



(Physiotherapist, MSc)

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

Η διαδικασία της αναπνοής μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις φάσεις:

- Στον κυψελιδικό αερισμό των πνευμόνων (είσοδο και έξοδο ατμοσφαιρικού αέρα στις πνευμονικές κυψελίδες),
- Στη διάχυση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ κυψελίδων και αίματος,
- Στη μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα με το αίμα προς και από τα κύτταρα,
- Και στη ρύθμιση του αερισμού.

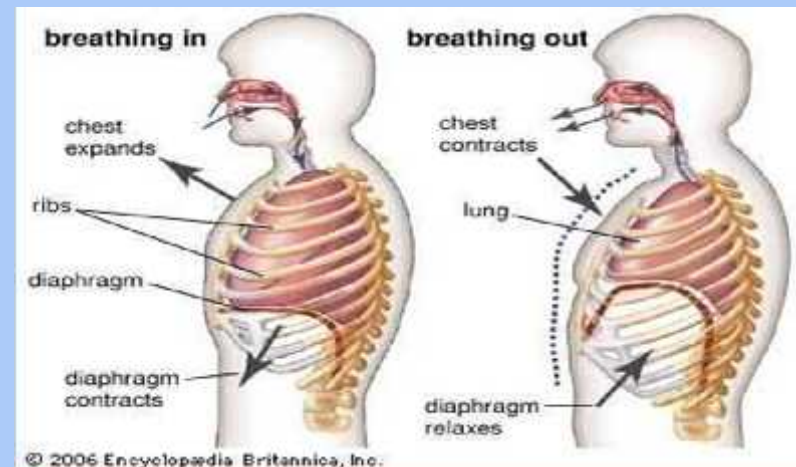


ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ

Μηχανική του πνευμονικού αερισμού

Κυψελιδικός αερισμός των πνευμόνων

- Η φυσιολογική ήρεμη αναπνοή γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με τη σύσπαση και κίνηση του διαφράγματος.
- Κατά τη διάρκεια της εισπνοής το διάφραγμα έλκει τις κάτω επιφάνειες των πνευμόνων προς τα κάτω.
- Στην εκπνοή, το διάφραγμα απλά χαλαρώνει και η ελαστική σύμπτυξη των πνευμόνων, του θωρακικού τοιχώματος και των κοιλιακών οργάνων συμπιέζει τους πνεύμονες.
- Στην έντονη εκπνοή η αναπνοή επιτυγχάνεται με τη συστολή των κοιλιακών μυών.

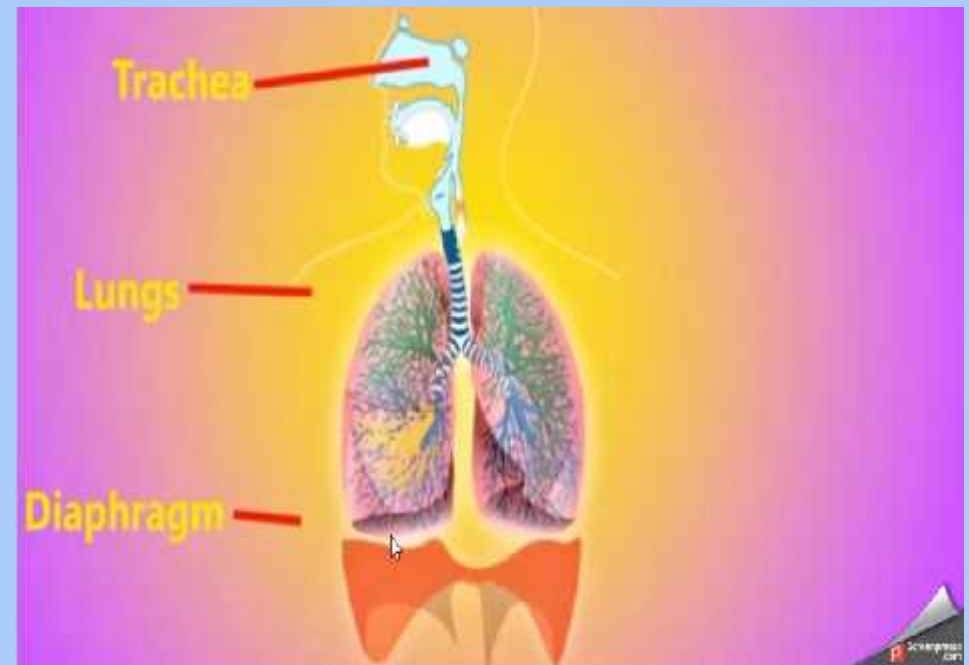


ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ



ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

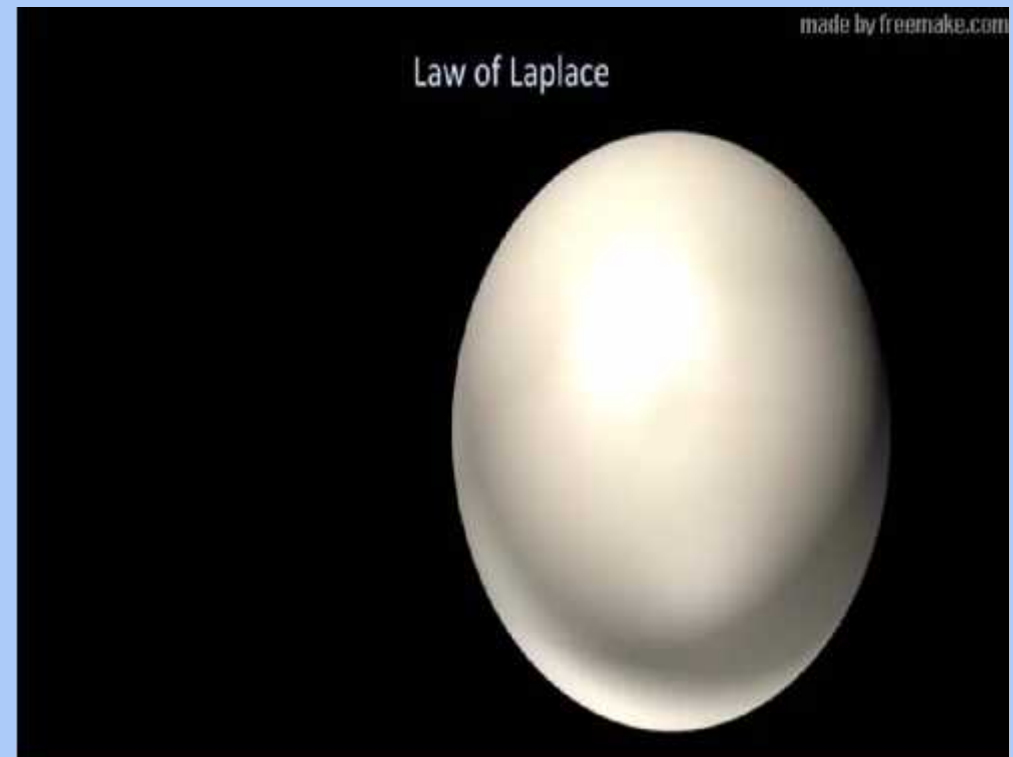
- Οι αναπνευστικοί μύες προκαλούν αερισμό των πνευμόνων συμπύσσοντας και εκπύσσοντας τους, προκαλώντας αύξηση και πτώση της πίεσης στις κυψελίδες.
- Κατά τη διάρκεια της εισπνοής η πίεση στις κυψελίδες γίνεται ελαφρά αρνητική (-1mmHg) σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση και αυτό προκαλεί είσοδο του αέρα διαμέσου των αναπνευστικών οδών.
- Κατά την εκπνοή αντίθετα η πίεση στις κυψελίδες αυξάνει ($+1\text{mmHg}$) και προκαλεί την έξοδο αέρα διαμέσου των αναπνευστικών οδών.



ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

- Οι πνεύμονες παρουσιάζουν συνεχώς μια ελαστική τάση για σύμπτυξη που οφείλεται:
 - A) Στην ύπαρξη πολλών ελαστικών ινών που διατείνονται με τη διάταση των πνευμόνων από τον αέρα και στη συνέχεια τείνουν να βραχυνθούν.
 - B) Στην επιφανειακή τάση του υγρού που επαλείφει τις κυψελίδες.
- Η επιφανειακή τάση αντισταθμίζεται από τον επιφανειοδραστικό παράγοντα των κυψελίδων. Η έλλειψή του δημιουργεί δυσκολία στην έκπτυξη.



ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ ΚΥΨΕΛΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

- Κυψελιδικός αερισμός ανά λεπτό είναι ο συνολικός όγκος καινούργιου αέρα που μπαίνει στις κυψελίδες κάθε λεπτό.
- Ο όγκος αυτός είναι ίσος με το γινόμενο της: συχνότητας αναπνοής (12-16 αναπνοές το λεπτό) επί την ποσότητα του καινούργιου αέρα που μπαίνει στις κυψελίδες.



ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

■ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ (LUNG VOLUMES)

- **Αναπνεόμενος όγκος (Tidal Volume, T.V., Vt):** 350- 500 cm³. Η ποσότητα του αέρα που εισέρχεται ή εξέρχεται από τους πνεύμονες σε κάθε φυσιολογική ήρεμη αναπνευστική κίνηση. Αντιστοιχεί στο 3% του ιδεώδους σωματικού βάρους. Από αυτά ένα τμήμα (περίπου 150 cm³) δε φτάνει μέχρι τις κυψελίδες και αποτελεί το φυσιολογικό νεκρό χώρο.
- **Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος (Inspiratory Reserve Volume, I.R.V.):** Άνδρες 3300 cm³, γυναίκες 1900 cm³. Η μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορούμε να εισπνεύσουμε πρόσθετα μετά το τέλος μιας φυσιολογικής αναπνοής. Χρησιμοποιείται συνήθως κατά τη διάρκεια έντονης προσπάθειας ή άσκησης.
- **Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος (Expiratory Reserve Volume, E.R.V.):** Άνδρες 1000 cm³, γυναίκες 700 cm³. Η μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορούμε να αποβάλλουμε από τους πνεύμονες μετά το τέλος μιας ήρεμης εκπνοής.
- **Υπολειπόμενος όγκος (Residual Volume, R.V.):** Άνδρες 1200 cm³, γυναίκες 1100 cm³. Είναι ο όγκος αέρα που παραμένει στους πνεύμονες έπειτα από την έξοδο του εκπνευστικού εφεδρικού όγκου.

(1000 cm³ = 1000ml = 1L)

ΦΑΣΗ ΠΡΩΤΗ ΚΥΨΕΛΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Παράδειγμα

(Όταν υπολογίζουμε τον κυψελιδικό αερισμό ανά λεπτό, πρέπει από κάθε αναπνοή να αφαιρεθεί ο όγκος του φυσιολογικού νεκρού χώρου)

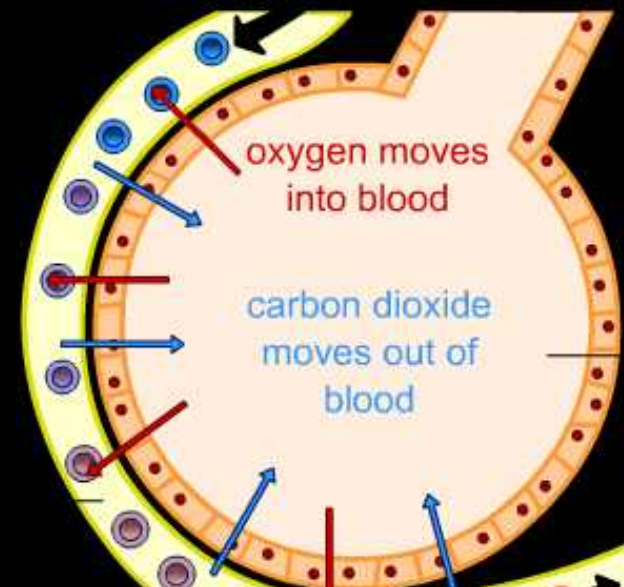
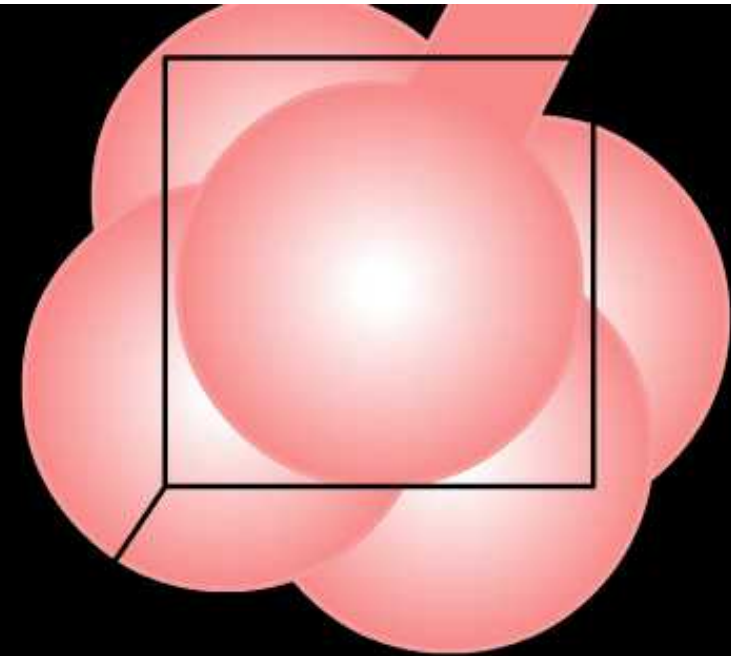
ΑΝ Ο ΑΝΑΠΝΕΟΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ ΕΪΝΑΙ 0,5L ΚΑΙ Ο ΝΕΚΡΟΣ ΟΓΚΟΣ 0,15 L ΚΑΙ 16 Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΝΟΩΝ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ ΤΟΤΕ Ο ΚΥΨΕΛΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΕΪΝΑΙ:

$$(0,5 - 0,15) \times 16 = 5,6L$$



ΦΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

Το δεύτερο στάδιο της αναπνευστικής διαδικασίας, μετά την πλήρωση των κυψελίδων με καινούριο αέρα, είναι η διάχυση του οξυγόνου από τις κυψελίδες στο αίμα της πνευμονικής κυκλοφορίας και του διοξειδίου του άνθρακα προς την αντίθετη κατεύθυνση.

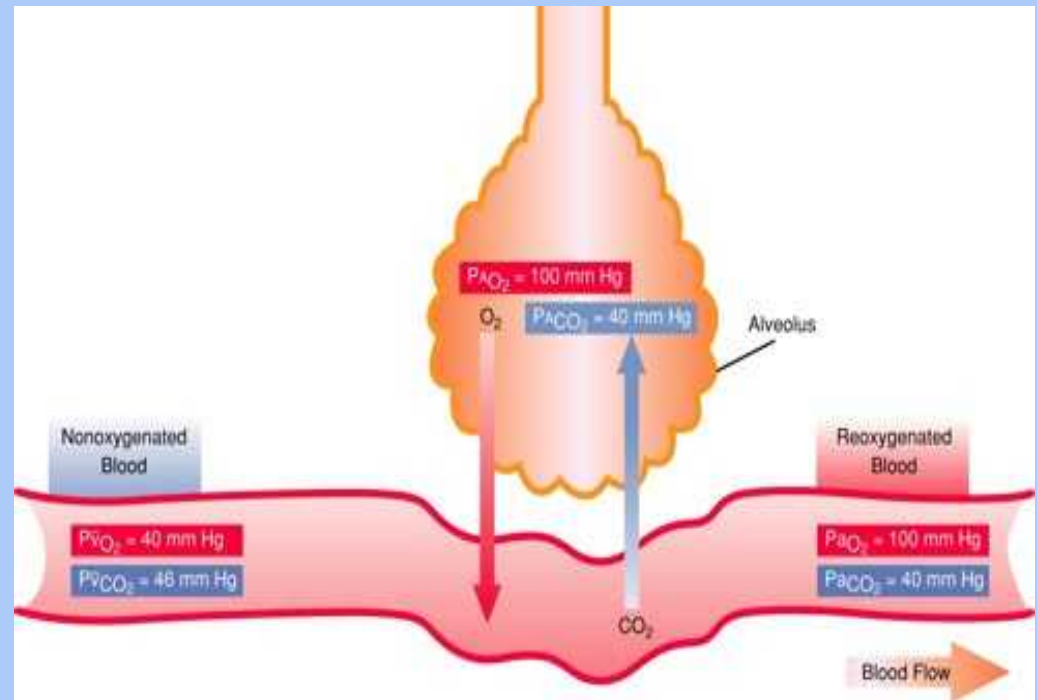


ΦΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

■ ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΥΓΡΑ

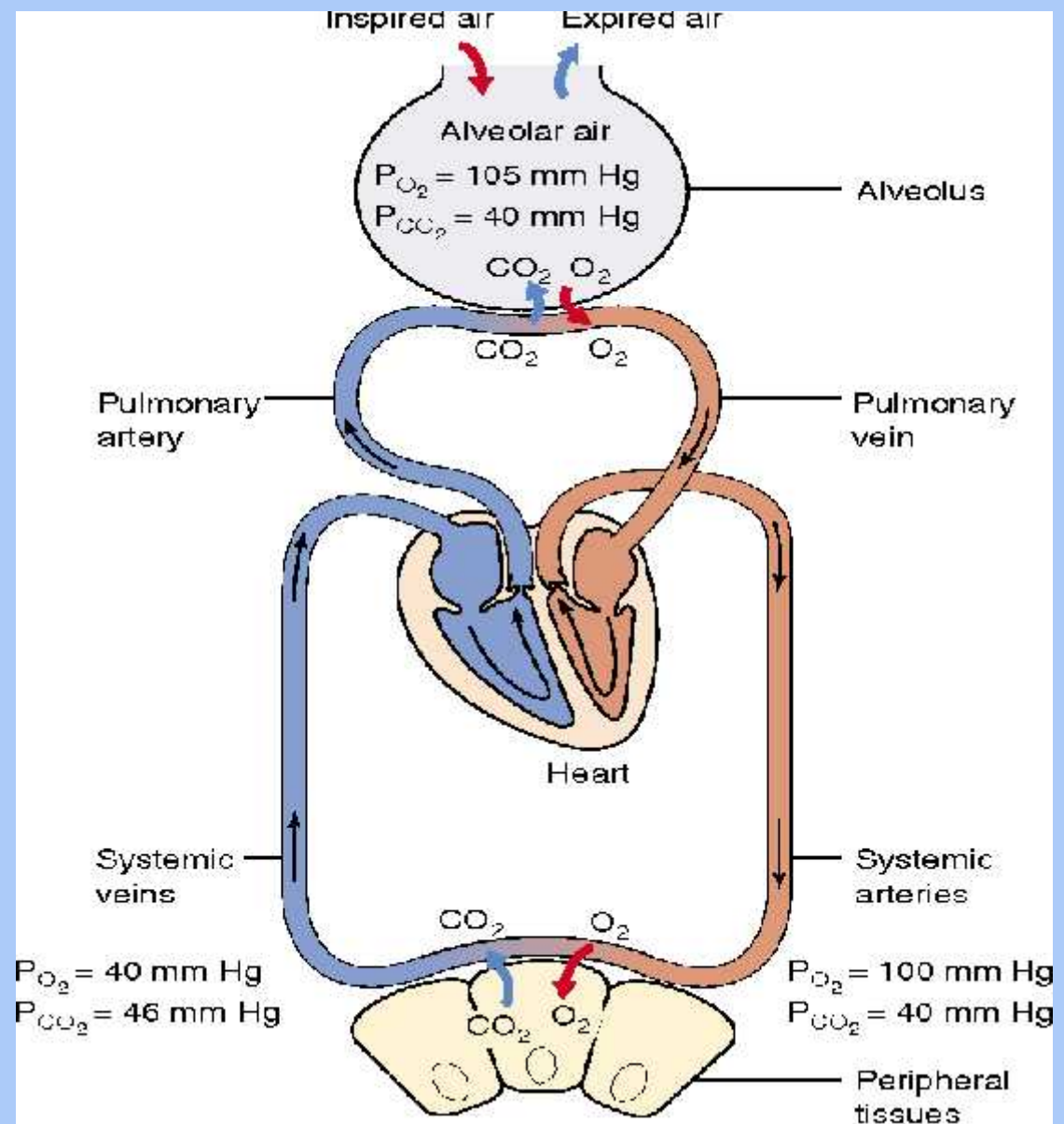
Ο ρυθμός διάχυσης ενός αερίου σε υγρό εξαρτάται από:

1. τη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο άκρων του χώρου. Η πίεση του οξυγόνου (PO_2) στις κυψελίδες είναι μεγαλύτερη από την πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PCO_2) στο αίμα της πνευμονικής κυκλοφορίας.
2. τη διαλυτότητα του αερίου
3. Την απόσταση διάχυσης
4. Από το μοριακό βάρος του υγρού.



ΦΑΣΗ ΤΡΙΤΗ

Μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα με το αίμα προς και από τα κύτταρα



ΦΑΣΗ ΤΡΙΤΗ

- Φυσιολογικά περίπου το 97% του οξυγόνου που διακινείται από τους πνεύμονες προς τους ιστούς μεταφέρονται συνδεδεμένα χημικά με την αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων, ενώ τα υπόλοιπα 3% μεταφέρονται διαλυμένα μέσα στο νερό του πλάσματος και των κυττάρων.

ΤΕΤΑΡΤΗ ΦΑΣΗ-

Ρύθμιση αναπνοής

■ ΡΥΘΜΙΣΗ

Το νευρικό σύστημα ρυθμίζει την ταχύτητα του κυψελιδικού αερισμού σύμφωνα με τις ανάγκες του οργανισμού έτσι ώστε οι πιέσεις του οξυγόνου (PO₂) και του διοξειδίου του άνθρακα (PCO₂) στο αίμα διατηρούνται σταθερές, καθώς επίσης και το pH του αίματος.

■ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ pH ΑΡΤΗΡΙΑΚΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ

PO₂: 81 – 100 mm Hg

PCO₂: 35 – 45 mm Hg

pH: 7.35 – 7.45

Κεντρικοί χημειοϋποδοχείς



Περιφερικοί
χημειοϋποδοχείς

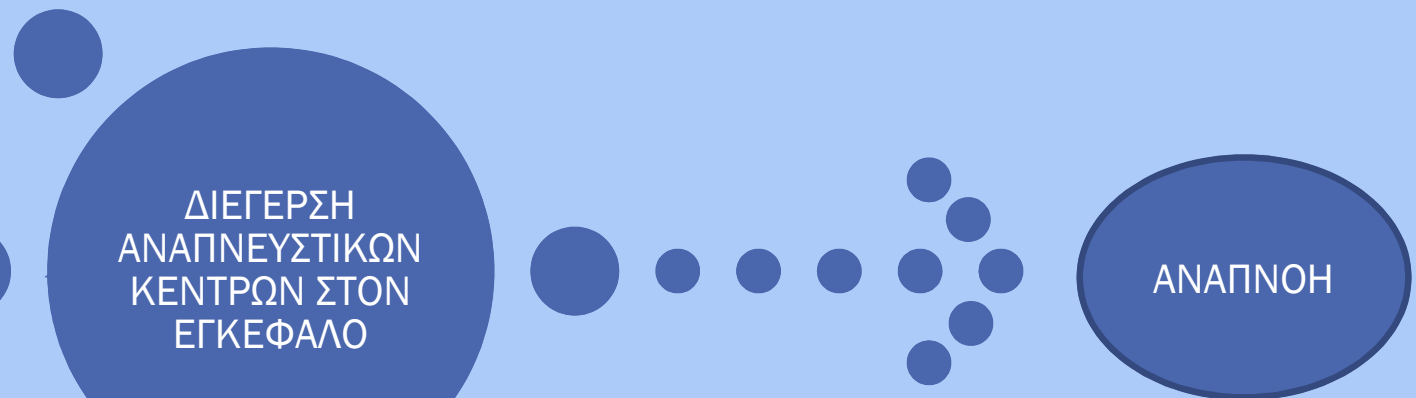


Πνευμονικοί χημειοϋποδοχείς

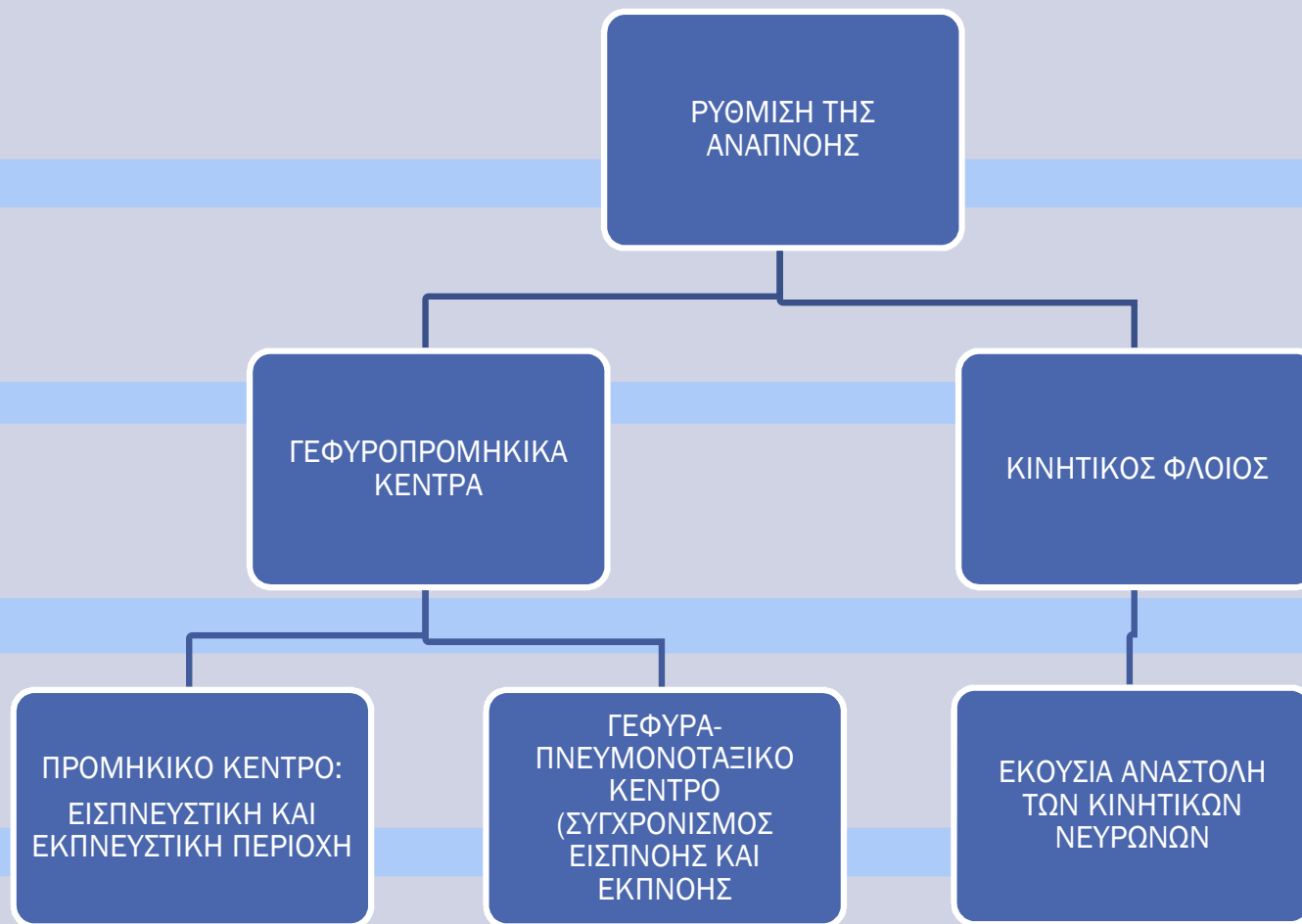


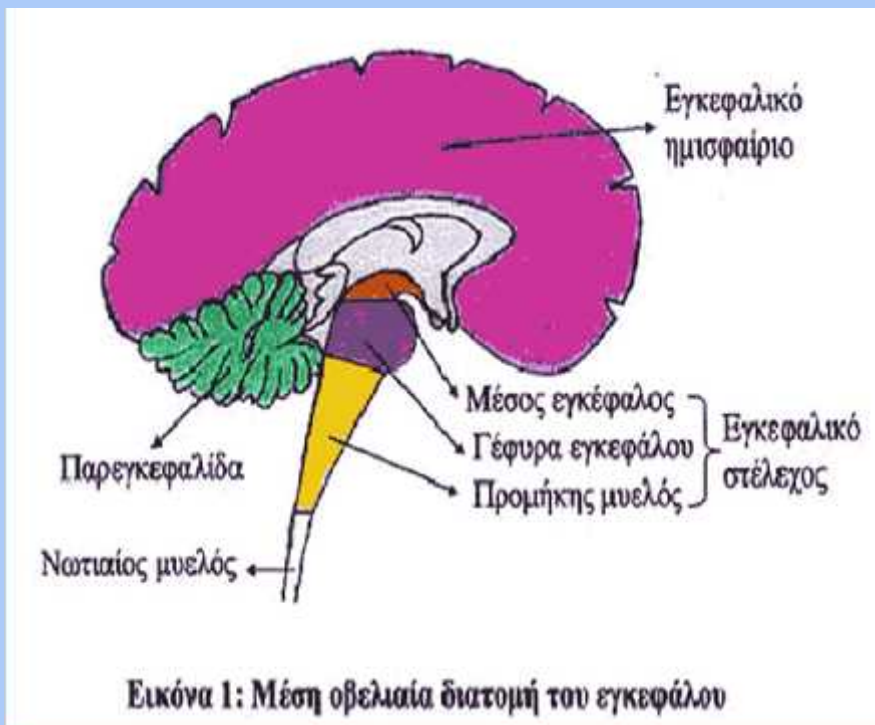
ΔΙΕΓΕΡΣΗ
ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΩΝ
ΚΕΝΤΡΩΝ ΣΤΟΝ
ΕΓΚΕΦΑΛΟ

ΑΝΑΠΝΟΗ



Υπάρχουν δυο διαφορετικοί νευρικοί μηχανισμοί που ελέγχουν τη δραστηριότητα των αναπνευστικών μυών.

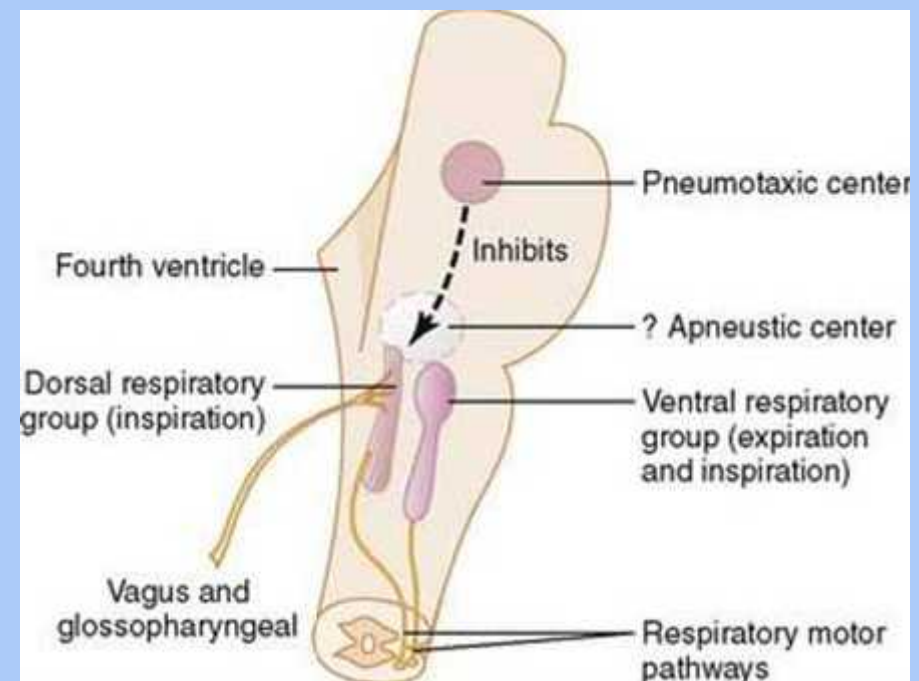




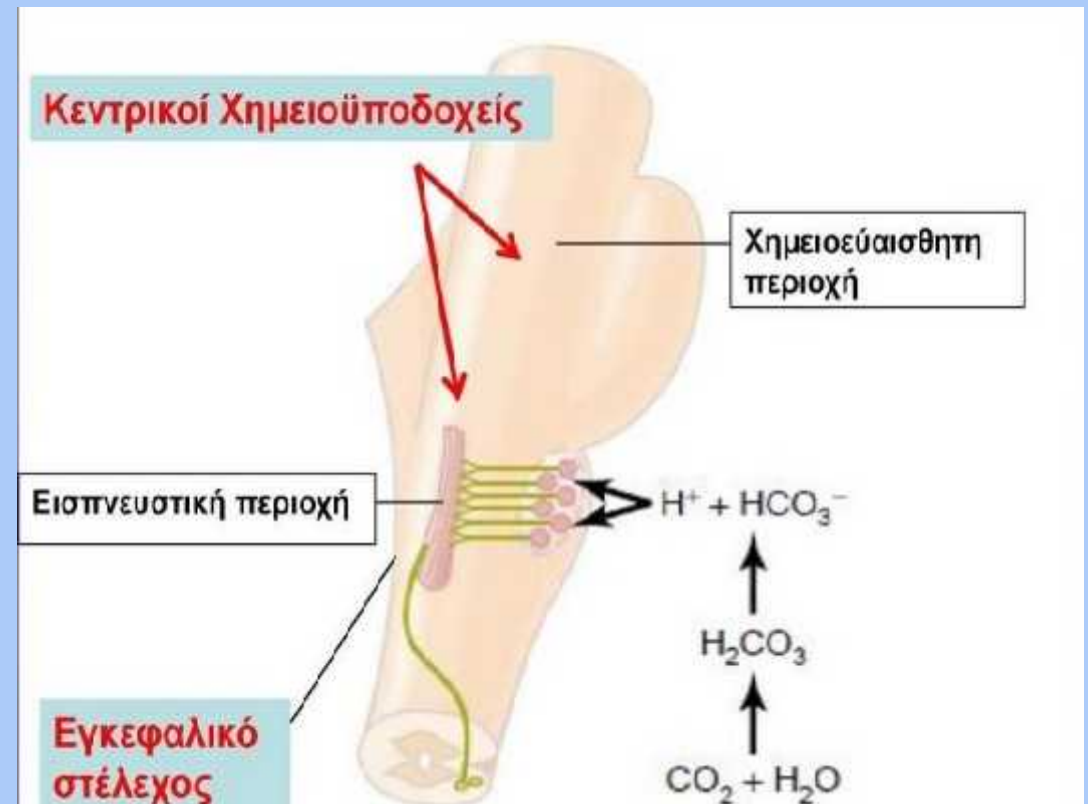
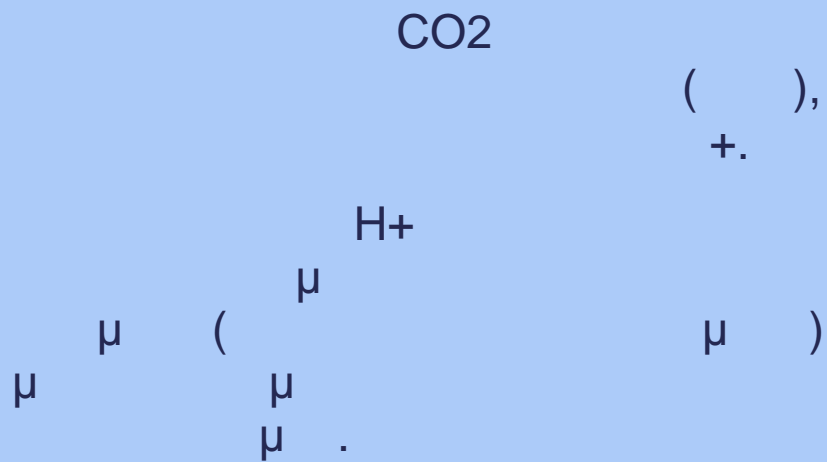
- ❑ Ραχιαία προμηκική ομάδα (Dorsal respiratory group): Εισπνευστική περιοχή.
- ❑ Κοιλιακή χώρα του προμήκη (Ventral respiratory group): Εκπνευστική περιοχή.
- ❑ Πνευμονοταξική περιοχή (Pneumonotaxic center): Περιορίζει την εισπνευστική διέγερση, επιδρά στη συχνότητα της αναπνοής.

Το εκπνευστικό κέντρο αδρανεί κατά τη διάρκεια φυσιολογικής και ήρεμης αναπνοής. Η πνευμονοταξική περιοχή είναι αυτή που μεταβιβάζει ώσεις στην εισπνευστική περιοχή για τον περιορισμό της εισπνοής. Άρα κύριο κέντρο αναπνοής είναι η εισπνευστική περιοχή, η εκπνευστική ενεργοποιείται μόνο σε έντονη προσπάθεια.

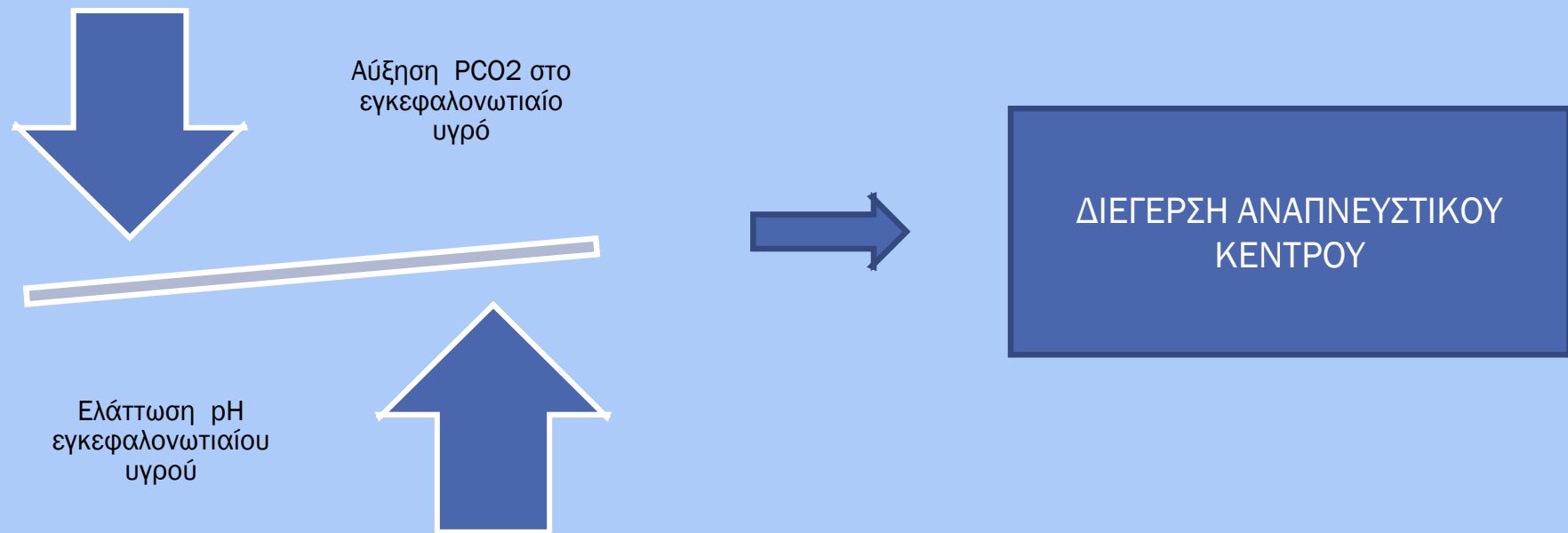
ΚΕΝΤΡΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ



1. Κεντρικός χημικός έλεγχος της αναπνοής



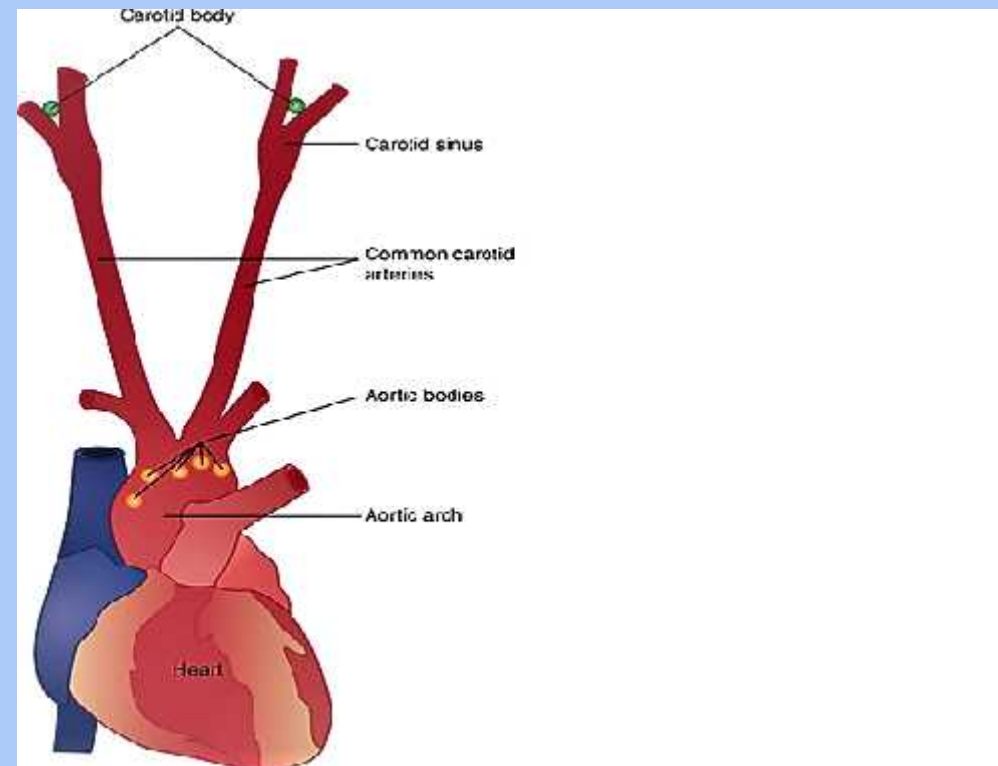
1. Κεντρικός χημικός έλεγχος της αναπνοής- μεταβολή της μερικής πίεσης CO₂ και pH εγκεφαλονωτιαίου υγρού



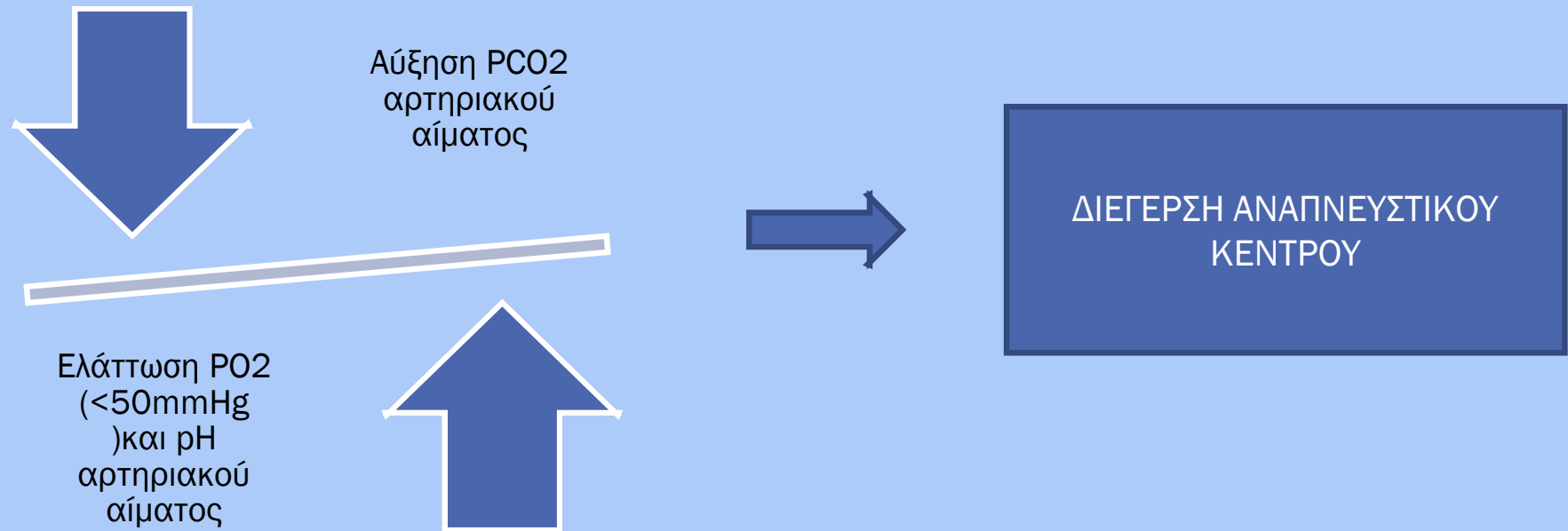
2. Περιφερικός χημικός έλεγχος της αναπνοής

Στο αορτικό τόξο της καρδιάς και στις καρωτίδες υπάρχουν αισθητήρια όργανα (καρωτιδικά και αορτικά σωμάτια), τα οποία ερεθίζονται στις μεταβολές των αερίων και του pH του αρτηριακού αίματος και στέλνουν σήμα στο αναπνευστικό κέντρο.

Είναι υπεύθυνοι για την ανίχνευση των επιπέδων CO_2 στο αίμα.



2. Περιφερικός χημικός έλεγχος της αναπνοής- αρτηριακού αίματος

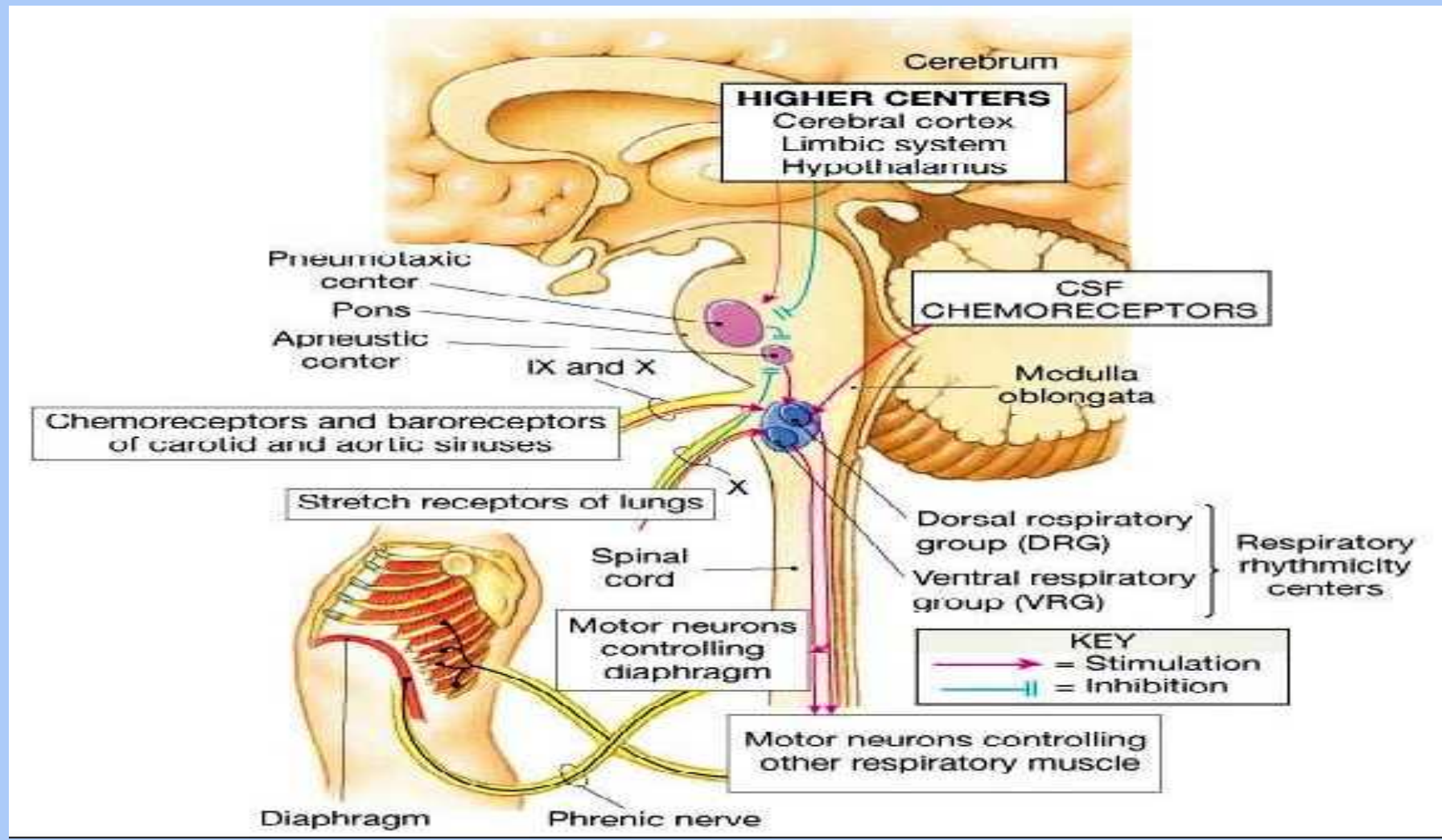


3. Πνευμονικοί χημειοϋποδοχείς

- Στα τοιχώματα των βρόγχων και τον βρογχιολίων των πνευμόνων βρίσκονται τα σεοϋποδοχείς, αισθητήρες που όταν υπερδιαταθούν μεταβιβάζουν με τα πνευμονογαστρικά νεύρα, ανασταλτικές ώσεις προς το κέντρο εισπνοής (Αντανακλαστικό Hering-Breuer).







ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

