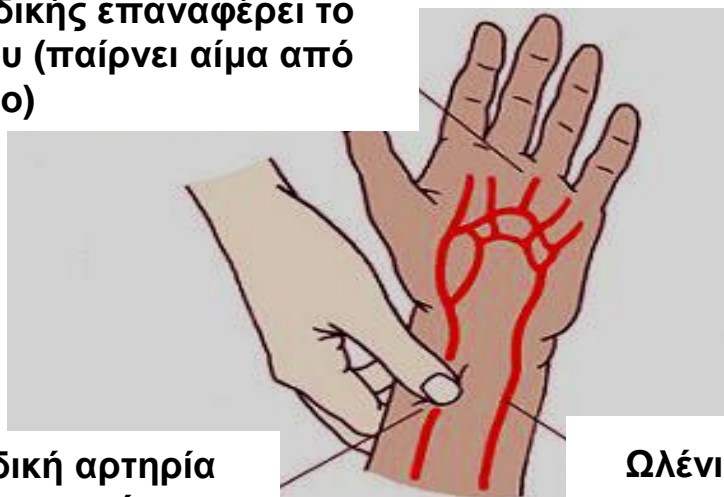
Ωχρότητα παλάμης
μετά την απόφραξη

Κερκιδική αρτηρία
αποφραγμένη

Ωλένιος αρτηρία
αποφραγμένη



Το χέρι με την απόφραξη μόνο
της κερκιδικής επαναφέρει το
χρώμα του (παιρνει αίμα από
την ωλένιο)



Κερκιδική αρτηρία
αποφραγμένη

Ωλένιος αρτηρία
ανοιχτή

Δοκιμασία Allen

**Αντί όμως της δοκιμασία Allen μπορεί να
εκτιμηθεί η παροχή αίματος και με το
οξύμετρο**



Είναι το δείγμα σωστό;

Στην αναγνώριση της λήψης (από λάθος)
φλεβικού δείγματος βοηθούν:

- ✓ Η μη διαπίστωση **αυτόματης επιστροφής** αίματος στη σύριγγα ή έλλειψη σφύξεων κατά το γέμισμά της
- ✓ **Η μη συμβατές τιμές** σε σχέση με την κλινική εικόνα
- ✓ Η χαμηλή PaO_2 και η ελαφρά ψηλότερη $PaCO_2$
- ✓ Ο SpO_2 όταν είναι υψηλότερος από τον SaO_2

Λάθη πριν την εξέταση του δείγματος

Παράγοντες που μεταβάλλουν στο εργαστήριο τα αποτελέσματα των δειγμάτων αερίων αίματος:

- ✓ Φυσαλίδες αέρα στο δείγμα

Without air	With air
Patient Report pO ₂ 70 mmHg [83–108] pCO ₂ 45.6 mmHg [35–48] sO ₂ 94.0 % [95–99]	Patient Report pO ₂ 90 mmHg [83–108] pCO ₂ 45.4 mmHg [35–48] sO ₂ 96.9 [95–99]

- ✓ Καθυστέρηση εξέτασης του δείγματος (σε πάγο όχι >60 min, χωρίς πάγο όχι >10 min)

Immediately	After 60 minutes
Patient Report pH 7.41 [7.35–7.45] cGlu 5.4 mmol/L [3.9–5.8] cLac 1.5 mmol/L [0.5–1.6]	Patient Report pH 7.39 [7.35–7.45] cGlu 4.9 mmol/L [3.9–5.8] cLac 2.0 mmol/L [0.5–1.6]

- ✓ Μικρό δείγμα σε σχέση με το αντιπηκτικό

Μείωση της PaCO₂, PaO₂ και των HCO₃⁻ (pH αμετάβλητο)

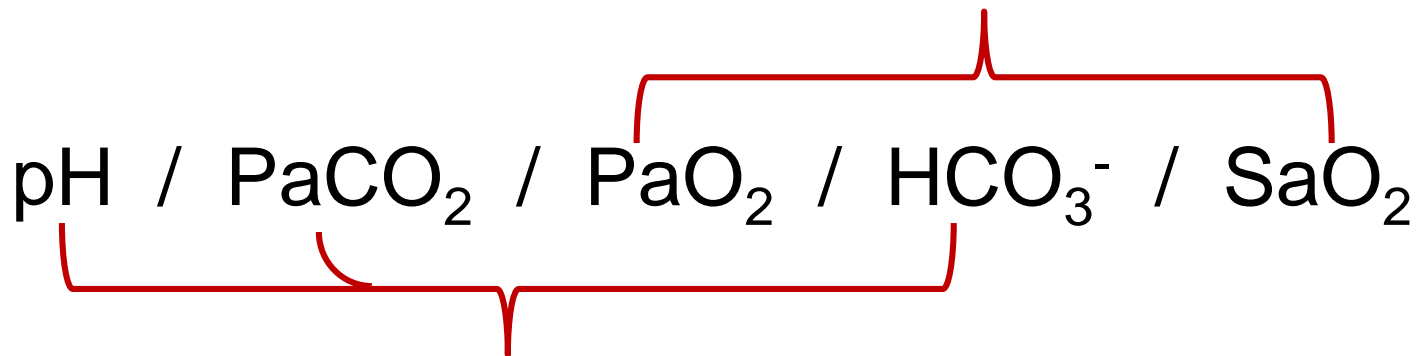
Αέρια αίματος

Πληροφορίες οξεοβασικής κατάστασης

- ✓ pH
- ✓ PaCO₂
- ✓ HCO₃⁻ (υπολογιζόμενα vs μετρούμενα)

Πληροφορίες οξυγόνωσης

- ✓ PaO₂ (Μερική πίεση O₂ αρτηριακού αίματος)
- ✓ SaO₂ (Κορεσμός Hb με O₂)



Περί αερίων αίματος

Για τη σωστή ερμηνεία των αερίων αίματος χρειάζονται εκτός από τα αποτελέσματα του δείγματος των αερίων και:

1. Πληροφορίες σχετικές με το περιβάλλον του ασθενούς

- Εισπνεόμενο O_2 (FiO_2)
- Βαρομετρική πίεση

2. Άλλα εργαστηριακά

- Προηγούμενα αέρια αίματος
- Ακτινογραφία θώρακα
- Λειτουργικά test πνεύμονα
- Αιμοσφαιρίνη

3. Αριθμός αναπνοών/λεπτό και άλλα ζωτικά σημεία

- Βαθμός αναπνευστικής προσπάθειας

4. Νοητική κατάσταση ασθενούς

5. Κατάσταση ιστικής αιμάτωσης

Αερισμός

- ✓ P_aCO_2
- ✓ $P(A-a)O_2$
- ✓ FiO_2
- ✓ P_aO_2/FiO_2
- ✓ P_aO_2/P_{AO_2}

Οξυγόνωση (υποξία-υποξαιμία)

- ✓ P_aO_2
- ✓ SaO_2
- ✓ CaO_2
- ✓ Ιστική οξυγόνωση
- ✓ Καμπύλη αποδέσμευσης Hb

Μεταφορά CO_2 και O_2

- ✓ Haldane effect
- ✓ Φαινόμενο Bohr

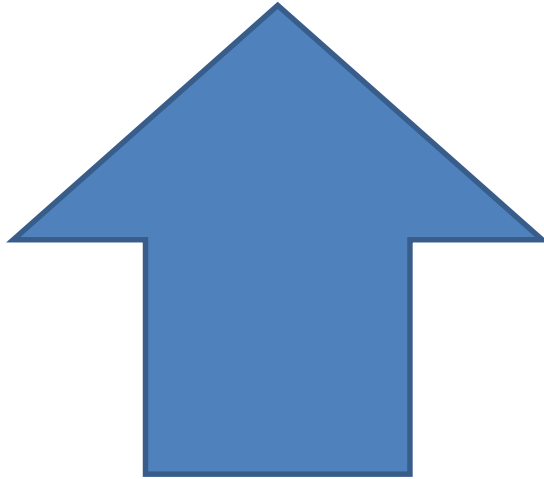
Σχέση αερισμού/αιμάτωσης

- ✓ V/Q

Αερισμός

- ✓ P_aCO_2
- ✓ $P(A-a)O_2$
- ✓ FiO_2
- ✓ P_aO_2/FiO_2
- ✓ P_aO_2/P_{AO_2}

Ο «αερισμός» προσδιορίζεται από την αποβολή του CO_2 από τον οργανισμό (εξαρτάται από το **ρυθμό και το βάθος των αναπνοών**)

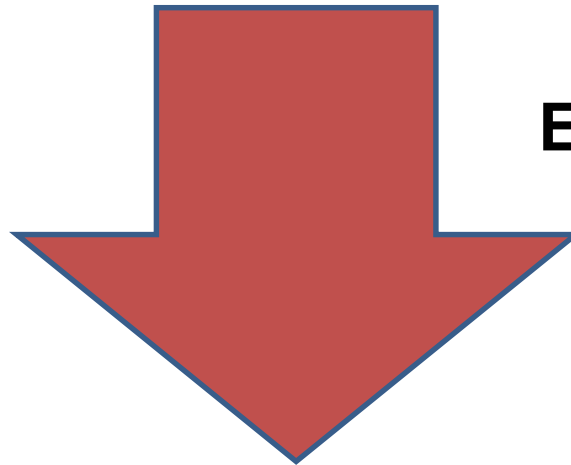


Εισπνεόμενος αέρας

21% O₂

78% N

~0 CO₂



Εκπνεόμενος αέρας

17% O₂

78% N

4% CO₂

Περί P_aCO_2



Κάθε συζήτηση για την **ανταλλαγή των αερίων** και
τα αέρια του αρτηριακού αίματος, πρέπει να
αρχίζει από την **$PaCO_2$**

**Υπενθύμιση: Το CO_2 διαχέεται 20 φορές
ταχύτερα από το O_2**

Η PaCO₂ ΔΕΝ ΠΑΡΕΧΕΙ πληροφορίες για την κλινική εικόνα
(δεν υπάρχει καμία συσχέτιση επιπέδων PaCO₂ και κλινικής
εικόνας). Οποιοσδήποτε συνδυασμός **συχνότητας αναπνοών,**
βάθους και αναπνευστικής προσπάθειας μπορεί να
σχετίζεται με οποιαδήποτε τιμή PaCO₂

Η PaCO_2 όμως είναι η μόνη που παρέχει

πληροφορίες για:

- ✓ Τον **αερισμό**
- ✓ Την **οξυγόνωση** και
- ✓ Την **οξεοβασική ισορροπία**

Ισότητες PaCO₂

$$PaCO_2 = \frac{VCO_2 \times 0,863}{VA} \quad \text{Αερισμός}$$

$$PAO_2 = PiO_2 - PaCO_2 / 0,8$$

Οξυγόνωση

$$pH = 6,1 + \log \frac{HCO_3^-}{0,03 \times PaCO_2}$$

Οξεοβασική ισορροπία

Όπου 0,863 σταθερά που μετατρέπει τα ml/min της VCO₂ και τα L/min της VA σε mmHg

Η σημασία της PaCO₂

Υψηλή PaCO₂ (>45 mmHg) υποδηλώνει την ύπαρξη κυψελιδικού υποαερισμού

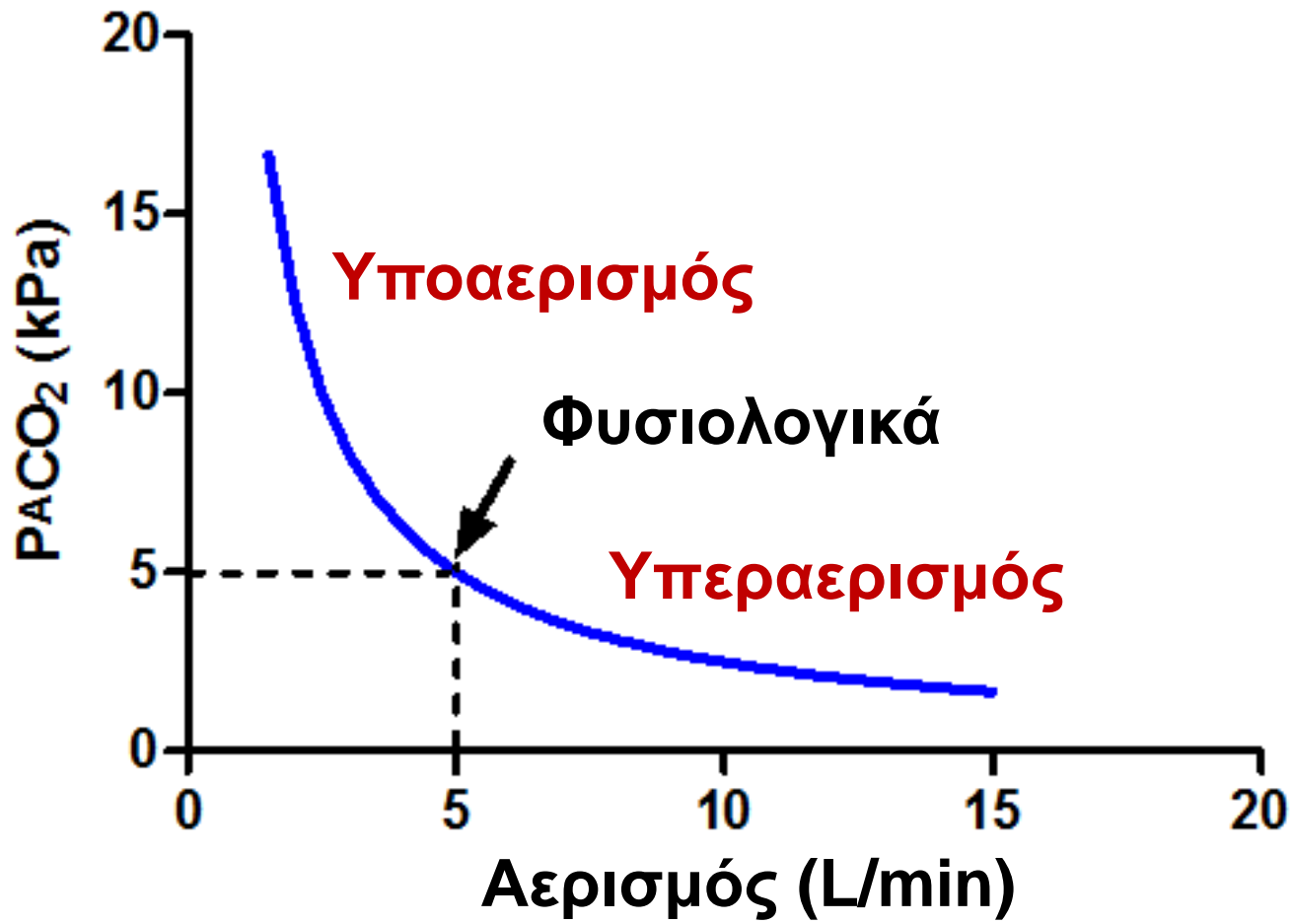
Χαμηλή PaCO₂ (<35 mmHg) υποδηλώνει κυψελιδικό υπεραερισμό

Ορισμός υπερκαπνίας

- ✓ Σε άτομο που ήταν πριν φυσιολογικό, μία **αύξηση της PaCO₂ κατά >5 mmHg** αποτελεί την οξεία υπερκαπνία
- ✓ Σε άτομο με χρόνια υπερκαπνία μία αύξηση της PaCO₂ **κατά πάνω από 5 mmHg από τα προηγούμενα σταθερά επίπεδα**, παριστάνει την οξεία επί χρόνιας υπερκαπνική αναπνευστική ανεπάρκεια

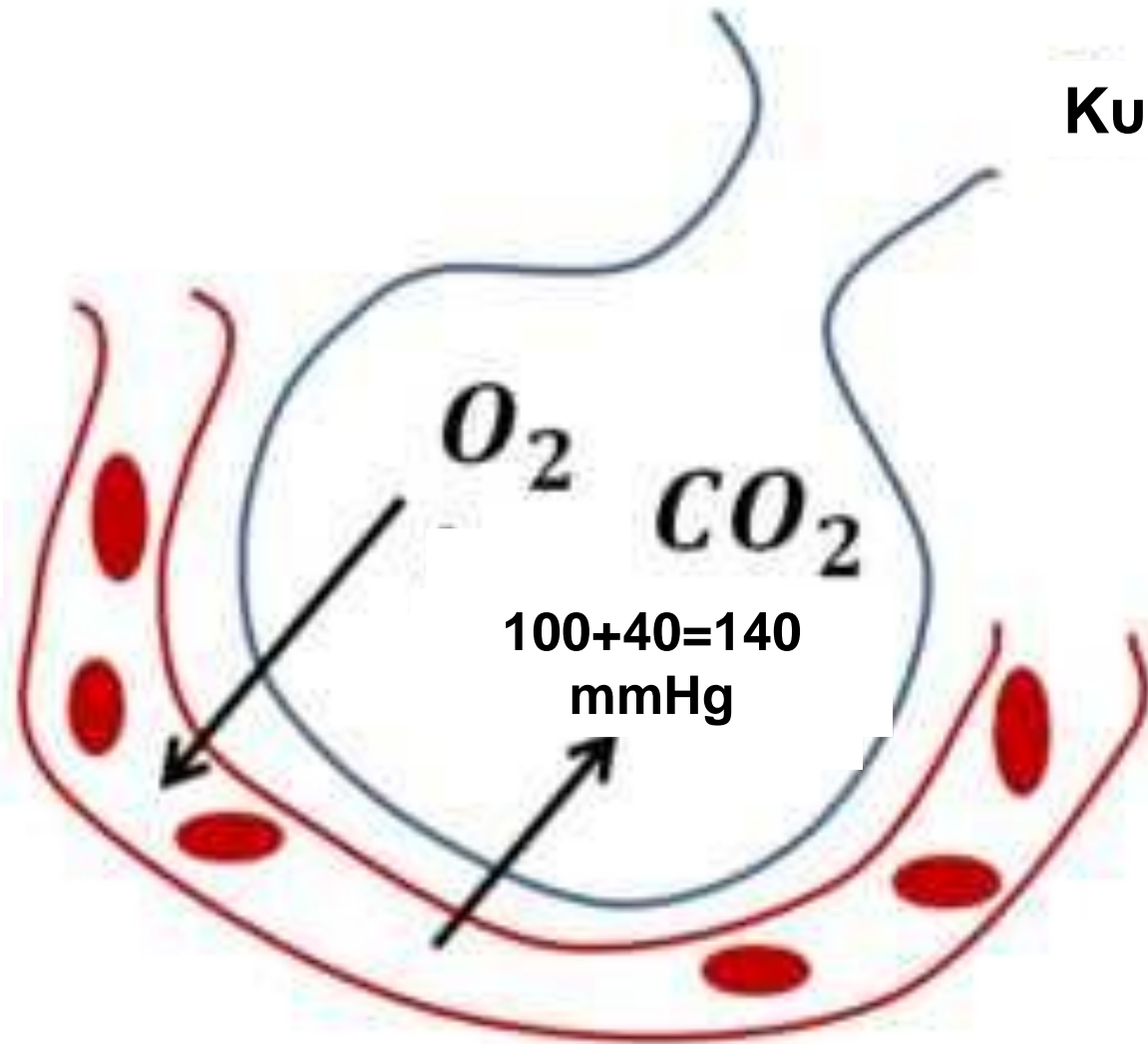
**Τελικά υπάρχει μία αντίστροφη σχέση μεταξύ
αερισμού και $PaCO_2$**

**Διπλασιασμός της $PaCO_2$ υποδηλώνει μείωση
κατά 50% του φυσιολογικού αερισμού που είναι
απαραίτητος για την αποβολή του CO_2 και
αντίθετα μείωση κατά 50% της $PaCO_2$
υποδηλώνει διπλασιασμό του φυσιολογικού
αερισμού**



Κυψελίδα

Τριχοειδές
κυψελίδων



Κυψελιδικός αερισμός

**Τελικά αν η P_aCO_2 μειωθεί κατά 1 mmHg, η P_aO_2
αυξάνει περίπου κατά 1,0-1,2 mmHg**

Η υπερκαπνία αποτελεί απειλή για τον ασθενή διότι:

1. Μία αύξηση της PaCO₂ μειώνει την PAO₂

$$P_{A}O_2 = (P_B - P_{H_2O}) \times F_{i}O_2 - 1,2 \times P_{a}CO_2$$

2. Μία αύξηση της PaCO₂ μειώνει το pH

$$pH = 6,1 + \log \frac{HCO_3^-}{0,03 \times P_{a}CO_2}$$

Σημείωση: Η αύξηση της PaCO₂ σε μία δεδομένη μείωση του κυψελιδικού αερισμού (V_A), εξαρτάται από τα αρχικά της επίπεδα (θα αυξηθεί περισσότερο όταν η αρχική είναι αυξημένη)

Περί $P(A-a)O_2$

Προσδιορίζει αν υπάρχει **διαταραχή στη σχέση αερισμού-αιμάτωσης** στους πνεύμονες

Περί $P(A-a)O_2$

Αποτελεί μία ευαίσθητη παράμετρο της ανταλλαγής των αερίων

Διαχωρίζει τον υποαερισμό από **πνευμονικές νόσους**

έναντι **νόσων του ΚΝΣ** ή προβλήματα των

αναπνευστικών μυών

Δηλαδή η εκτίμηση της ανταλλαγής αερίων στον πνεύμονα

Παρέχετε από τη διαφορά: $P(A-a)O_2$

$$P(A-a)O_2 = (150 - PaCO_2/0,9) - PaO_2$$

$$PAO_2: 150 - 40/0,9 = 106$$

$$P(A-a)O_2 = [(\Pi_B - P_{H_2O}) \times FiO_2 - PaCO_2/R] - PaO_2$$

R=Αναπνευστικό πηλίκο (Αποβαλλόμενο CO₂/Προσλαμβανόμενο O₂ [=0,8-1 σε ηρεμία])

FiO₂=Ποσοστό O₂ στον εισπνεόμενο αέρα (~21%)

P_{H₂O}=Μερική πίεση εξατμισμένου H₂O στις αεροφόρες οδούς (~47 mmHg)

Π_B=Βαρομετρική πίεση (~760 mmHg στην επιφάνεια της θάλασσας)

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κλίσης P(A-a)

Πλεονεκτήματα

- Προσδιορίζεται στο κρεβάτι του αρρώστου
- Βοηθά στη διάγνωση της αιτίας της υποξαιμίας (υποαερισμού και V/Q αναντιστοιχίας)

Μειονεκτήματα

- Εξαρτάται από την ηλικία, τον FiO₂ και τη βαρομετρική πίεση
- Είναι περίπλοκος ο προσδιορισμός της

Περί

- ✓ FiO_2
- ✓ $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$
- ✓ $\text{PaO}_2/\text{P}_A\text{O}_2$

FiO_2 (οξυγόνο εισπνεόμενου αέρα)

- ✓ Είναι **ίδιος** σε οποιοδήποτε υψόμετρο (21%)
- ✓ Ωστόσο η PaO_2 μειώνεται αυξανόμενου του **υψομέτρου**, εξαιτίας μείωσης της βαρομετρικής πίεσης

$$P_{A}O_2 = (B_{\Pi} - P_{H_2O}) \times FiO_2 - 1,2 \times PaCO_2$$

Περί FiO_2

Πολλαπλασιάζοντας τον FiO_2 x 5 λαμβάνεται η αναμενόμενη PaO_2 για τον δεδομένο FiO_2 (θεωρώντας ότι οι πνεύμονες είναι φυσιολογικοί) λ.χ.:

- ✓ Αν $FiO_2=21\%$ (αναπνοή σε αέρα δωματίου) η αναμενόμενη $PaO_2 = 5 \times 21 = 105 \text{ mmHg}$
- ✓ Όταν εισπνέεται αέρας με 50% O_2 ($FiO_2=50\%$), τότε η αναμενόμενη $PaO_2 = 5 \times 50 = 250 \text{ mmHg}$

Αν η μετρούμενη PaO_2 είναι σημαντικά κατώτερη από την αναμενόμενη, υπάρχει πρόβλημα στην ανταλλαγή των αερίων

Σχέση εισπνεόμενου O_2 (FiO_2) και PaO_2

FiO_2	Ελάχιστη αναμενόμενη PaO_2 (mmHg)
0,2	250
0,8	400
1	500

Άλλη σημασία έχει μία χαμηλή PaO_2 αν ο ασθενής εισπνέει συμπληρωματικά O_2 και άλλη αν εισπνέει αέρα δωματίου

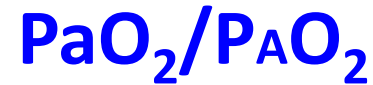


Περί λόγου $P_{aO_2}/P_{A O_2}$

Λόγος P_{aO_2}/P_{AO_2}

Για την εκτίμηση της P_{aO_2} το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός της P_{AO_2} (τάση O_2 στις κυψελίδες) και το επόμενο ο λόγος P_{aO_2}/P_{AO_2}

Έχοντας το λόγο αυτό δεν υπάρχει κανένας λόγος προσδιορισμού της κλίσης $P(A-a)$



**Προσδιορίζει τη διαφορά μεταξύ της πίεσης του O_2
στις κυψελίδες και αυτής στο αρτηριακό αίμα**

Φ.τ.>0,85 (για οποιονδήποτε FiO_2)

Λόγος P_{aO_2}/P_{AO_2}

Υπολογίζει καλύτερα την οξυγόνωση του αίματος από τον λόγο P_{aO_2}/F_{iO_2}

- ✓ Η P_{aO_2} λαμβάνεται από τα αέρια αίματος
- ✓ Η P_{AO_2} υπολογίζεται από την εξίσωση του κυψελιδικού αερισμού:

$$P_{AO_2} = (P_{\pi} - P_{H_2O}) \times F_{iO_2} - P_{aCO_2} / 0,9$$

Ο λόγος P_{aO_2}/P_{AO_2} προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια σ' ένα μεγάλο εύρος F_{iO_2}

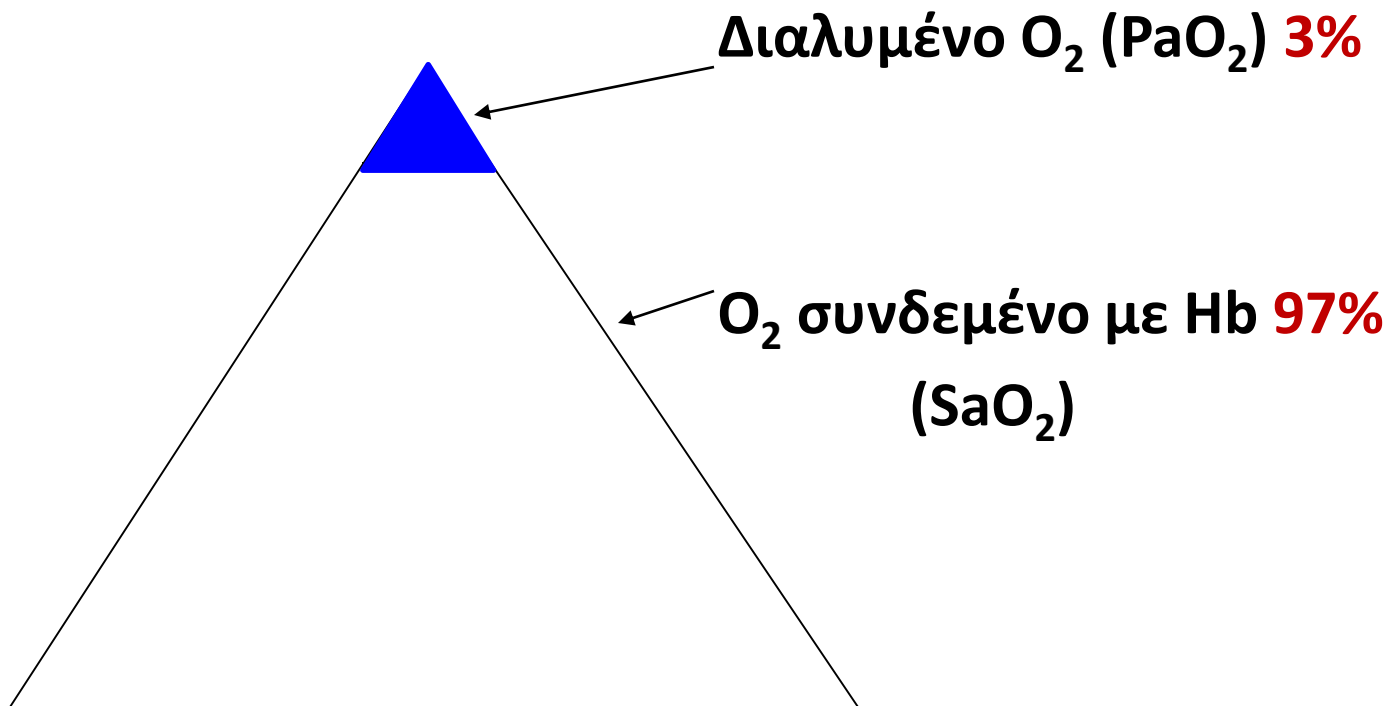
Οξυγόνωση (υποξία-υποξαιμία)

- ✓ PaO_2
- ✓ SaO_2
- ✓ CaO_2
- ✓ Ιστική οξυγόνωση
- ✓ Καμπύλη αποδέσμευσης Hb

Περί P_{aO_2}

Είναι μη ειδικός δείκτης της δυνατότητας των πνευμόνων να ανταλλάσσουν αέρια (O_2 , CO_2) με τον ατμοσφαιρικό αέρα

Ολική περιεκτικότητα O_2



Περί PaO₂

Η PaO₂ πρέπει πάντοτε να ερμηνεύεται σε σχέση με την περιεκτικότητα του αέρα σε O₂ (FiO₂), τη βαρομετρική πίεση (υψόμετρο) και την ηλικία

$$PaO_2 = (B_p - P_{H_2O}) \times FiO_2 - 1,2 \times PaCO_2$$

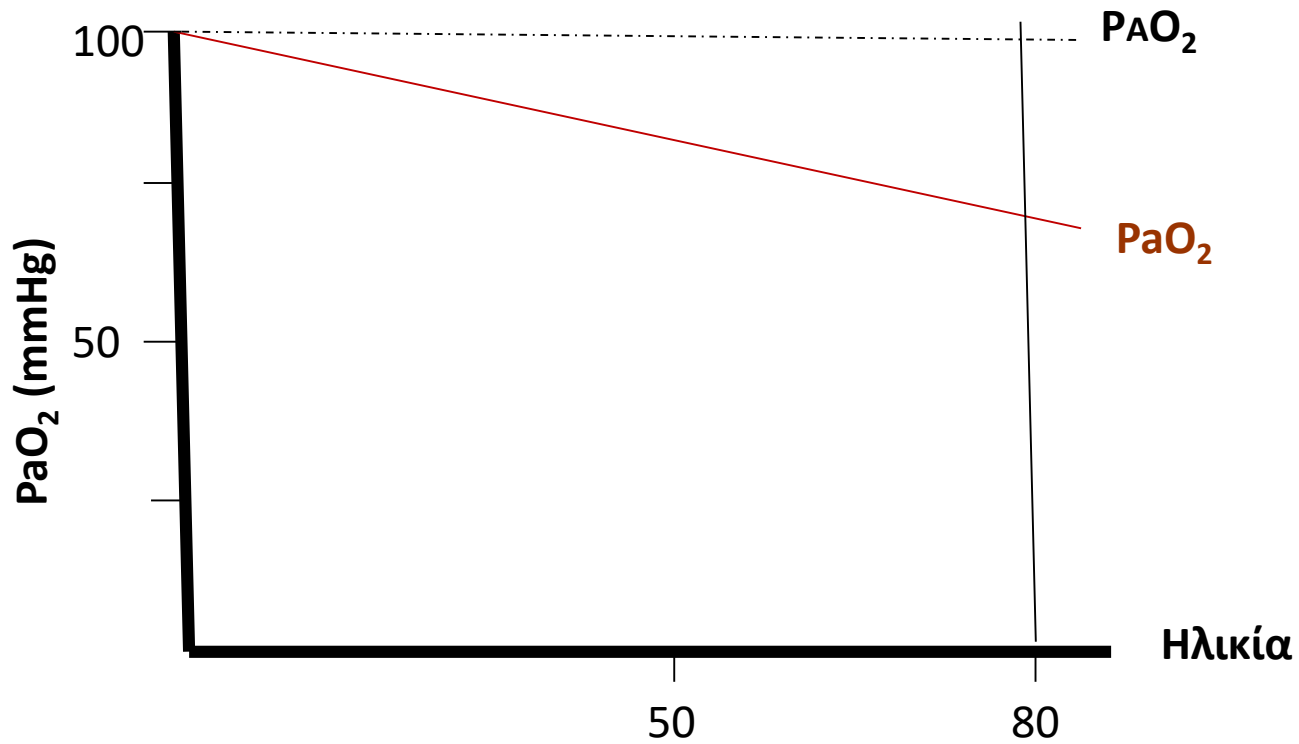


✓ Έτσι η φυσιολογική της τιμή μειώνεται με την ηλικία

$$PaO_2 = 100 - (\text{χρόνια ηλικίας άνω των } 40)$$

Αυτό οφείλεται στη φυσική απώλεια της ευενδοτότητας των πνευμόνων

Σχέση ηλικίας και PaO₂



Σχέση PaO₂ και ηλικίας

Ηλικιακή ομάδα

Διαμέτρηση

(mmHg)

Άτι

70

80

90

Ωστόσο PaO₂ < 40 mmHg υποδηλώνει πάντοτε

σοβαρή υποξαιμία

Shapiro et al, 1974

Πρόβλημα

Γυναίκα 20 χρόνων με κομμένη την ανάσα και χωρίς προηγούμενο ιστορικό, μεταφέρθηκε στο νοσοκομείο επειδή παραπονιότανε για **δύσπνοια**. Είχε $P_{aO_2}=118$ mmHg και $P_{aCO_2}=20$ mmHg σε αέρα δωματίου. Τι είχε;

Απάντηση

Ένας ευαίσθητος δείκτης οξυγόνωσης είναι η **κλίση A-a** (διαφορά πίεσης O_2 στις κυψελίδες και στο αρτηριακό αίμα της ασθενούς):

$$P_{AO_2} = F_iO_2 \times (P_B - P_{H_2O}) - P_{aCO_2} / R = 0,21 \times (760 - 47) - 20 / 0,8 = 149 - 25 = 124$$
$$P(A-a) = P_{AO_2} - P_{aO_2} = 124 - 118 = \mathbf{6 \text{ mmHg}}$$

Είχε δηλαδή $P(A-a)=6$, που σημαίνει φυσιολογική ανταλλαγή αερίων στον πνεύμονα (**$V/Q \sim 1$**)

Η ασθενής έδωσε ένα ιστορικό συναισθηματικής αναστάτωσης (δηλαδή επρόκειτο για **σύνδρομο da Costa**)

Πρόβλημα

Ασθενής 60 χρόνων που ανάρρωνε στη ΜΕΘ από **οξύ στεφανιαίο επεισόδιο**, είχε **$SaO_2=86\%$** ενώ λάμβανε συμπληρωματικά O_2 (**$FiO_2=35\%$** με μάσκα Venturi). Η ακτινογραφία θώρακα έδειξε πιθανό **διάμεσο πνευμονικό οίδημα**. Από τα αέρια είχε:

pH	7,43
HCO_3^-	24 mmHg
PaO_2	126 mmHg

Γιατί είχε χαμηλή SaO_2 ;

Απάντηση

Η PaO_2 φαίνεται να ήταν χαμηλή για τον FiO_2 , αλλά μπορεί να εξηγηθεί από την κατάκλιση και πιθανά το ήπιο πνευμονικό οίδημα. Αυτό που είναι ενδιαφέρον είναι ότι υπήρχε διαφορά μεταξύ PaO_2 και SaO_2 .

Τα αέρια αίματος δεν δείχνουν κάποια εμφανή οξεοβασική διαταραχή.

Η κλινική εικόνα μιλάει για ένα στεφανιαίο επεισόδιο και είναι ασφαλές να υποτεθεί ότι ο ασθενής βρισκονταν σε αγωγή με **νιτρώδη**. Τα τελευταία είναι γνωστό ότι εμπλέκονται στη δημιουργία μεθαιμοσφαιριναιμίας

Περί SaO_2

Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκέντρωση του
διαλυμένου O_2 (PaO_2)



Σημασία: Παράμετρος που εκτιμά την υποξία,
αλλά δεν είναι ευαίσθητη

Σχέση P_{aO_2} και SaO_2

Η P_{aO_2} δεν εξαρτάται από την ποσότητα της Hb . Ωστόσο, όσο υψηλότερη είναι η P_{aO_2} , τόσο περισσότερο O_2 συνδέεται με την διαθέσιμη Hb (SaO_2)

Περί SaO₂

Ο κορεσμός της Hb με O₂ (SaO₂) είναι καλύτερος δείκτης από την PaO₂, αφού περίπου το 97% του O₂ μεταφέρεται με το αίμα συνδεδεμένο με την Hb

Barthwal, JAPI 2004; 52: 573-577

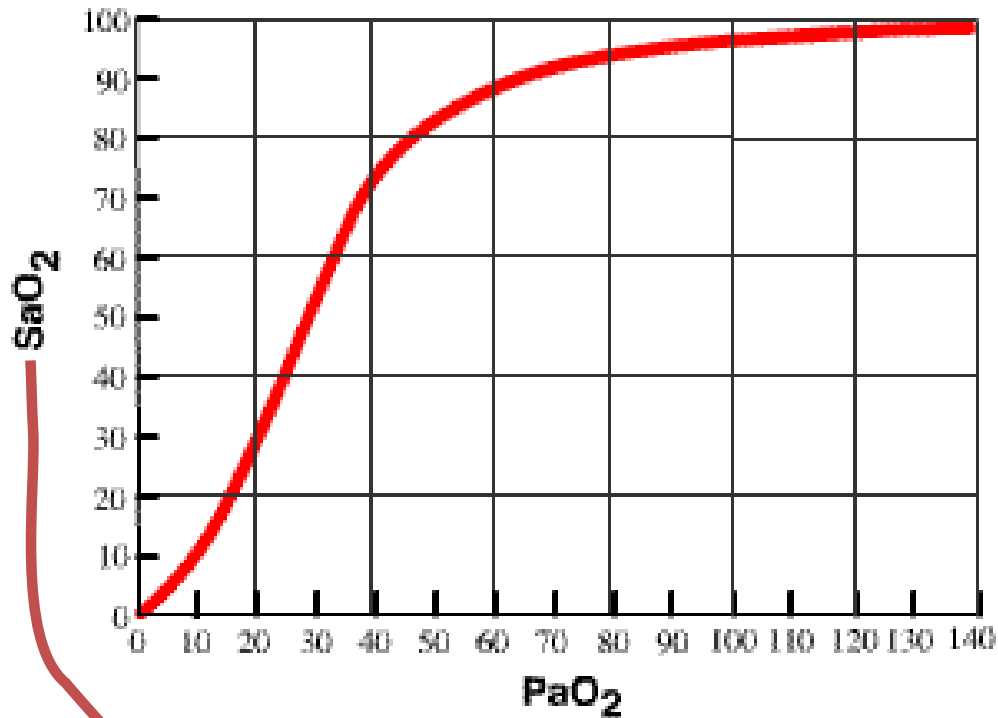
Shapiro et al, 1994



Σημείωση: Η μέτρηση του κορεσμού με **παλμικό οξύμετρο (SpO_2)** είναι γενικά ακριβέστερη από τον **SaO_2** του αρτηριακού αίματος και υπερέχει όσο αφορά την εκτίμηση της υποξαιμίας

Η παλμική οξυμετρία μετράει τον SrO_2

Καμπύλη αποδέσμευσης O_2 από την Hb



Κλινική χρήση του παλμικού οξυμέτρου

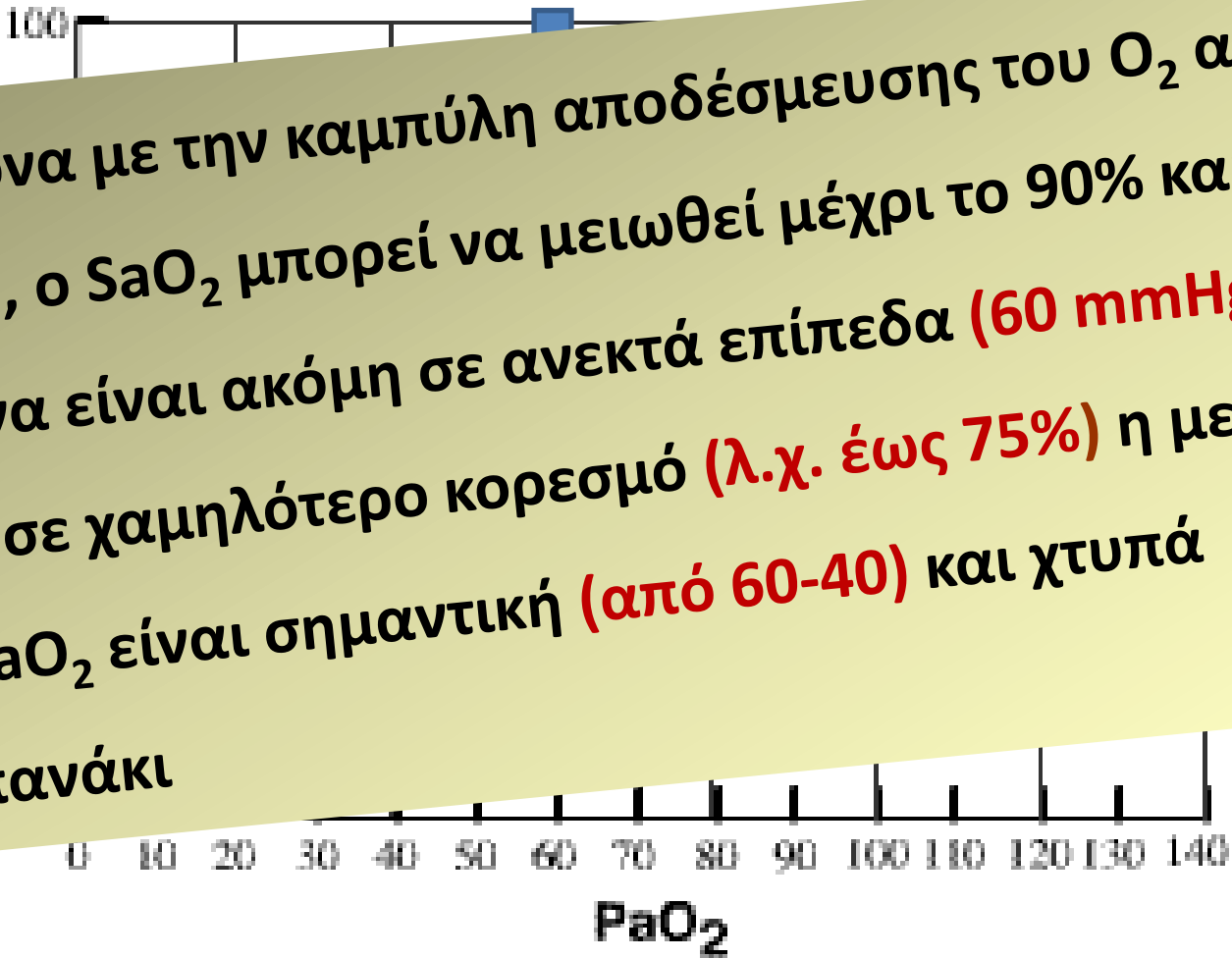
Αποτελεί την **σημαντικότερη τεχνολογική ανακάλυψη** που έγινε ποτέ, όσο αφορά την παρακολούθηση του **«καλώς έχειν»** και της **ασφάλειας** των ασθενών κατά την αναισθησία, την ανάνηψη και τη νοσηλεία σε ΜΕΘ

Ωστόσο πολλές φορές χρησιμοποιείται εσφαλμένα και οι μετρήσεις του παρερμηνεύονται, διότι η παλμική οξυμετρία:

1. Δεν διαφοροδιαγιγνώσκει (δίνει το άθροισμα) την καρβοξυαιμοσφαιρίνη από την οξυαιμοσφαιρίνη (**δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε δηλητηρίαση με CO**)
2. Δεν διαχωρίζει την μεθοξυαιμοσφαιρίνη (**δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε μεθαιμοσφαιριναιμία**)
3. **Δίνει λανθασμένα την αίσθηση ασφάλειας** αν ο ασθενής έχει ικανοποιητική SpO₂, αλλά χαμηλή PaO₂
4. **Είναι αναξιόπιστη αν υπάρχει** ιστική υποξία, αγγειοσύσπαση ή υποθερμία
5. **Μπορεί να χρησιμοποιείται εσφαλμένα** από άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με το πως δουλεύει και τι μετράει
6. Σε τιμές **<80% είναι αναξιόπιστη**

Καμπύλη αποδέσμευσης O₂ από την Hb ^{1e}

Σύμφωνα με την καμπύλη αποδέσμευσης του O₂ από την Hb, ο SaO₂ μπορεί να μειωθεί μέχρι το 90% και η PaO₂ να είναι ακόμη σε ανεκτά επίπεδα (60 mmHg), όμως σε χαμηλότερο κορεσμό (λ.χ. έως 75%) η μείωση της PaO₂ είναι σημαντική (από 60-40) και χτυπά καμπανάκι



Σχέση μεταξύ PaO₂ και SaO₂

PaO₂	αντιστοιχεί σε:	SaO₂
60 mmHg		90%
50 mmHg		80%
40 mmHg		70%
30 mmHg		60%

Υποξαιμία (σχέση PaO₂ και SaO₂)

	PaO ₂	SaO ₂
Υποξαιμία (ορισμός)	<80	<95
Ήπια	60-79	90-94
Μέτρια	40-59	75-89
Σοβαρή	<40	<75

Περί CaO_2

Ολική περιεκτικότητα σε O_2 (CaO_2)

- ✓ Για να εκτιμηθεί η ολική ποσότητα του O_2 που περιέχεται στο αίμα του ασθενούς πρέπει να γνωρίζουμε:
 - Την PaO_2 (O_2 διαλυμένο στο πλάσμα)
 - Τον SaO_2 (O_2 συνδεδεμένο με Hb)
 - Την Hb (επίπεδά της στο αίμα)

Περιεκτικότητα του αρτηριακού αίματος σε O₂ (CaO₂)

Εξίσωση περιεκτικότητας O₂: Εκτιμά την

προσφερόμενη ποσότητα O₂ στο επίπεδο των ιστών:

$$\text{CaO}_2 = (\text{Hb} \times 1,34 \times \text{SaO}_2) + (0,003 \times \text{PaO}_2)$$

Φυσιολογική τιμή: 19-21 ml O₂/dl

Σημασία: Αποτελεί παράμετρο της συνολικής εκτίμησης του αρτηριακού O₂

Πρόβλημα

Άνδρας 40 χρόνων με κομμένη την ανάσα, βρέθηκε να έχει $PaO_2=75$ mmHg σε περιβάλλον δωματίου. Έγινε συμπληρωματική χορήγηση O_2 με ρινικές κάνουλες και 30 λεπτά μετά λήφθηκε αίμα, το οποίο έδειξε $PaO_2=100$ mmHg.

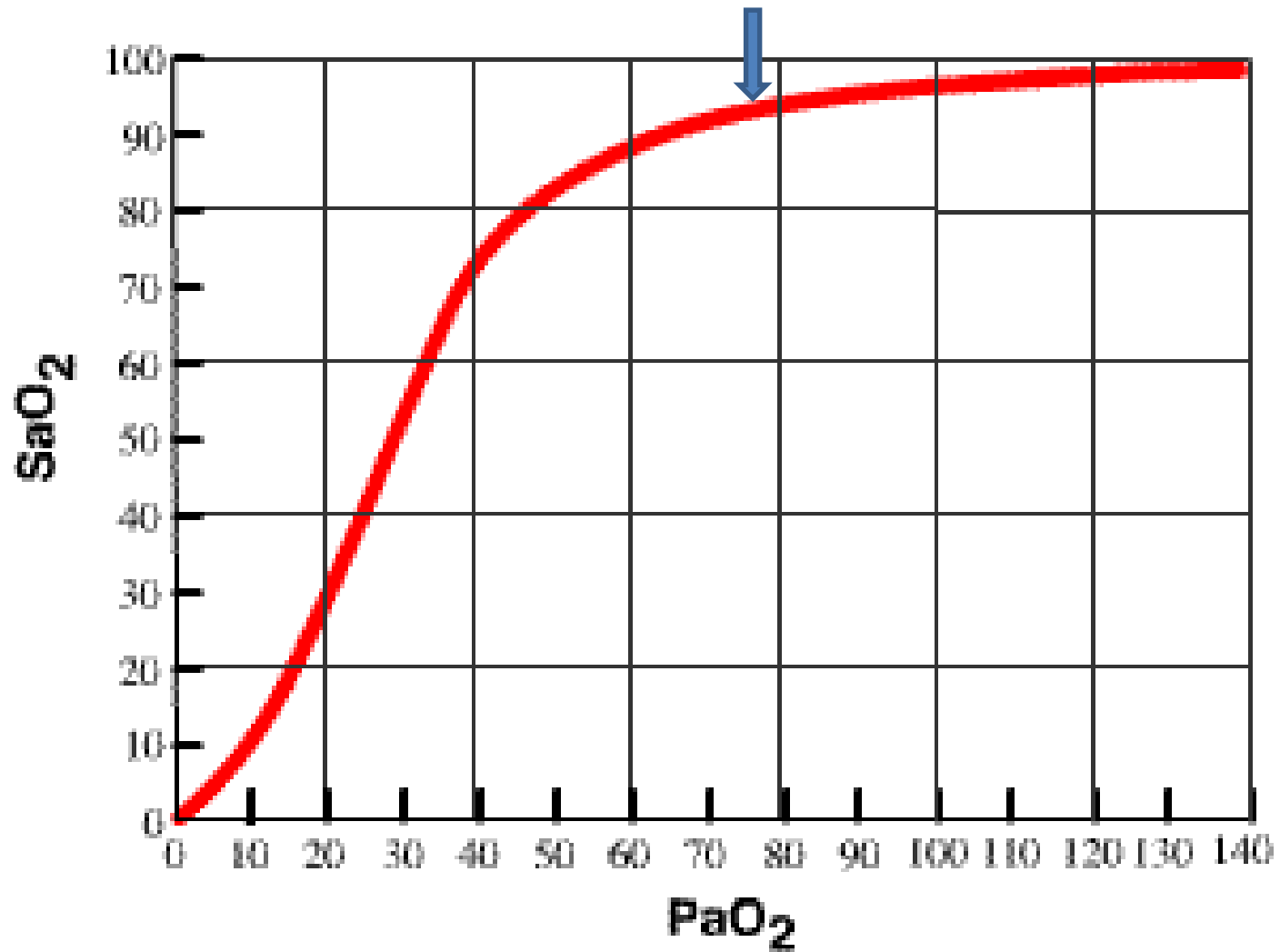
Πόσο αυξήθηκε η CaO_2 από την αύξηση της FiO_2 ;

Απάντηση

Καθόλου. Διότι σε $PaO_2=75$ mmHg, η SrO_2 φτάνει περίπου στο 100%. Με την αύξηση της FiO_2 , η Hb που ήταν πλήρως κορεσμένη δεν μπορεί να αυξήσει επιπλέον τον κορεσμό της. Η CaO_2 για το λόγο αυτό παραμένει ως είχε (αμετάβλητη). Βέβαια η αύξηση της FiO_2 προκαλεί μία μικρή αύξηση του διαλυμένου O_2 (PaO_2), αλλά επειδή η ποσότητα αυτή είναι γενικά πολύ μικρή, η αύξηση της CaO_2 θα είναι ασήμαντη:

$$CaO_2 = (Hb \times 1,34 \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2)$$

Καμπύλη αποδέσμευσης O₂ από την Hb



- ✓ **Ιστική οξυγόνωση**
- ✓ **Καμπύλη αποδέσμευσης O_2 από Hb**

Οξυγόνωση

Είναι η διάχυση του O_2 από τις κυψελίδες στο αίμα, για προσφορά του στη συνέχεια στους ιστούς

Περί υποξαιμίας και υποξίας

Ως **υποξαιμία** (χαμηλή PaO_2 , SaO_2 ή CaO_2) **ορίζεται η παρουσία $PaO_2 < 80$ mmHg** στην επιφάνεια της θάλασσας, σε ενήλικα που αναπνέει σε αέρα δωματίου (ή $SaO_2 < 95\%$)

-Εξαρτάται από την PAO_2

Ως **υποξία** (ανεπαρκής οξυγόνωση των ιστών) **ορίζεται η ένδειξη O_2 στους ιστούς και τα κύτταρα**

-Η υποξία σχεδόν πάντοτε σχετίζεται με σοβαρή υποξαιμία ($PaO_2 < 45$ mmHg)

Υποξία (αίτια)

1. Υποξαιμία

- ✓ Μειωμένη PaO_2
- ✓ Μειωμένος SaO_2
- ✓ Μειωμένη CaO_2

2. Μειωμένη παροχή O_2 στους ιστούς

- ✓ Μειωμένη καρδιακή παροχή, shock, συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια
- ✓ Shunt από δεξιά προς τ' αριστερά

3. Μειωμένη πρόσληψη O_2 από τους ιστούς

- ✓ Δηλητηρίαση μιτοχονδρίων (κυάνιο)
- ✓ Αριστερά μετακίνηση της καμπύλης απόδοσης του O_2 από την Hb

Υποξία

- ✓ Έλλειψη O_2 στους ιστούς που διακρίνεται σε:
 - Υποξική (υποξαιμική)
 - Αναιμική
 - Καρδιακή
 - Ιστοτοξική
 - Ισχαιμική

Κλινική εκτίμηση της υποξίας

Η υποξία κλινικά εκτιμάται από τη διαπίστωση **κυάνωσης**, όμως αυτό έχει

τα εξής προβλήματα:

- ✓ Η εκτίμηση της κυάνωσης είναι ποικίλλει ανάλογα με τον ε
- ✓ Απαιτούνται **5 gr/** κυάνωση και άτομο κάνει έκδηλη η άνοδος στην ποσότητα αυτή
- ✓ Τα **συνοδά επικουρικά** (π.χ. ταχύπνοια, μεταβολές των νοητικών λειτουργιών) και ευρήματα της υποξαιμίας δεν είναι ειδικά



Καμπύλη αποδέσμευσης O_2

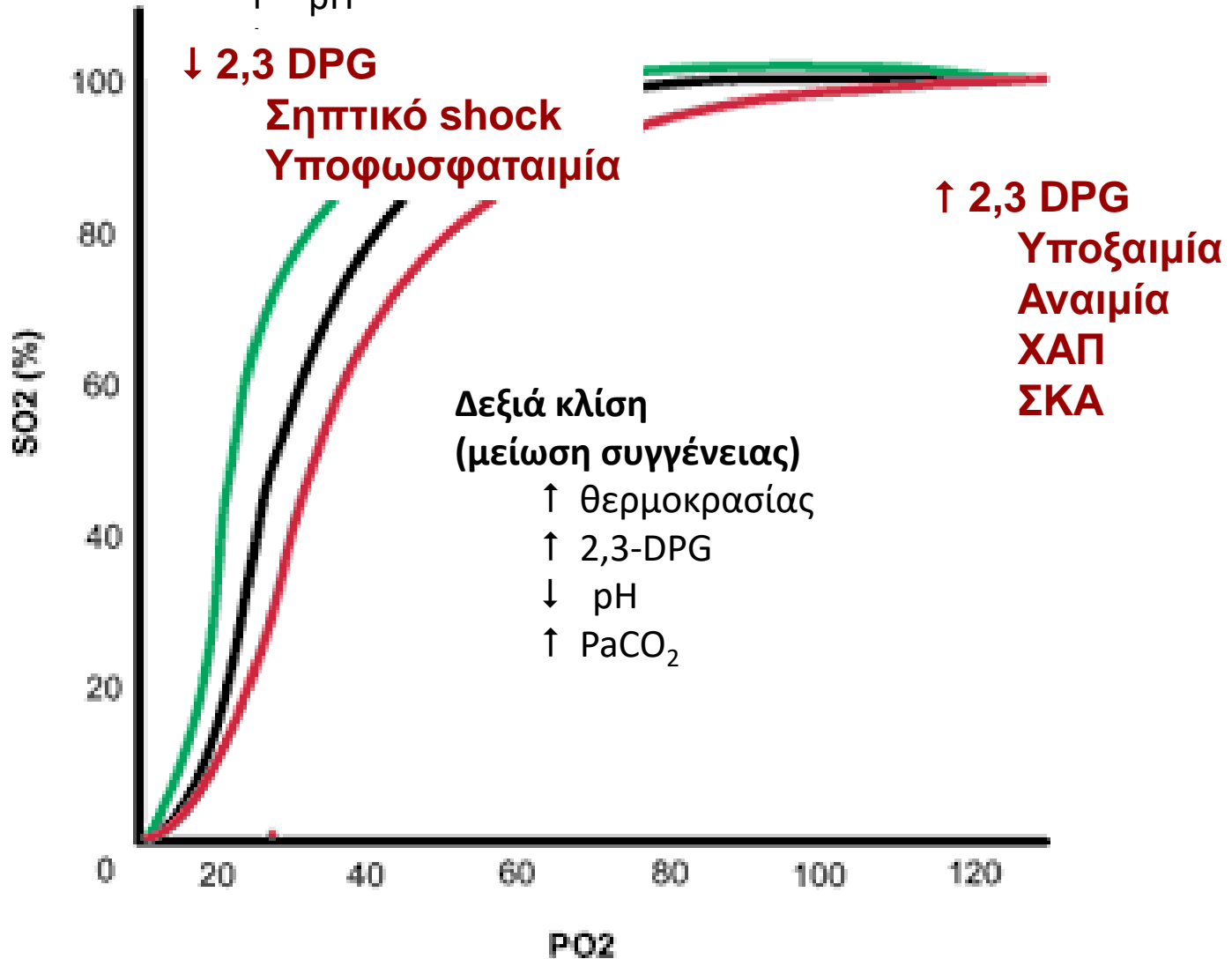
- ✓ Είναι **σιγμοειδούς** μορφολογίας
 - Παριστάνει τη σχέση μεταξύ του κορεσμού της Hb (SaO_2) και της PaO_2
 - Η μορφή της αντανακλά την **ικανότητα της Hb να συνδέεται ή να αποσυνδέεται με το O_2** σε ποικίλες καταστάσεις

Αριστερά κλίση
(αύξηση συγγένειας)

↓ θερμοκρασίας

↓ 2,3-DPG

↑ pH



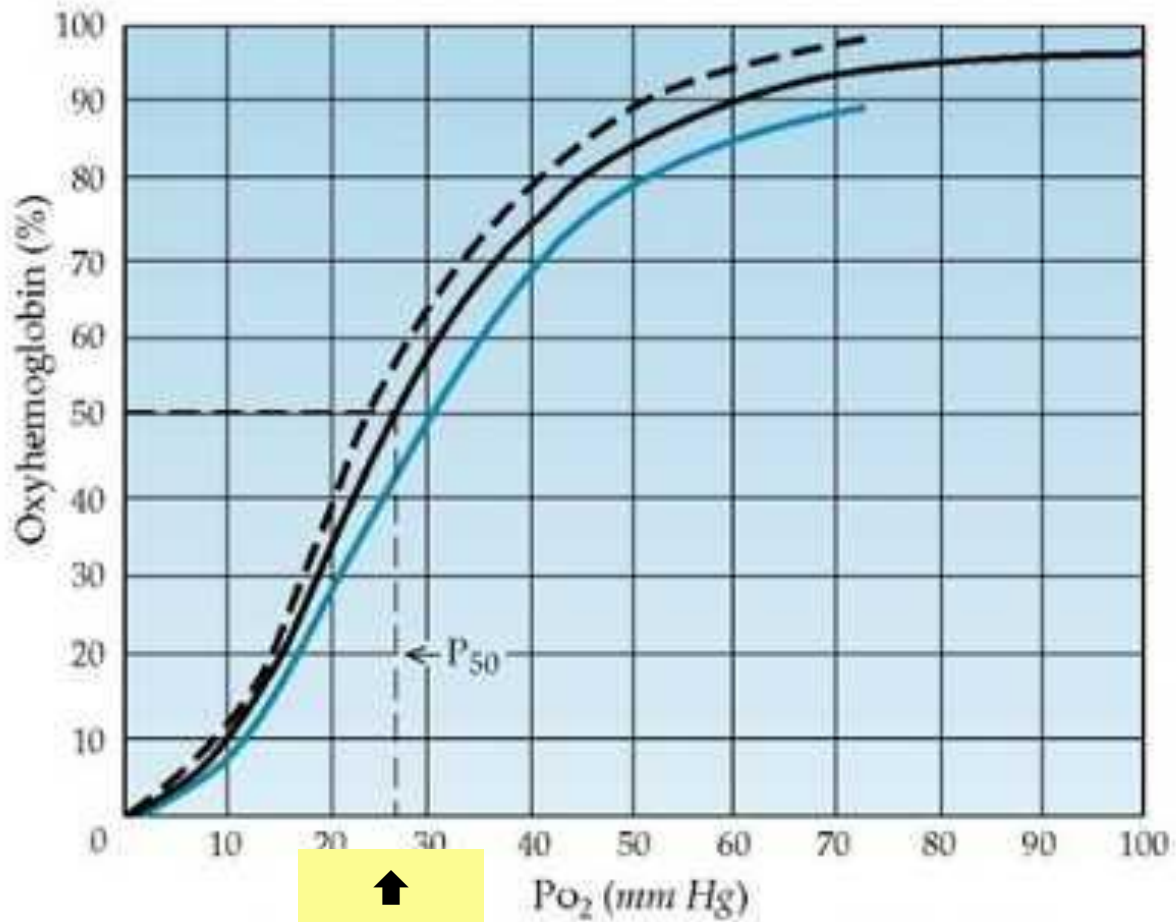
Καμπύλη αποδέσμευσης οξυγόνου από την Hb

✓ P 50

– Δείχνει την ικανότητα

Η P 50 χρησιμοποιείται για να δηλώσει το βαθμό μετατόπισης της καμπύλης αποδέσμευσης του O₂ από την Hb

... επηρεάζουν τη
... ή την αποδέσμευση είναι φυσιολογικοί



↑
 $PO_2=27$

—
↑ pH
↓ 2, 3-DPG
↓ Temperature

—
Normal

—
↓ pH
↑ 2, 3-DPG
↑ Temperature

Μεταφορά CO₂ και O₂

- ✓ **Haldane effect**
- ✓ **Φαινόμενο Bohr**

Φαινόμενο (effect) Haldane (σχέση Hb-CO₂)

To Haldane

Η Hb τ
είναι με

ΤΟΥ



Fig. 2.5. Left to right, Schneider, Haldane with stopwatch, and Douglas, breathing into bag for measurement of metabolic rate, during exercise on Pikes Peak. Courtesy the University Laboratory of Physiology, Oxford.

O₂

ΟΝΕΣ,

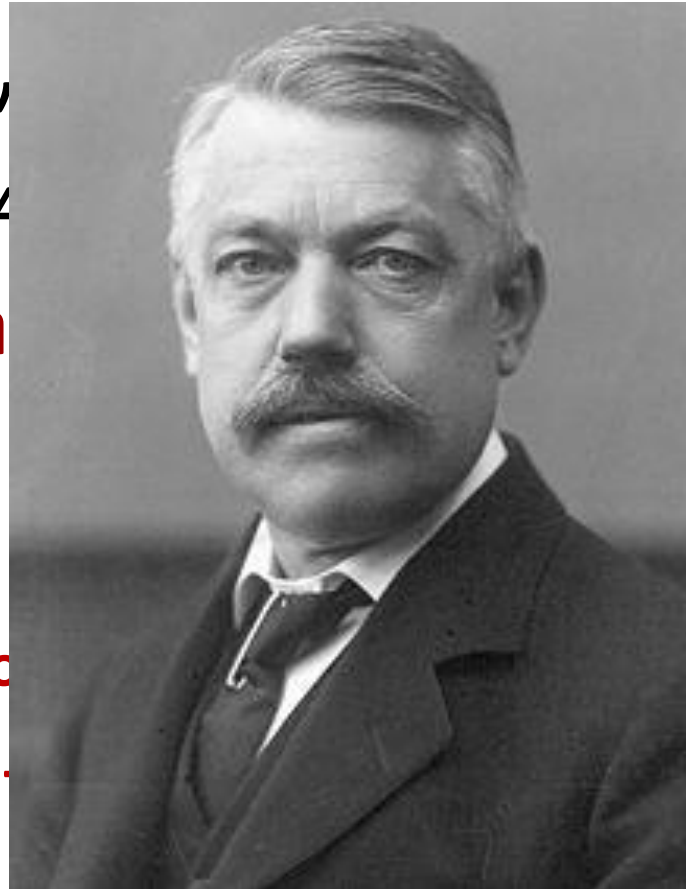
πράς

Φαινόμενο Haldane

Σύμφωνα με το φαινόμενο Haldane, η Hb μεταφέρει ταυτόχρονα O_2 και CO_2 , αλλά η παρουσία του ενός αερίου μειώνει τη δύναμη σύνδεσης με το άλλο

Φαινόμενο Bohr (pH-σχέση O_2 ιστών)

Η επίδραση Bohr είναι
πρώτη φορά το 1904
την οποία η μείωση
Hb με το O_2



ου περιγράφηκε για
Christian Bohr, κατά
ρη συγγένεια της

Δηλαδή η μείωση του
την αποδέσμευση

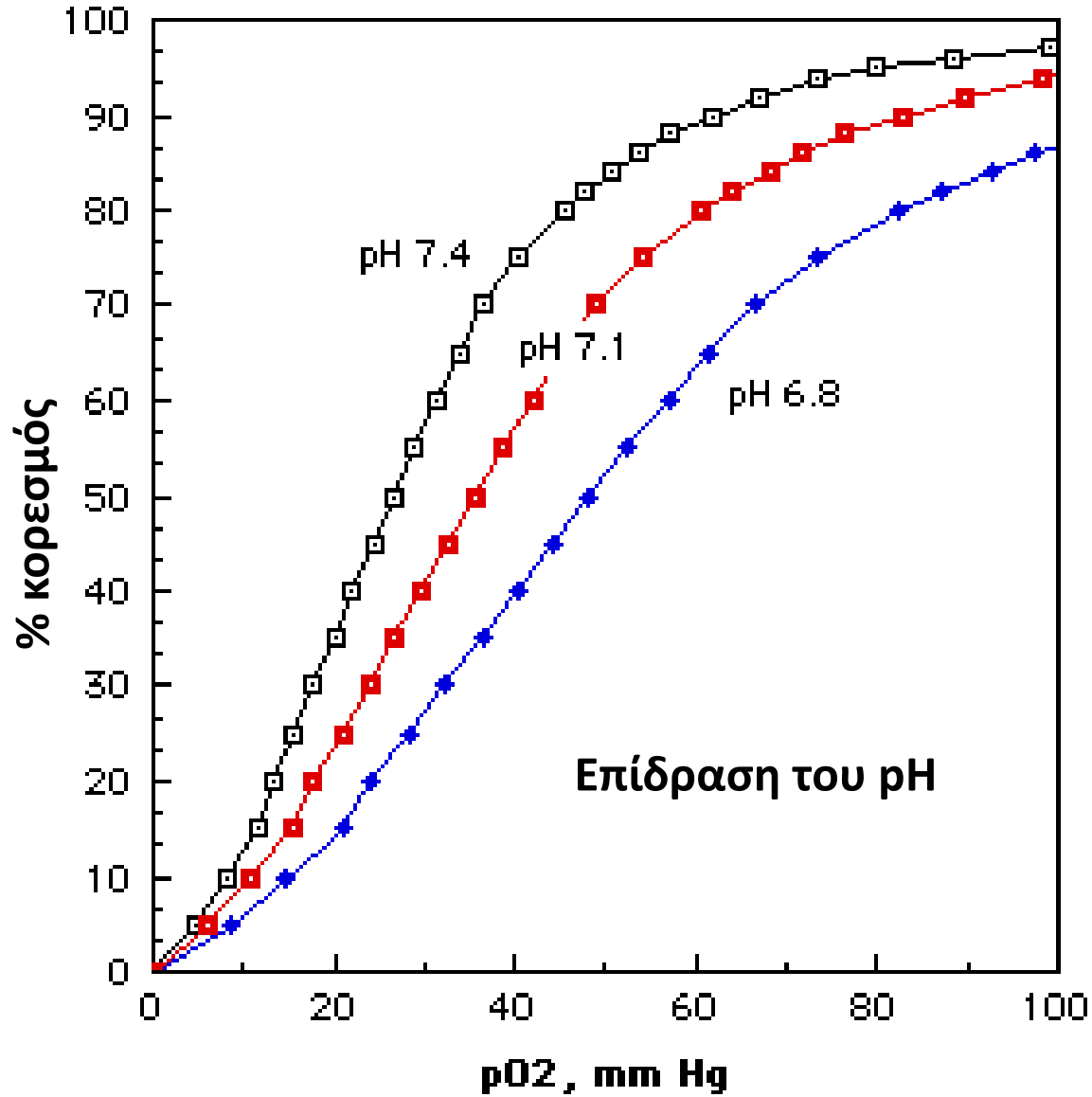
ση του CO_2) αυξάνει
ποντας τον ιστό να

λάβει περισσότερο O_2

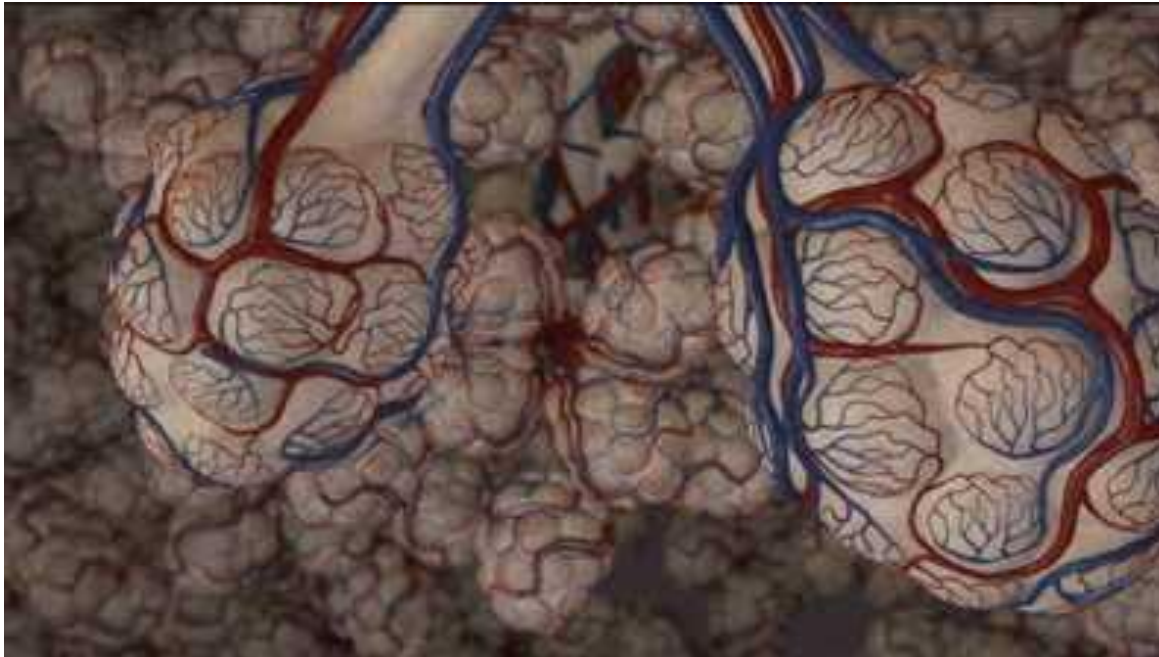
Φαινόμενο Bohr

Δηλαδή το φαινόμενο Bohr υποστηρίζει ότι η
συγγένεια της Hb με το O₂ είναι αντιστρόφως
ανάλογη με την οξύτητα

Καμπύλη αποδέσμευσης του O₂ από την Hb



Περί σχέσης αερισμού/αιμάτωσης [V/Q]



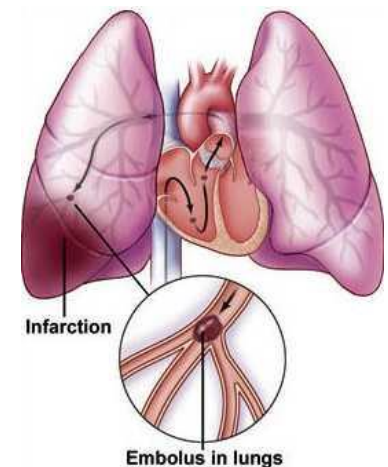
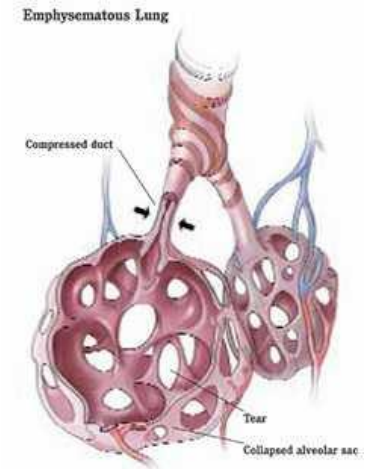
Υπενθύμιση: Στους πνεύμονες κάθε min φτάνουν 6 L αίματος και 6 L O₂, για την ανταλλαγή αερίων με το αίμα

V/Q αναντιστοιχία

Υποδηλώνει την παρουσία περιοχών των πνευμόνων **με μειωμένο αερισμό** σε σχέση με την αιμάτωση (οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από κυψελίδες με χαμηλή περιεκτικότητα σε O_2 και υψηλή σε CO_2)

ή

Περιοχές του πνεύμονα **με αυξημένο αερισμό** σε σύγκριση με την αιμάτωση (χαρακτηρίζονται από χαμηλή περιεκτικότητα σε CO_2 και υψηλή σε O_2)



V/Q αναντιστοιχία

Οι περισσότερες πνευμονικές νόσοι μεταβάλλουν τη σχέση V/Q των τριχοειδών, που οδηγεί σε **μείωση της οξυγόνωσης του αίματος** και αντίστοιχη μείωση της P_{aO_2}

Η διαταραχή της V/Q οδηγεί σε **αύξηση της A-a κλίσης**

V/Q αναντιστοιχία

Διαταραχές στη V/Q συνήθως διορθώνονται με χορήγηση

O_2 , ενώ τα shunts διορθώνονται μόνο μερικά ή καθόλου

με χορήγηση O_2

Νόσοι που επηρεάζουν την V/Q

- ✓ **Αποφρακτικές πνευμονοπάθειες**
- ✓ **Αγγειακές των πνευμόνων**
- ✓ **Παρεγχυματικές πνευμονικές**

Συμπεράσματα 3

- ✓ Η P_{aO_2} **εξαρτάται** από το εισπνεόμενο O_2 , την ηλικία και τη βαρομετρική πίεση (σε φυσιολογικούς πνεύμονες)
- ✓ Για τη σωστή ερμηνεία των αερίων αίματος **χρειάζονται και άλλες παράμετροι**, όπως ο FiO_2 , η βαρομετρική πίεση και η ηλικία
- ✓ Για την **εκτίμηση της ανταλλαγής των αερίων** στον πνεύμονα καλύτερος δείκτης μεταξύ των $P(A-a)O_2$, P_{aO_2}/FiO_2 και P_{aO_2}/P_{AO_2} είναι ο **P_{aO_2}/P_{AO_2}**
- ✓ Η P_{aCO_2} **επηρεάζει την P_{aO_2}** , αφού από αυτήν εξαρτάται η P_{AO_2}
- ✓ Η P_{aCO_2} έχει μεγάλη **σημασία** αφού σχετίζεται με τον αερισμό, την οξυγόνωση και την οξεοβασική ισορροπία

Συμπεράσματα 4

- ✓ Ο **κορεσμός της Hb** είναι καλύτερο να εκτιμάται με το παλμικό οξύμετρο και όχι από τα αέρια (όμως δεν διαχωρίζει την καρβοξυ- και μεθοξυ-Hb από την οξυ-Hb)
- ✓ Ο SaO₂, η CaO₂, η P 50 και η σχέση SaO₂ και PaO₂ είναι **χρήσιμα εργαλεία** στην εκτίμηση της οξυγόνωσης των ιστών
- ✓ Το **Haldane effect** και το **φαινόμενο Bohr** εξετάζουν τη μεταφορά των αερίων (O₂ και CO₂) σε σχέση με τη μερική πίεση του CO₂ και το pH

Σας ευχαριστώ πολύ

