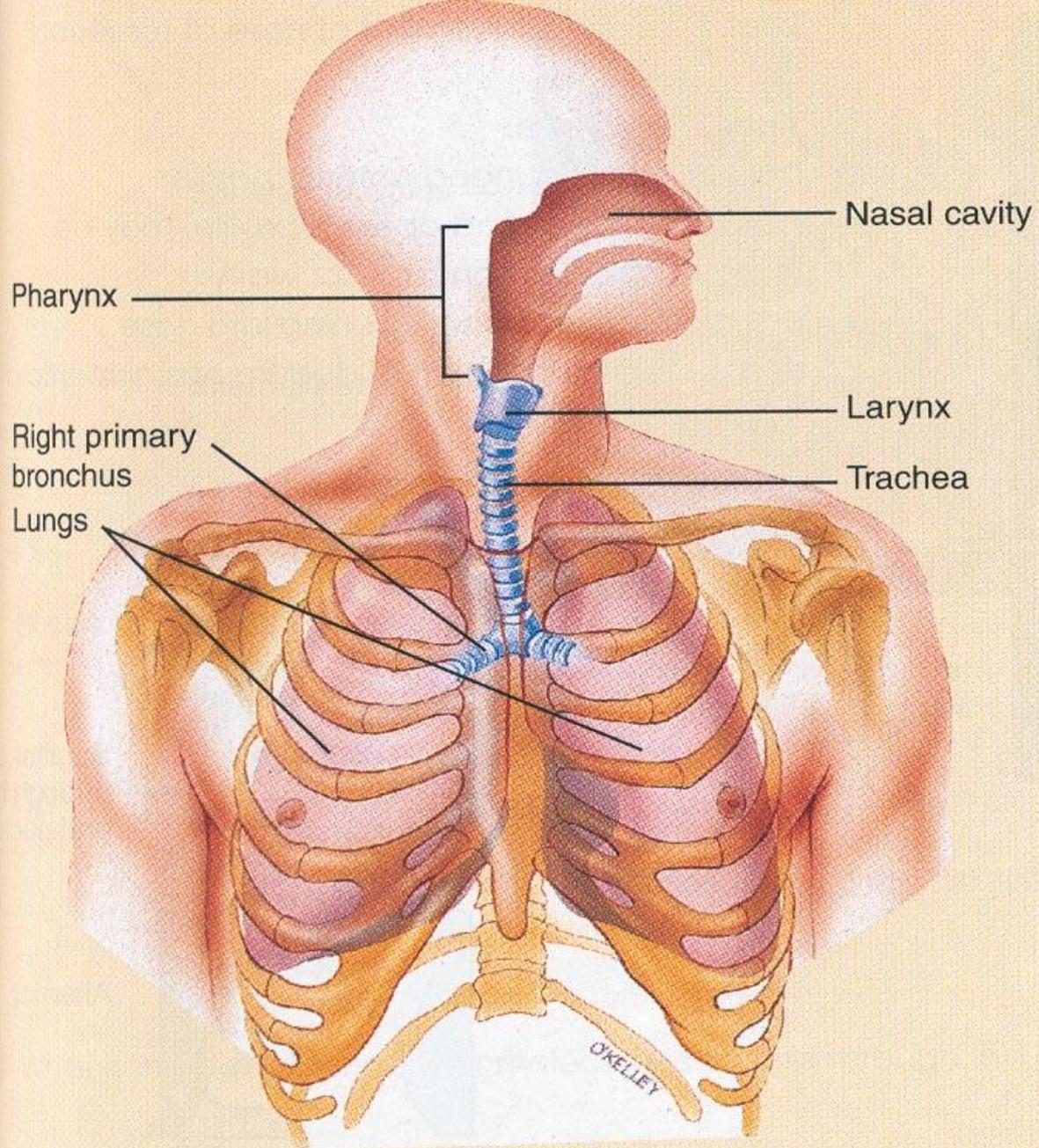


# Volume Nafas dan Tekanan Gas Partial



**STRUCTURES OF THE RESPIRATORY SYSTEM**

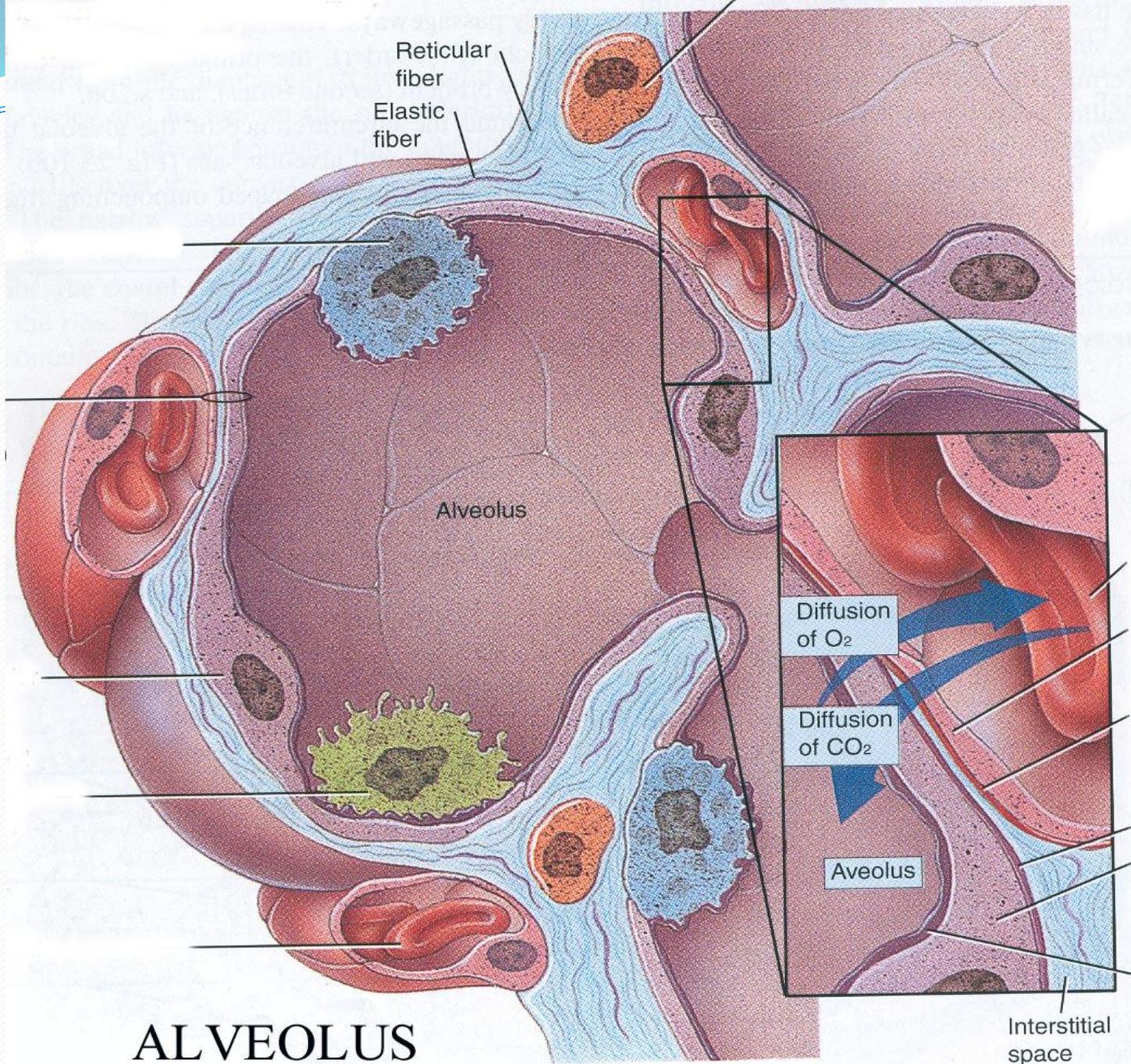
Pernafasan dibagi menjadi beberapa peristiwa:

1. Ventilasi paru
2. Difusi oksigen dan  $\text{CO}_2$  di alveoli
3. Transpor oksigen dari darah ke dalam sel

Udara masuk ke paru-paru karena ada perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perubahan besar rongga dada.

Paru-paru dapat dikembangkan melalui 2 cara:

1. Diafragma bergerak turun naik untuk memperbesar / memperkecil rongga dada
2. Depresi dan elevasi tulang iga



# ALVEOLUS

Udara masuk ke paru-paru karena ada perbedaan tekanan yang disebabkan oleh perubahan besar rongga dada.

Paru-paru dapat dikembangkempiskan melalui 2 cara:

1. Diafragma bergerak turun naik untuk memperbesar /memperkecil rongga dada
2. Depresi dan elevasi tulang iga

Otot yg mengelevasikan rangka dada → otot-otot inspirasi

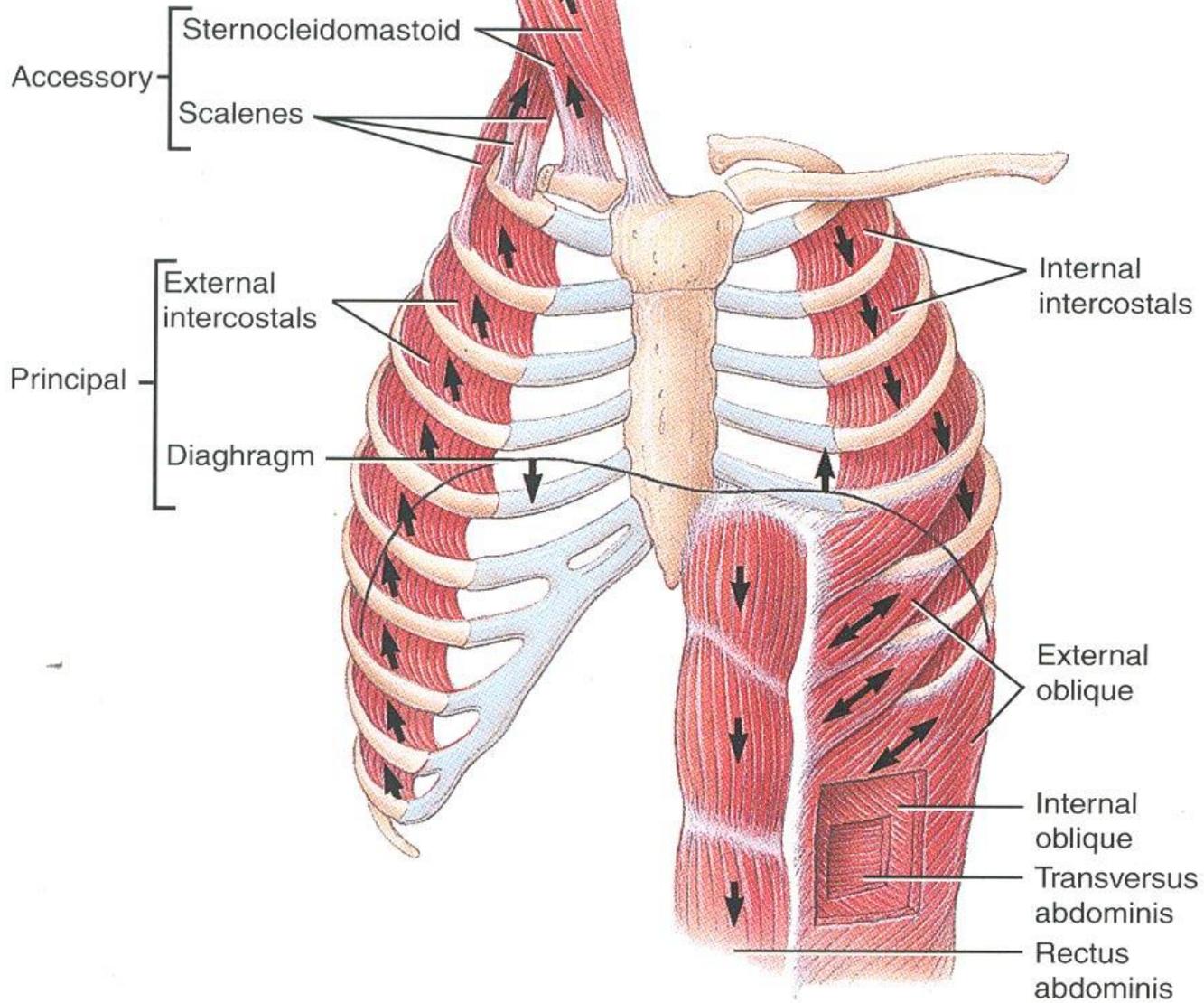
- Interkostalis eksterna
- Sternokleidomastoideus
- Serratus anterior
- skalenus

Otot yg menurunkan rangka dada → otot ekspirasi

- Rectus abdominis
- Intercostalis internus

MUSCLES OF INSPIRATION

MUSCLES OF EXPIRATION



Udara dapat bergerak karena ada perbedaan tekanan.

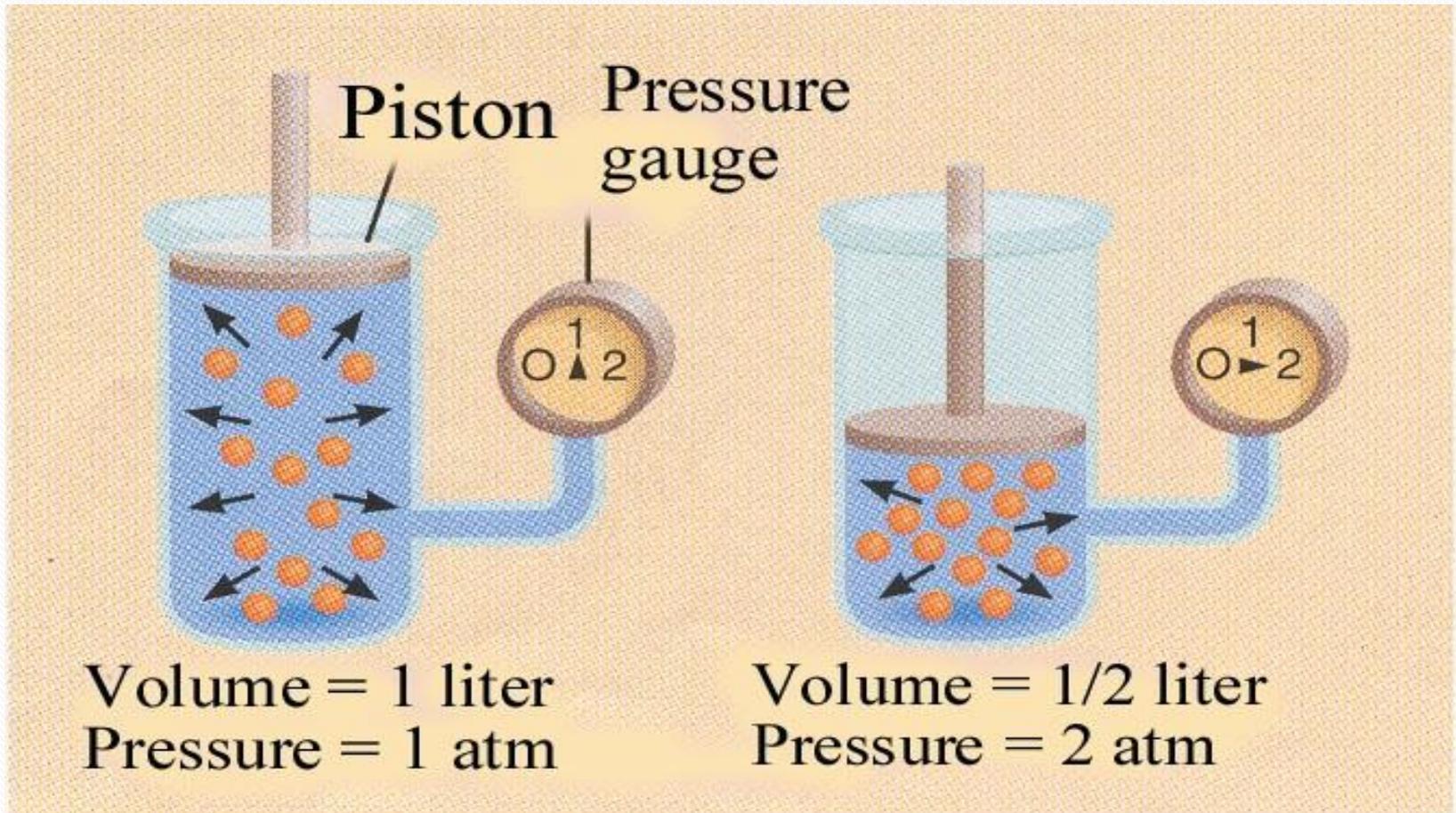
Tekanan atmosfer 0 cmHg. Udara akan masuk ke dalam alveoli bila tekanan di alveoli lebih kecil dan udara akan keluar bila tekanan di alveoli lebih besar

Saat inspirasi, tekanan di alveoli ↓ -1 cmHg

Saat ekspirasi, tekanan di alveoli ↑ +1 cmHg

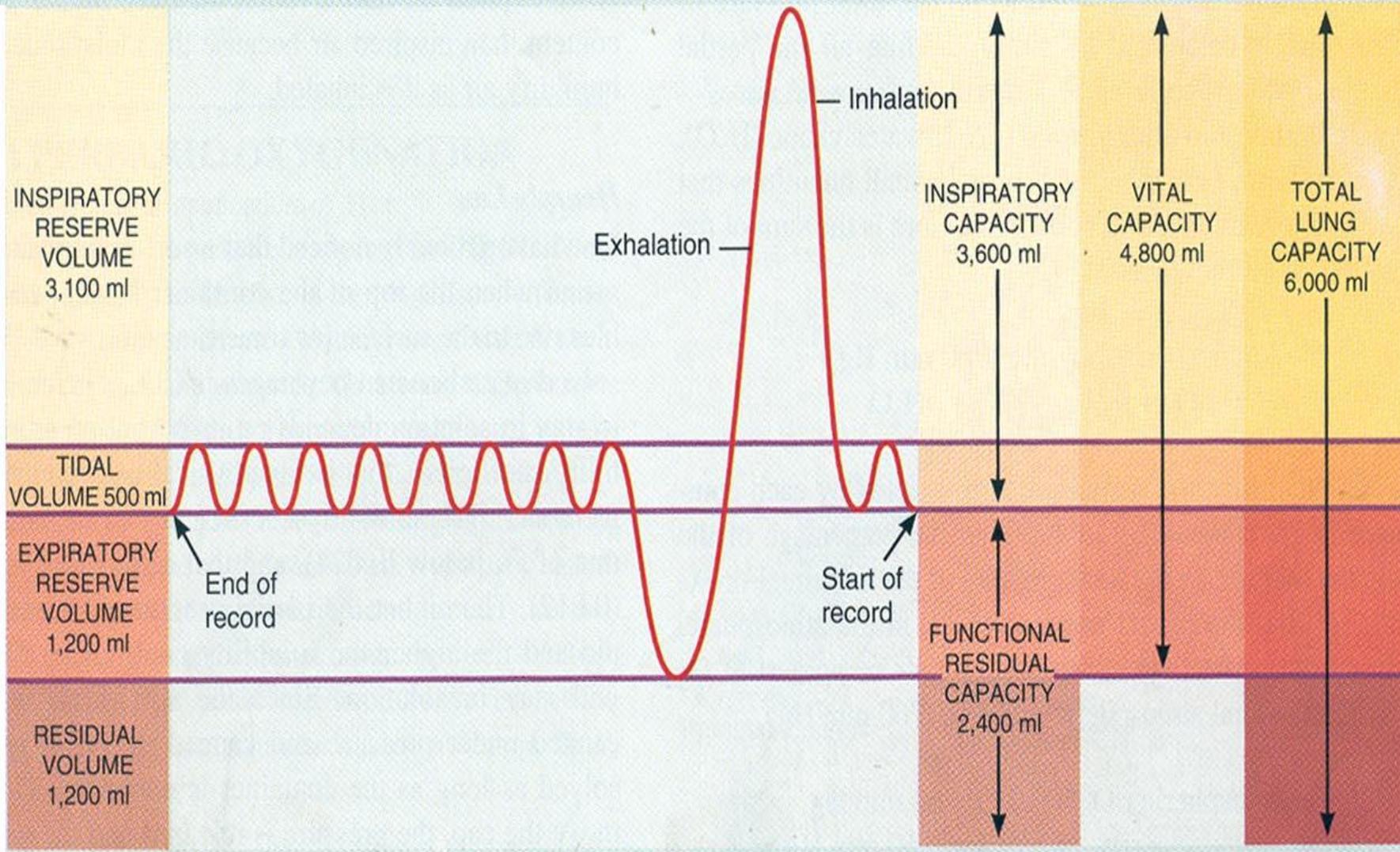
Udara yang keluar-masuk paru-paru ± 0,5 liter selama 2-3 detik

# Hukum boyle “volume udara berbanding terbalik dengan tekanan”



- 
- Selama pernafasan normal dan tenang, kontraksi otot pernafasan terjadi pada inspirasi, sedangkan ekspirasi adalah proses pasif, terjadi akibat elastisitas paru.

# Volume paru



- Volume alun nafas/tidal volume:volume udara yang diinspirasi atau di ekspirasi tiap kali bernafas normal.± 500 ml pada dewasa muda
- Volume cadangan inspirasi:udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan di atas tidal volume,bisa mencapai 3000 -3100 ml
- Volume cadangan ekspirasi:jumlah udara ekstra yang dapat diekspirasi dengan kuat pada akhir ekspirasi tidal ,normalnya 1100-1200 ml
- Volume residu:udara yang masih ada di dalam paru setelah ekspirasi paling kuat,besarnya 1200 ml

## Kapasitas paru

- Kapasitas inspirasi=tidal volume + volume cadangan inspirasi,  $\pm 3500-3600$  ml yang dapat dihirup oleh seseorang
- Kapasitas residu fungsional=volume cadangan ekspirasi + volume residu, yaitu jumlah udara yang tersisa dalam paru-paru pada akhir ekspirasi normal.  $\pm 2300-2400$  ml

- Kapasitas vital = volume cadangan inspirasi + tidal volume + volume cadangan ekspirasi. Adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru-paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya.  $\pm 4600 - 4800 \text{ ml}$
- Kapasitas paru total, adalah volume maksimal dimana paru dapat dikembangkan sebesar mungkin = kapasitas vital + volume residu.  $\pm 5800 - 6000 \text{ ml}$

- Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20-25% lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada orang atletis dan besar daripada orang bertubuh kecil

Volume pernafasan seminit adalah jumlah total udara baru yang masuk ke dalam saluran pernafasan tiap menit

= volume tidal volume x frekuensi pernafasan

500ml x 12 x/menit

= 6 liter/menit

Alveoli, kantung alveolus, duktus alveolaris dan bronkiolus respiratorius adalah area tempat terjadinya pertukaran gas paru. Selama pernafasan normal dan tenang, volume tidal hanya cukup mengisi sampai bronkiolus terminalis. Udara baru bergerak dari bronkiolus terminalis ke alveolus dengan cara difusi.

# Dead space

Sebagian udara yang dihisap sewaktu nafas, sebagian tidak sampai ke area pertukaran, tapi tetap di dalam saluran pernafasan seperti hidung, faring dan trakea. Udara ini disebut udara dead space /ruang mati/ruang rugi yang pada dewasa muda kira-kira 150 ml

# Kecepatan ventilasi alveolus

Ventilasi alveolus tiap menit adalah volume udara yang masuk ke dalam alveoli (dan daerah pertukaran gas yang berdekatan lainnya) setiap menit. Jadi, dengan tidal volume 500 ml dan ruang rugi normal 150 ml, dan frekuensi pernafasan 12 x/menit, ventilasi alveolus adalah

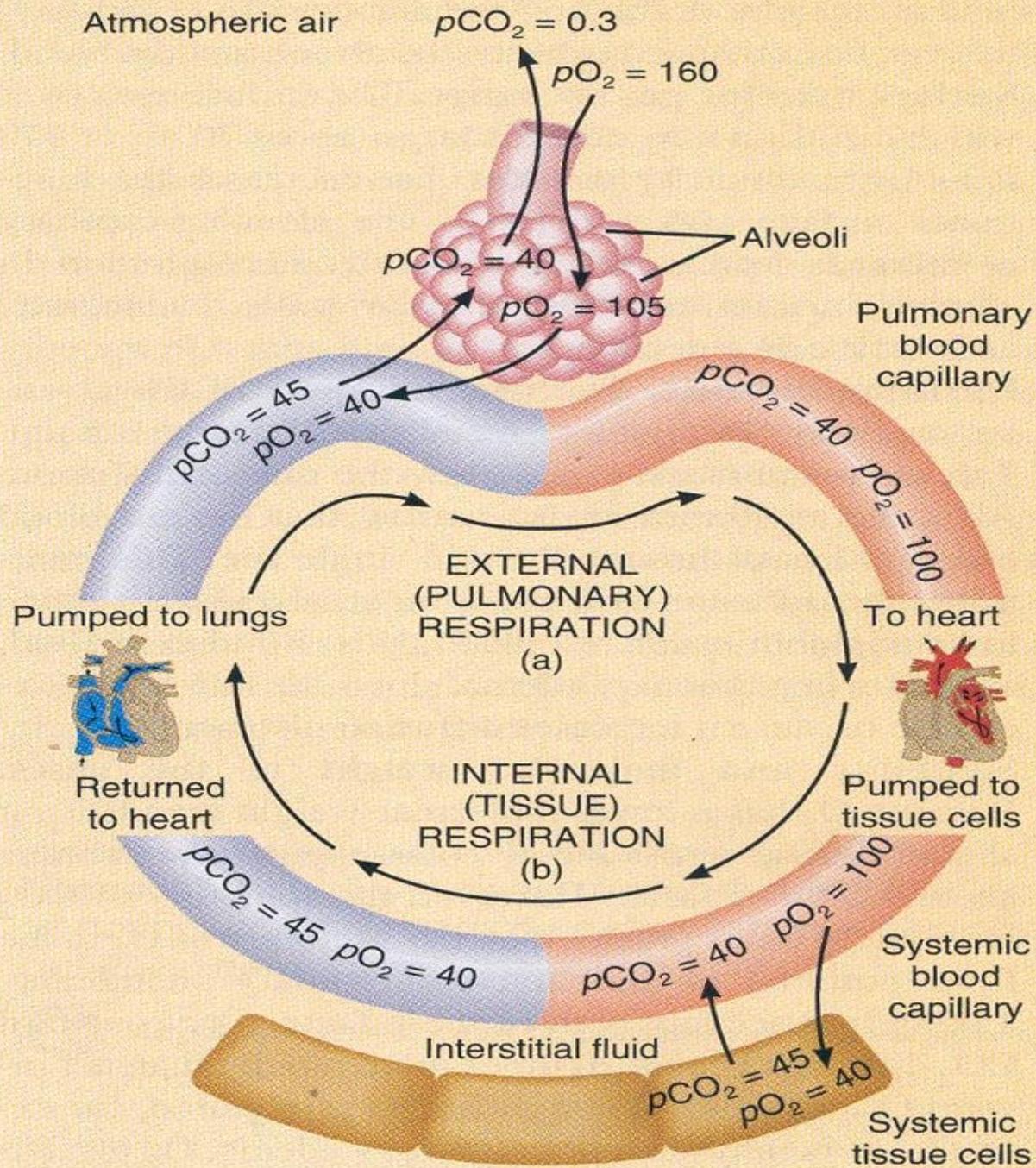
$$12 \times (500 - 150) = 4200 \text{ ml /menit}$$

- Semua gas yang berhubungan dengan fisiologi pernafasan adalah molekul-molekul sederhana yang dapat bergerak bebas satu sama lain, proses ini di sebut difusi
- Pertukaran gas yang terjadi antara alveoli dan pembuluh darah terjadi secara difusi.
- Tekanan disebabkan oleh pukulan konstan dari gerakan kinetis molekul melawan suatu permukaan
- Tekanan gas pada permukaan sal pernafasan seimbang dengan jumlah pukulan seluruh molekul.

- Jadi, tekanan total berbanding langsung dengan konsentrasi molekul-molekul gas
- Komposisi udara bebas terdiri dari nitrogen 79% dan oksigen 21 %. Tekanan total pada campuran ini  $\pm 760$  mmHg
- Tek parsial nitrogen =  $79\% \times 760 \text{ mmHg} = 600 \text{ mmHg}$
- Tek parsial oksigen =  $21\% \times 760 \text{ mmHg} = 160 \text{ mmHg}$
- Tekanan total adalah 760 yang merupakan penjumlahan dari tek parsial masing-masing

# Difusi gas antara alveoli dan pembuluh darah

- Arah difusi gas di tentukan oleh perbedaan tekanan parsial gas di alveoli dan di pembuluh darah.
- Bila tekanan parsial gas lebih besar pada fase gas di alveoli, seperti oksigen, maka akan lebih banyak molekul masuk ke dalam darah.

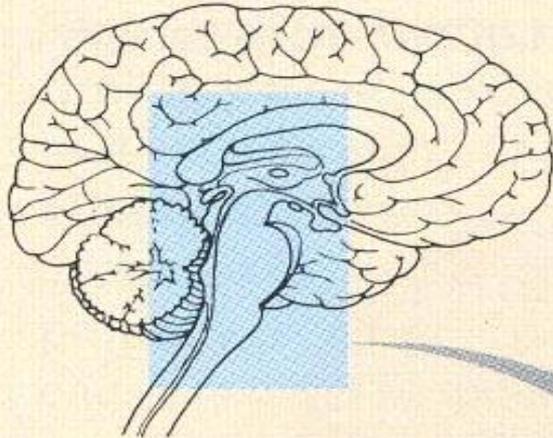


Udara alveolus tidak punya konsentrasi yang sama dengan udara atmosfer. Penyebabnya:

1. Udara alveolus hanya sebagian diganti oleh udara atmosfer tiap kali bernafas
2. Oksigen terus diserap dari udara alveolus
3.  $\text{CO}_2$  berdifusi secara konstan dari darah paru ke alveoli
4. Udara atmosfer kering yang memasuki saluran nafas dilembabkan ahkan sebelum udara tersebut sampai ke alveoli

# Pusat Pernafasan

# Pusat Pernafasan



## RESPIRATORY CENTER

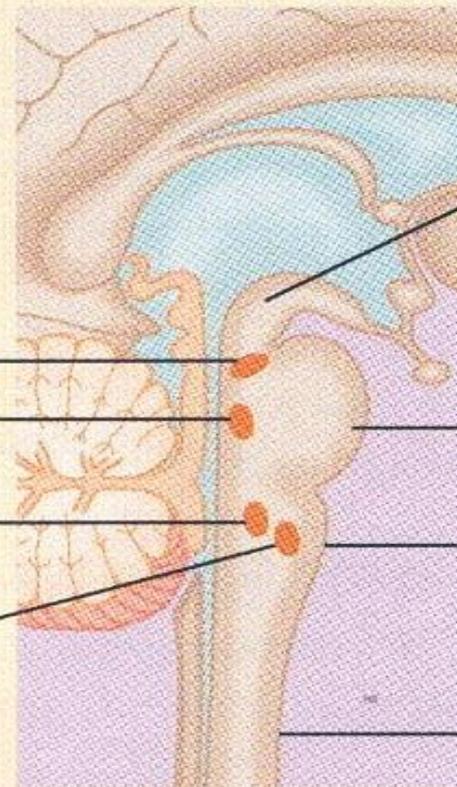
Pneumotaxic area

Apneustic area

Medullary  
rhythmicity  
area

Inspiratory  
area

Expiratory  
area



Midbrain

Pons

Medulla  
oblongata

Spinal cord

Sagittal section of brain stem

Pusat pernafasan adalah beberapa neuron di sebelah bilateral medula oblongata dan pons.

Daerah ini dibagi menjadi 3 kelompok neuron utama.

1. Kelompok pernafasan dorsal, terutama menyebabkan inspirasi
2. Kelompok pernafasan ventral, menyebabkan inspirasi atau ekspirasi, tergantung neuron mana yang dirangsang
3. Pusat pneumotaksik, membantu mengatur kecepatan dan pola bernafas

Tujuan akhir pernafasan adalah untuk mempertahankan konsentrasi oksigen, karbondioksida dan ion hidrogen dalam tubuh.

Aktivitas pernafasan sangat responsif terhadap perubahan masing-masing konsentrasi tersebut.

Stimulus (stress)



Increase arterial blood  $p\text{CO}_2$



Central & peripheral chemo-receptor



Inspiratory area control center (in MO)



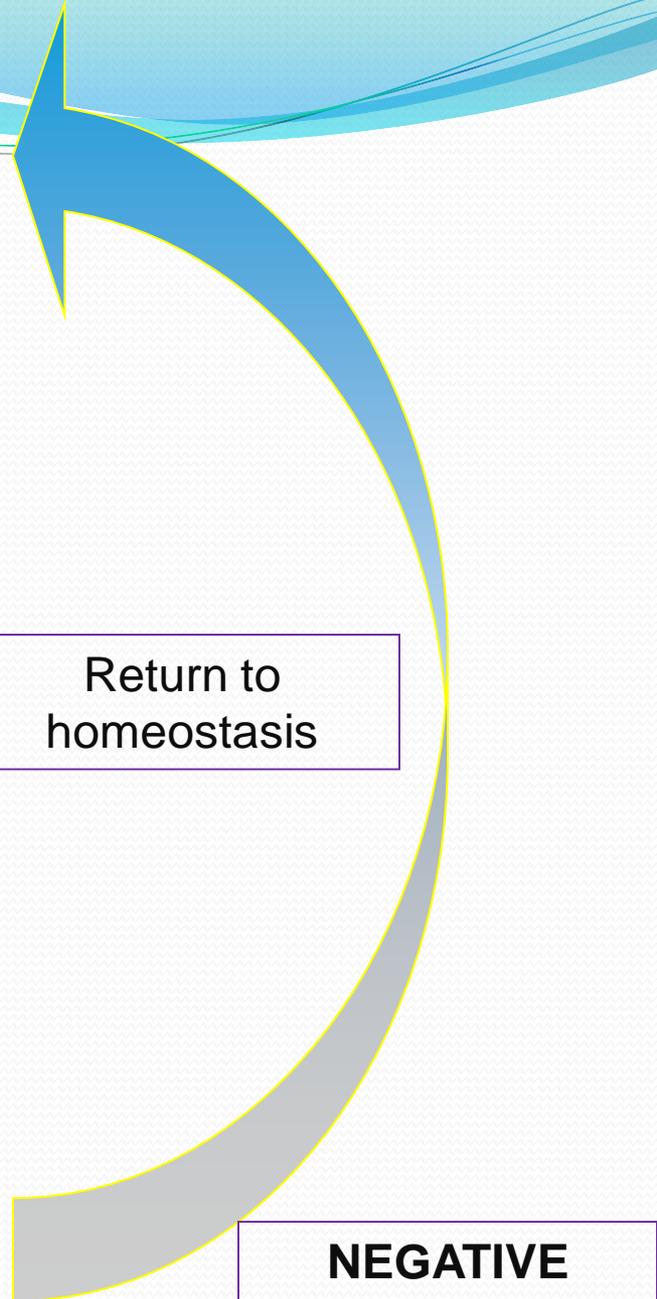
Respiratory muscle:  $\rightarrow$  hyperventilation



Decrease arterial blood  $p\text{CO}_2$ ; increase  $p\text{O}_2$

Return to homeostasis

**NEGATIVE  
FEEDBACK**



Stimulus (stress)



Decrease arterial blood  $pO_2$  (severe hypoxia)



Central chemo-receptor suffer hypoxia



Inspiratory area suffer hypoxia (in MO)



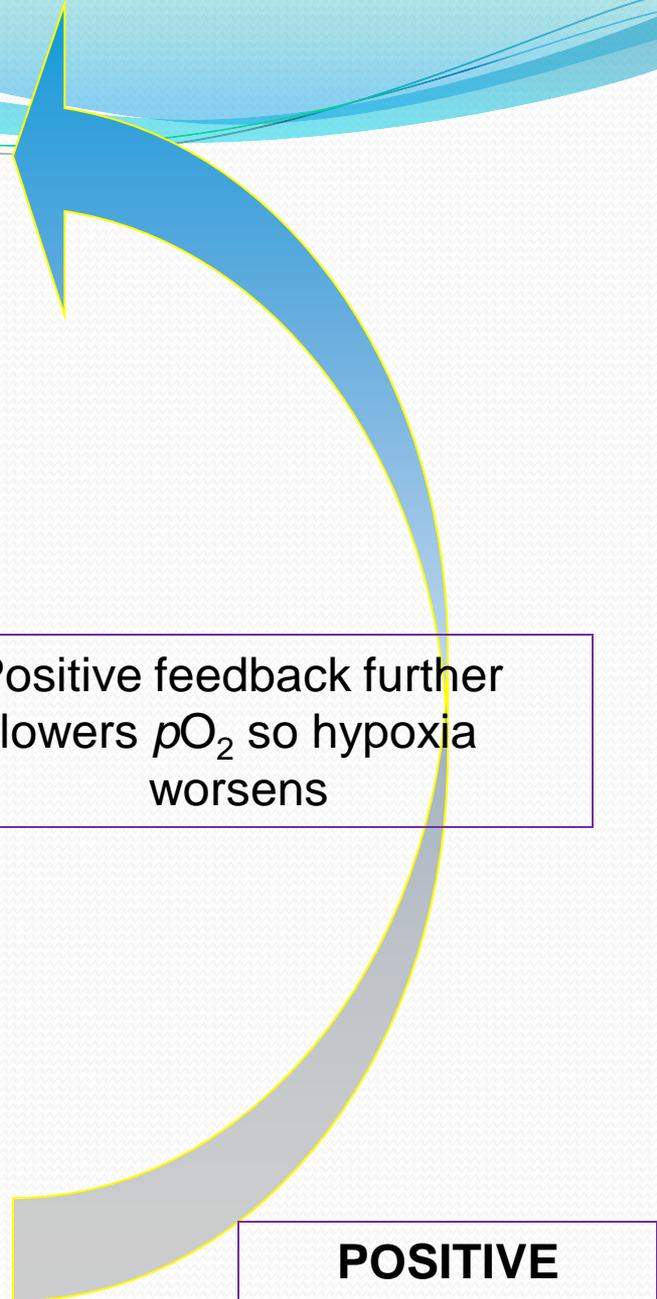
Respiratory muscle: → hypoventilation



Decrease arterial blood  $pO_2$

Positive feedback further lowers  $pO_2$  so hypoxia worsens

**POSITIVE  
FEEDBACK**



Hatur nuhun