



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 1

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Καθηγητής
Κυριάκος Καρκούλιας, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Επιστημών Υγείας

Τμήμα Ιατρικής

Αερισμός- αιμάτωση – ανταλλαγή αερίων

- Ο αερισμός και η αιμάτωση του πνεύμονα είναι μεγέθη που έχουν ανομοιογενή κατανομή από την βάση προς την κορυφή του πνεύμονα και τα δύο μεγέθη μειώνονται από την βάση προς την κορυφή.
- Ο ρυθμός μείωσης της αιμάτωσης είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν του αερισμού.
- Η σχέση V/Q είναι μεγαλύτερη στην κορυφή και μειώνεται προς τη βάση.
- Ο βαθμός οξυγόνωσης του αίματος που προέρχεται από τις κορυφές είναι υψηλότερος απ' αυτόν του αίματος που προέρχεται από τις βάσεις.



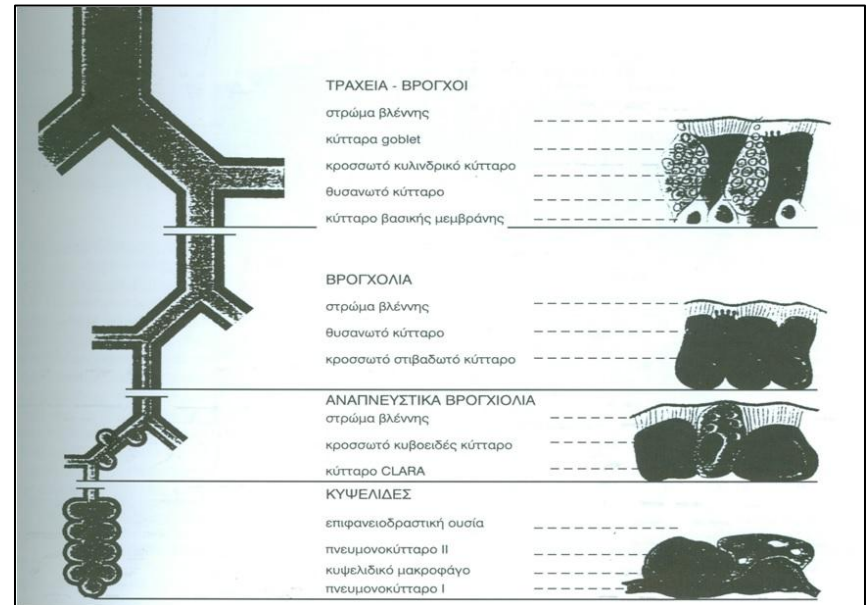
Μεταφορά αερίων δια του αίματος

- Το οξυγόνο είναι, σε πολύ μικρό ποσοστό, διαλελυμένο στο πλάσμα, και στο μεγαλύτερο ποσοστό συνδεδεμένο με την αίμη της αιμοσφαιρίνης.
- Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται στους ιστούς ευρίσκεται ως διαλελυμένο στο πλάσμα. (Εντός των ερυθρών αιμοσφαιρίων και συνδεδεμένο με πρωτεΐνες του πλάσματος ως καρβαμινικές ενώσεις).
- Στο πλάσμα και τα ερυθρά, το διοξείδιο του άνθρακα ευρίσκεται υπό την μορφή ανθρακικού οξέως.
- Η καμπύλη που περιγράφει την σχέση μεταξύ μερικής τάσης του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα και του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης είναι σιγμοειδής.
- Η καμπύλη μετατοπίζεται προς τα δεξιά ή αριστερά όταν δρουν ορισμένοι παράγοντες.



Πρότυπο αεραγωγών κατά Weibel

- Anatomic dead space - ανατομικός νεκρός χώρος
 - Οι αεραγωγοί από την αρχή μέχρι τα τελικά μη αναπνευστικά βρογχιόλια χρησιμεύουν μόνον για την αγωγή του αέρα.
- Respiratory zone - αναπνευστική και μεταβατική
 - Ορίζεται ως η περιοχή που εκτείνεται από τα αναπνευστικά βρογχιόλια μέχρι τους κυψελιδικούς σάκους όπου κατά κύριο λόγο γίνεται η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.
- Μεταβατική και αναπνευστική ζώνη
 - 16 γενεές μέχρι τα τελικά βρογχιόλια
 - 3 γενεές αναπνευστικά βρογχιόλια
 - 3 γενεές κυψελιδικοί πόροι
 - 1 γενεά κυψελιδικοί σάκοι



Ολικός και κυψελιδικός αερισμός

- Ολικός αερισμός (Total Ventilation)
 - Είναι ο όγκος του αέρος που εκπνέεται στην μονάδα του χρόνου. Ισούται με το γινόμενο του αναπνεόμενου όγκου αέρος TV επί την αναπνευστική συχνότητα (n)
 - Total Ventilation $\dot{V}_E = n * TV$ ή $\dot{V}_E = \dot{V}_D + \dot{V}_A$
- Κυψελιδικός αερισμός (Alveolar Ventilation)
 - Είναι ο όγκος του αέρος που εισέρχεται εντός του κυψελιδικού χώρου στην μονάδα του χρόνου και ως εκ τούτου προσφέρεται για ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων
- Ο κυψελιδικός αερισμός όπως και ο ολικός μετρώνται από τον εκπνεόμενο αέρα με την παραδοχή ότι ο εισπνεόμενος έχει τον ίδιο όγκο με τον εκπνεόμενο. Ο εισπνεόμενος αέρας έχει μεγαλύτερο όγκο από τον εκπνεόμενο κατά 1% διότι το O₂ έχει μεγαλύτερο όγκο από το CO₂ υπό τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος.
- $$\dot{V}_A = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{P_{ACO_2}} * K$$
- Όπου \dot{V}_{CO_2} είναι ο όγκος του CO₂ που εκπνέεται στην μονάδα του χρόνου και PACO₂ είναι η κυψελιδική PCO₂ και K είναι σταθερά
- Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι ο κυψελιδικός αερισμός είναι ανάλογος με τον κατά λεπτον εκπνεόμενο όγκο CO₂ και αντιστρόφως ανάλογος με την μερική τάση του CO₂ στον κυψελιδικό χώρο δηλ. όσο μεγαλύτερος είναι ο κυψελιδικός αερισμός τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο όγκος του κατά λεπτον εκπνεόμενου CO₂ και κατά συνέπεια τόσο μικρότερη η μερική τάση του CO₂ στον κυψελιδικό χώρο δηλ. η PACO₂.



Νεκρός ανατομικός χώρος

- Αερισμός του ανατομικού νεκρού χώρου (Dead space Ventilation)
 - Ο ανατομικός νεκρός χώρος VD και κατά συνέπεια ο αερισμός του, D, προσδιορίζεται με την μέθοδο κατά την οποία γίνεται εισπνοή 100% O₂ και κατόπιν μετράται η συγκέντρωση του N₂ στον εκπνεόμενο αέρα.
 - Καταγράφεται καμπύλη του όγκου του πνεύμονα συναρτήση της συγκέντρωσης του εκπνεομένου αέρος σε N₂
- Φυσιολογικός νεκρός χώρος
 - Ο ανατομικός νεκρός χώρος καθορίζεται σαφώς από την υπόσταση των αεραγωγών. Αντιθέτως ο φυσιολογικός νεκρός χώρος αντιπροσωπεύει τον συνολικό χώρο των αεραγωγών και της αναπνευστικής ζώνης που δεν συμμετέχει στην ανταλλαγή των αερίων
 - $$\dot{V}_D = \frac{P_{ACO2} - P_{ECO2}}{P_{ACO2}} * \dot{V}_T$$
 - Σύμφωνα με την εξίσωση ο φυσιολογικός νεκρός χώρος μειώνεται όταν αυξάνει η PECO₂ όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Με άλλα λόγια ο φυσιολογικός νεκρός χώρος (D) αυξάνει όταν μειώνεται η συγκέντρωση του CO₂ του εκπνεόμενου αέρος PECO₂. Αν θεωρήσουμε ότι η PACO₂ = PaCO₂ τότε η εξίσωση γίνεται:
 - $$\dot{V}_D = \frac{P_{ACO2} - P_{ECO2}}{P_{aCO2}} * \dot{V}_T$$
- Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι όταν η PECO₂ του εκπνεόμενου αέρος είναι μεγάλη, μικραίνει ο αριθμητής του κλάσματος άρα μικραίνει ο φυσιολογικός νεκρός χώρος. Με άλλα λόγια όταν ο D είναι μικρός το ποσό του αποβαλλομένου CO₂ είναι μεγάλο.



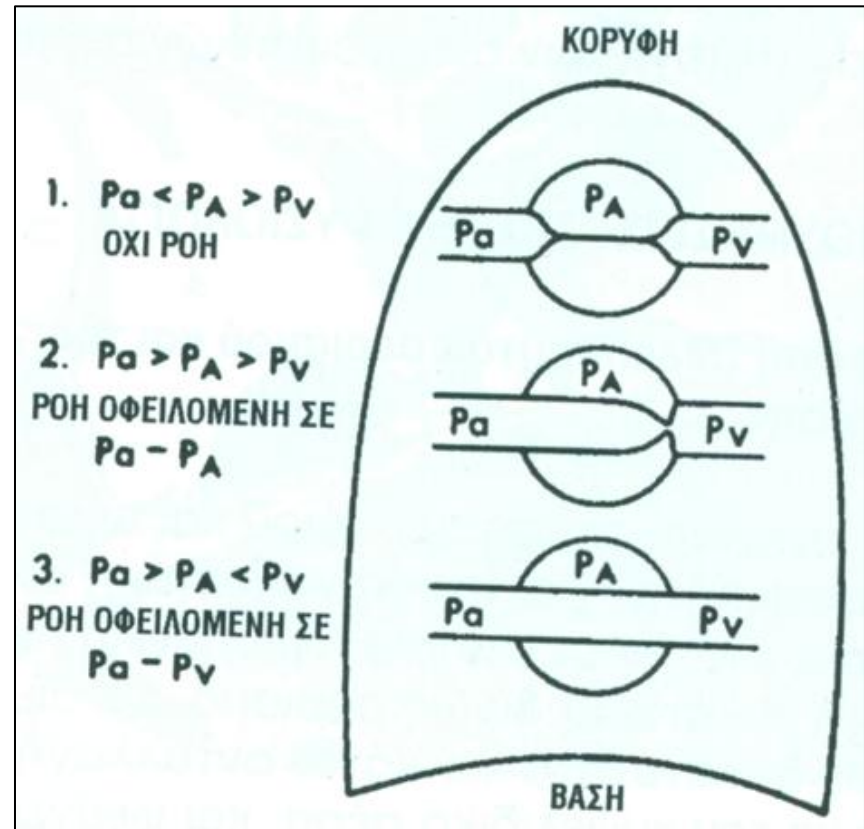
Ανομοιογένεια αερισμού

- Ο αερισμός του πνεύμονα δεν είναι ομοιογενής και επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες τους εξής:
 - α) από την θέση (κορυφή, βάση) που βρίσκονται οι αναπνευστικές μονάδες (Επί ορθίας στάσεως η ενδοϋπεζωκοτική πίεση στην κορυφή του πνεύμονα είναι $-10\text{cmH}_2\text{O}$ ενώ στη βάση είναι $-2,5\text{cmH}_2\text{O}$ δηλ. η ενδοϋπεζωκοτική πίεση είναι τέσσερες φορές μεγαλύτερη στην βάση απ' ότι στην κορυφή).
 - β) από την σύγκλιση των αεραγωγών (τελικών βρογχιολίων) κατά την εκπνοή (όταν ένα υγιές άτομο εκπνεύσει βαθειά μέχρι το επίπεδο του RV τότε, όπως ανεφέρθη η ενδοϋπεζωκοτική πίεση στην βάση φθάνει τα $+3,5\text{mH}_2\text{O}$. Γι' αυτό γίνεται σύγκλιση των βρογχιολίων).
 - γ) από την διαφορά σταθεράς χρόνου (Time Constant) που χαρακτηρίζει τις αναπνευστικές μονάδες (η σταθερά χρόνου (time constant) είναι το γινόμενο της αντίστασης (R) επί την διατασιμότητα (C)).
 - δ) Από την ασυμμετρία δομής των αναπνευστικών μονάδων.
 - ε) Από το διαφορετικό μέγεθος των αναπνευστικών μονάδων (όταν οι αναπνευστικές μονάδες είναι μικρότερες η διάχυση γίνεται γρηγορότερα απ' ότι σ' αυτές που είναι



Κατανομή της πνευμονικής αιματικής ροής

- Όπως και ο αερισμός έτσι και η αιματική ροή στους πνεύμονες δεν είναι ομοιογενής. Η αιματική ροή εντός των πνευμόνων αυξάνει από την κορυφή προς τη βάση του πνεύμονα.
- Για να εξηγηθεί ικανοποιητικά η κατανομή της πνευμονικής αιματικής ροής ο πνεύμονας χωρίζεται σε τρεις ζώνες την άνω την μέση και την κάτω η Ζώνη 1, Ζώνη 2 και Ζώνη 3, αντιστοίχως



Κατανομή της πνευμονικής αιματικής ροής

- Η αιματική ροή στα πνευμονικά τριχοειδή, όπου και γίνεται η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων, επηρεάζεται από δύο κυρίως παράγοντες. Ο ένας είναι η μείωση της υδροστατικής πίεσης εντός των πνευμονικών αγγείων από την βάση προς τη κορυφή του πνεύμονα, λόγω διαφοράς ύψους, και ο άλλος η πίεση που ασκείται επί των πνευμονικών τριχοειδών από την κυψελιδική πίεση.
- Υποξία : Η κυψελιδική υποξία σχετίζεται άμεσα με σύσπαση του τοιχώματος των μικρών πνευμονικών αρτηριολίων.
- Εκτός από την υποξία υπάρχουν και άλλες ουσίες που επιδρούν επί των λείων μυϊκών ινών του τοιχώματος των πνευμονικών αρτηριολίων και μεταβάλλουν τον τόνο τους. Αναφέρουμε την αγγειοτενσίνη II, την βραδυκίνητη, την βαζοπρεσίνη, την σωματοστατίνη, προϊόντα μεταβολισμού του αραχιδονικού οξέως, την ακετυλ-χολίνη την ισταμίνη την σεροτονίνη και την νορ-επινεφρίνη.



Ανταλλαγή αερίων

- Είναι γνωστό ότι η μετακίνηση των αναπνευστικών αερίων εκατέρωθεν της αναπνευστικής μεμβράνης γίνεται δια διαχύσεως. Τα αέρια μετακινούνται από ένα χώρο που έχουν μεγάλη μερική πίεση σ' έναν άλλο χώρο που έχουν μικρότερη μερική πίεση.
- Η μερική πίεση ενός αερίου που βρίσκεται εντός αερίου μείγματος ισούται με το γινόμενο της συνολικής πίεσης του μείγματος επί την συγκέντρωση του αερίου. Στο επίπεδο της θαλάσσης η ατμοσφαιρική πίεση είναι 760mmHg. Η συγκέντρωση του O₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι 21%. Οπότε η PO₂ είναι $(21/100) * 760 = 159$ mmHg.
- Ο εισπνεόμενος αέρας εφυγραίνεται. Η μερική τάση των υδρατμών στη θερμοκρασία του σώματος (37ο) είναι 47mmHg. Οπότε η μερική τάση του ξηρού αέρα είναι $760-47=713$ mmHg και στην συγκεκριμένη περίπτωση η PO₂ του εισπνεόμενου αέρος είναι $(21/100) * 713 = 149$ mmHg.



Ανταλλαγή αερίων

- Κατά την πορεία του εισπνεόμενου αέρος προς τις κυψελίδες η μερική τάση του περιεχόμενου O₂ συνεχώς μειώνεται δηλ. από 149mmHg η μερική τάση του O₂ στον κυψελιδικό χώρο λαμβάνει τιμή 100mmHg η οποία διατηρείται σταθερή.
- Επί φυσιολογικού πνεύμονα η μερική τάση του O₂ στο οξυγονομένο αίμα των πνευμονικών τριχοειδών είναι 100mmHg δηλ. $PAO_2 = PaO_2 = 100\text{mmHg}$.
- Όταν το αίμα φθάσει στους ιστούς τότε αποδεσμεύεται από την αιμοσφαιρίνη και πορεύεται προς τα μιτοχόνδρια των κυττάρων των ιστών Κατά την πορεία του αυτή η μερική του τάση συνεχώς μειώνεται και φθάνει την τιμή των 2-5mmHg.
- Η μερική τάση του CO₂ του φλεβικού αίματος είναι 47mmHg ενώ εντός του αρτηριακού είναι 40mmHg. Υπό φυσιολογικές συνθήκες η $PACO_2 = PaCO_2 = 40\text{mmHg}$.



Ανταλλαγή αερίων

- Τέσσερις παράγοντες μειώνουν τον ρυθμό ανταλλαγής των αναπνευστικών αερίων, οι εξής:
 - Ο υποαερισμός
 - Οι διαταραχές διάχυσης
 - Η διαφυγή (shunt)
 - Η διαταραχή της σχέσης αερισμού- αιμάτωσης



Υποαερισμός

- Αίτια υποαερισμού:
 - Καταστολή της λειτουργίας του αναπνευστικού κέντρου από φάρμακα όπως μορφίνη, και βαρβιτουρικά
 - Νοσήματα του στελέχους όπως εγκεφαλίτιδες
 - Νοσήματα των απαγωγών νεύρων όπως πολιομυελίτης, Guillain-Barre
 - Νοσήματα της νευρομυϊκής σύναψης (μυασθένεια gravis)
 - Νοσήματα των αναπνευστικών μυών (μυϊκή δυστροφία)
 - Ανωμαλίες του θωρακικού κλωβού(κυφοσκολίωση)
 - Απόφραξη ανώτερων αεραγωγών (θύμωμα)
 - Νοσογόνος παχυσαρκία



Υποαερισμός

- Την αύξηση της P_{ACO2} μπορούμε να την υπολογίσουμε με

- $$P_{ACO2} = \frac{V_{CO2}}{V_A} * K$$

- Κατά συνέπεια όταν αυξάνει η V_A , η P_{ACO2} μειώνεται και αντιθέτως όταν μειώνεται V_A , η P_{ACO2} αυξάνεται. Οι αυξομειώσεις αυτές του CO_2 δεν γίνονται αυτομάτως λόγω των εφεδρειών του οργανισμού, αλλά απαιτούν μερικά λεπτά.

- Εξίσωση των κυψελιδικών αερίων

- $$P_{AO2} = P_{IO2} - \frac{P_{ACO2}}{R}$$

- Η τελευταία εξίσωση λέγεται εξίσωση των κυψελιδικών αερίων και δείχνει την σχέση μεταξύ της μερικής τάσης του O_2 και του CO_2 στον κυψελιδικό χώρο για σταθερή τιμή μερικής τάσης εισπνεόμενου οξυγόνου και σταθερή τιμή αναπνευστικού πηλίκου (R).



Διαταραχές διάχυσης

- Περιορισμός της οξυγονώσεως ως συνέπεια του χρόνου που απαιτείται για να γίνει η διάχυση στην τριχοειδοκυψελιδική μεμβράνη.
- Η ταχύτητα διαχύσεως μέσω της τριχοειδοκυψελιδικής μεμβράνης ακολουθεί τον νόμο του Fick σύμφωνα με τον οποίο η ταχύτητα είναι ευθέως ανάλογη της επιφάνειας της μεμβράνης (s) και της διαφοράς πίεσης του διαχεόμενου αερίου εκατέρωθεν αυτής ($P_1 - P_2$) και αντιστρόφως ανάλογη του πάχους της (L). Επίσης εξαρτάται και από μία σταθερά K η οποία είναι ευθέως ανάλογη με την διαλυτητότητα (sol) του αερίου στην μεμβράνη και αντιστρόφως ανάλογη με την τετραγωνική ρίζα του μοριακού βάρους

- $$K = \frac{sol}{\sqrt{MB}}$$

- $$V = \frac{S}{L} * K * (P_1 - P_2)$$



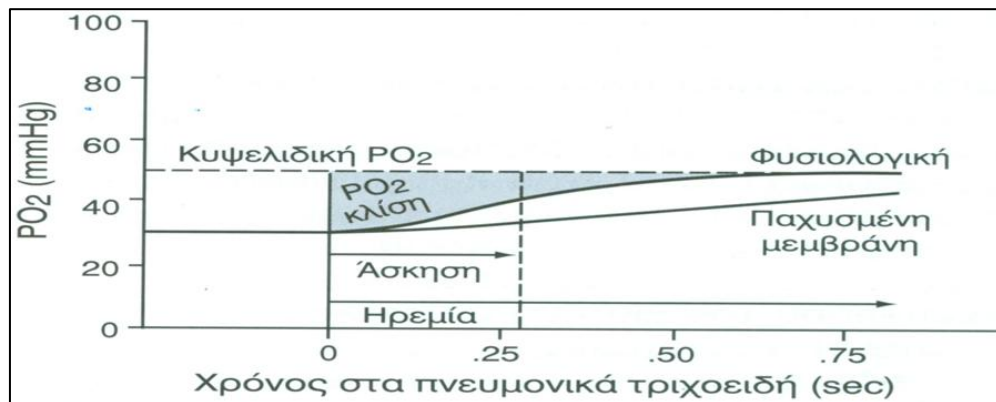
Διαταραχές διάχυσης

- Το CO₂ είναι 20 φορές πιο διαλυτό στην αναπνευστική μεμβράνη απ' ό τι το O₂ δηλ. $S_{O_2CO_2} = 20S_{O_2O_2}$ ενώ το μοριακό βάρος είναι περίπου ίδιο. Γι' αυτό η ταχύτητα διάχυσης το CO₂ υπό δεδομένες τις άλλες συνθήκες, είναι 20 φορές μεγαλύτερη απ' αυτή του O₂ διότι η $K_{CO_2} = 20 K_{O_2}$. Άρα λοιπόν ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει τον χρόνο που θα χρειασθεί για να περάσει ένα αέριο την αναπνευστική μεμβράνη είναι η διαλυτότητά του σ' αυτήν.



Πρόσληψη του O₂ κατά μήκος του πνευμονικού τριχοειδούς

- Όταν το O₂ περάσει την αναπνευστική μεμβράνη διαλύεται εντός του πλάσματος, μετά περνά την κυτταροπλασματική μεμβράνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων, εισέρχεται εντός του στρώματος και τελικώς συνδέεται με την αίμη της αιμοσφαιρίνης. Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθούν οι πιο πάνω διεργασίες είναι 0,25 sec.
- Κατά την άσκηση ο χρόνος που παραμένει το αίμα στα πνευμονικά τριχοειδή είναι 0,25sec. Οπότε, επί φυσιολογικής αναπνευστικής μεμβράνης, και σ' αυτή την περίπτωση επαρκεί ο χρόνος ώστε η P_ao₂ να γίνει ίση με την P_AO₂. Όταν η αναπνευστική μεμβράνη είναι πεπαχυσμένη ο χρόνος που απαιτείται ώστε η P_ao₂ να γίνει ίση με την P_AO₂ είναι 0,75sec.
- Όταν η P_AO₂ είναι μικρή όπως αυτό συμβαίνει όταν τα άτομα κατοικούν σε μεγάλο υψόμετρο τότε επικρατούν συνθήκες υποξαιμίας.



Σύνδεση του O₂ με την Hb

- Το O₂ από τον κυψελιδικό χώρο διέρχεται την αναπνευστική μεμβράνη διαλύεται στο πλάσμα και εισέρχεται δια της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, εντός του ερυθρού αιμοσφαιρίου. Οι διεργασίες αυτές αποτελούν το πρώτο στάδιο. Η σύνδεση του O₂ με την αιμοσφαιρίνη αποτελεί το δεύτερο στάδιο της διάχυσης του O₂
- $$\frac{1}{D_L} = \frac{1}{D_M} + \frac{1}{\Theta * V_C}$$
- Όπου DL = διαχυτική ικανότητα του πνεύμονα
- DM = διαχυτική ικανότητα της μεμβράνης (περιλαμβανομένης και της διόδου του O₂ δια του πλάσματος και της μεμβράνης του ερυθρού) Θ= ο βαθμός αντίδρασης του O₂ με την Hb και C = όγκος του αίματος στα πνευμονικά τριχοειδή. Επί φυσιολογικού πνεύμονα οι αντιστάσεις που προβάλλονται από την αναπνευστική μεμβράνη και τα συστατικά του αίματος είναι ίσες. Αυτό σημαίνει ότι αν ο όγκος του αίματος των πνευμονικών τριχοειδών μειωθεί, λόγω κάποιας νόσου τότε η διαχυτική ικανότητα του πνεύμονα μειώνεται ανάλογα.



Διαχυτική ικανότητα

- Η διαχυτική ικανότητα του πνεύμονα για το CO ισούται με τον όγκο του CO που μεταφέρεται δια της αναπνευστικής μεμβράνης ανά λεπτό ανά mmHg μερικής πίεσης CO στον κυψελιδικό χώρο.

- $$D_L = \frac{\dot{V}_{CO}}{P_{ACO} - P_{aCO}}$$

- Μέτρηση της διαχυτικής ικανότητας:

- Διαφορετικές τεχνικές εφαρμόζονται προς τούτο, η μέθοδος της μιας αναπνοής (single – breath method) καθώς και η μέθοδος της σταθεροποιητικής κατάστασης (steady – state method).

- Συνεκτιμάται η ταχύτητα διάχυσης δια της αναπνευστικής μεμβράνης αλλά και της ένωσης του CO με την Hb των ερυθρών αιμοσφαιρίων.



Διαφυγή (shunt)

- Ως Διαφυγή αίματος ορίζεται το γεγονός κατά το οποίο κάποιος όγκος αίματος δεν διέρχεται δια του πνευμονικού αγγειακού δικτύου και με άλλη οδό εισέρχεται εντός της συστηματικής κυκλοφορίας δίχως να οξυγονωθεί.



Σχέση αερισμού/αιμάτωσης

- Ο λόγος V/Q λαμβάνει υψηλές τιμές στις κορυφές των πνευμόνων και χαμηλότερες στην βάση
- Υπάρχει διαφορά 40mmHg μεταξύ βάσεως και κορυφής
- Η ανομοιογένεια της κατανομής V/Q επηρεάζει την PO_2 αλλά αυτό αντισταθμίζεται κατά κάποιο τρόπο από την αύξηση του ολικού αερισμού.



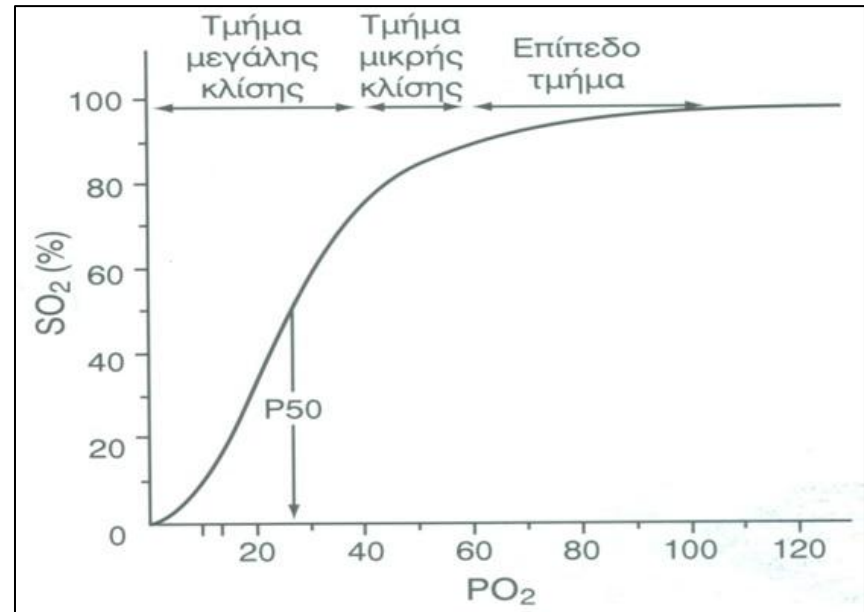
Διακίνηση Αερίων Αίματος

- Το οξυγόνο έχει μικρή διαλυτότητα (0.003ml O₂/ 100ml αίματος/ mmHg). Γι' αυτό όταν η P_aO₂ = 100 mmHg το αίμα περιέχει μόνον 0.3ml διαλελυμένου O₂ ανά 100ml αίματος, ενώ 20 ml ευρίσκεται συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη.
- Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από την αίμη (σιδηρο-πορφυρίνη) και την σφαιρίνη (πρωτεΐνη) που αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες δύο τύπου α και δύο τύπου β.
- Η μεθαιμοσφαιρίνη σχηματίζεται όταν ο σίδηρος της φυσιολογικής αιμοσφαιρίνης A (HbA) οξυδούνται σε τρισθενή Fe⁺⁺⁺. Η μεθαιμοσφαιρίνη έχει μειωμένη ικανότητα μεταφοράς O₂ αλλά επί πλέον προκαλεί αύξηση της ικανότητας για σύνδεση (affinity) της ελεύθερης Hb με το O₂ με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα της για απόδοση O₂ στους ιστούς.
- Σε φυσιολογικές καταστάσεις το O₂ ενώνεται με την Hb προς σχηματισμό οξυαιμοσφαιρίνης HbO₂.



Καμπύλη κορεσμού αιμοσφαιρίνης

- Η καμπύλη που περιγράφει την σχέση μεταξύ της μερικής πίεσης του οξυγόνου και του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης λέγεται καμπύλη κορεσμού της αιμοσφαιρίνης.
- Η αύξηση της PCO_2 προκαλεί μείωση της ικανότητας της Hb για σύνδεση με το O_2 επειδή προκαλεί μείωση του pH του αίματος δηλ. αύξηση της συγκέντρωσης των H^+ . Αυτό λέγεται φαινόμενο του Bohr. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι όσο πιο πολύ αυξάνει η PCO_2 του φλεβικού αίματος τόσο περισσότερο O_2 απελευθερώνεται από την οξυαιμοσφαιρίνη.
- Μια χρήσιμη τιμή που καθορίζει την θέση της καμπύλης κορεσμού της Hb είναι η τιμή της PO_2 κατά την οποία ο κορεσμός της Hb είναι 50%. Η τιμή αυτή συμβολίζεται και ως P50. Η φυσιολογική τιμή είναι 27mmHg.



Διοξείδιο του άνθρακα

- Η αύξηση της PCO_2 προκαλεί μείωση της ικανότητας της Hb για σύνδεση με το O_2 επειδή Διοξείδιον του Άνθρακος:
- Ενώ το O_2 μεταφέρεται δια του αίματος υπό δύο μορφές, διαλελυμένο και συνδεδεμένο με την Hb, το CO_2 μεταφέρεται υπό τρεις μορφές διαλελυμένο, ως ανθρακικό οξύ, που είναι ασθενές οξύ, και συνδεδεμένο με πρωτεΐνες υπό την μορφή καρβαμινικών οξέων. Υπό μορφή διτανθρακικών ανιόντων (HCO_3^-) μεταφέρεται σε ποσοστό 90%. Κατά 5% μεταφέρεται ως διαλελυμένο και κατά 5% υπό την μορφή καρβαμινικών ενώσεων.
- $CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{KA} H_2CO_3 \longleftrightarrow H^+ + HCO_3^-$
- Αυτό γίνεται διότι εντός των ερυθρών η πιο πάνω αντίδραση μετατοπίζεται προς τα δεξιά επειδή το H^+ δεσμεύονται από την αιμοσφαιρίνη οπότε περισσότερο CO_2 υπό την μορφή HCO_3^- , μεταφέρεται εντός των ερυθρών. Το πιο πάνω περιγραφέν φαινόμενο λέγεται «φαινόμενο Haldane».
- Η καμπύλη που δείχνει την σχέση μεταξύ PCO_2 και της ολικής συγκέντρωσης του CO_2 στο αίμα είναι σχεδόν γραμμική σε αντίθεση με την σιγμοειδή καμπύλη κορεσμού της Hb.



Διακίνηση Αερίων Αίματος

- Το οξυγόνο έχει μικρή διαλυτότητα ($0.003\text{ml O}_2 / 100\text{ml αίματος} / \text{mmHg}$). Γι' αυτό όταν η $P_{aO_2} = 100 \text{ mmHg}$ το αίμα περιέχει μόνον 0.3ml διαλελυμένου O_2 ανά 100ml αίματος, ενώ 20 ml ευρίσκεται συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη.
- Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από την αίμη (σιδηρο-πορφυρίνη) και την σφαιρίνη (πρωτεΐνη) που αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες δύο τύπου α και δύο τύπου β.
- Η μεθαιμοσφαιρίνη σχηματίζεται όταν ο σίδηρος της φυσιολογικής αιμοσφαιρίνης A (HbA) οξυδούνται σε τρισθενή Fe^{+++} . Η μεθαιμοσφαιρίνη έχει μειωμένη ικανότητα μεταφοράς O_2 αλλά επί πλέον προκαλεί αύξηση της ικανότητας για σύνδεση (affinity) της ελεύθερης Hb με το O_2 με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητα της για απόδοση O_2 στους ιστούς.
- Σε φυσιολογικές καταστάσεις το O_2 ενώνεται με την Hb προς σχηματισμό οξυαιμοσφαιρίνης HbO_2 .



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.1.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Κυριάκος Καρκούλιας 2015. «Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 1. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.1. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/MED1040/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνες 1, 2, 3, 4: Πνευμονολογία (Παθοφυσιολογία των αναπνευστικών νόσων),
Σπυρόπουλος, Κωνσταντίνος, Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 1996
(τροποποιημένες)



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Δεν περιέχει.

