Surgical Critical Care in Practice

เรียบเรียงโดย พญ.พิชญา วิสารทานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.นพ.นิรกัลป์ พึ่งโสภา

Respiratory Failure Classification

- Type I : hypoxemic, PaO2 < 60 mmHg
- Type II : hypercapnic, PaCO2 > 50 mmHg
- Type III : perioperative respiratory failure

  Increased atelectasis due to low FRC
- Type IV : shock

Pressure and pressure gradient definition

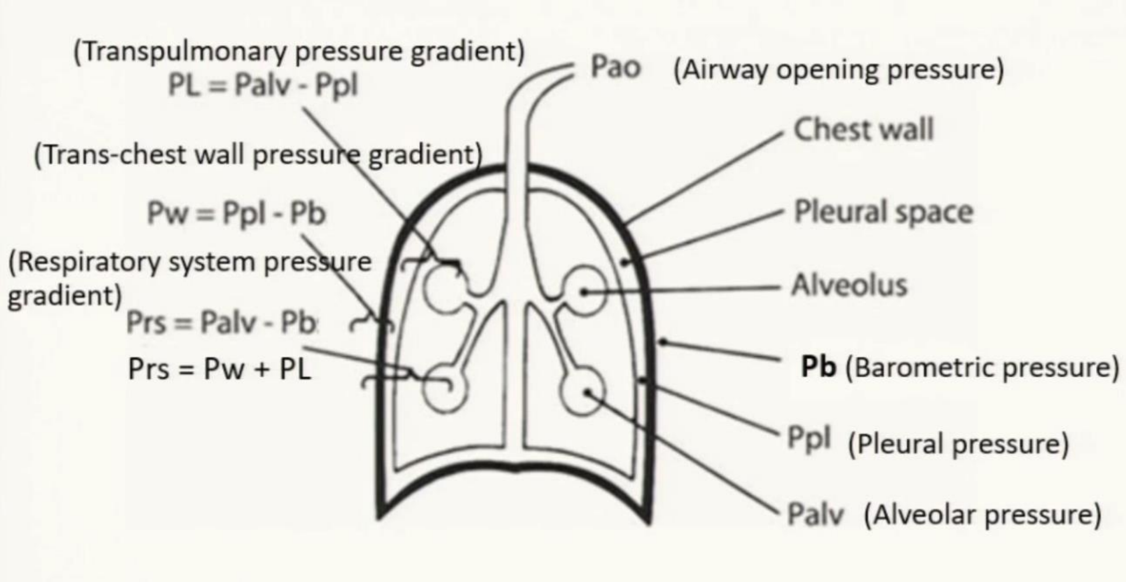


Fig. 1 แสดง Pressure and pressure gradient definition

- PL (Transpulmonary pressure gradient) : ใช้เป็นตัว guide ในการปรับ ventilator
- Pw (Trans-chest wall pressure gradient) : ไม่ค่อยได้ใช้
- Prs (Respiratory system pressure gradient) : Ventilator จะแสดงค่านี้

Normal Lung

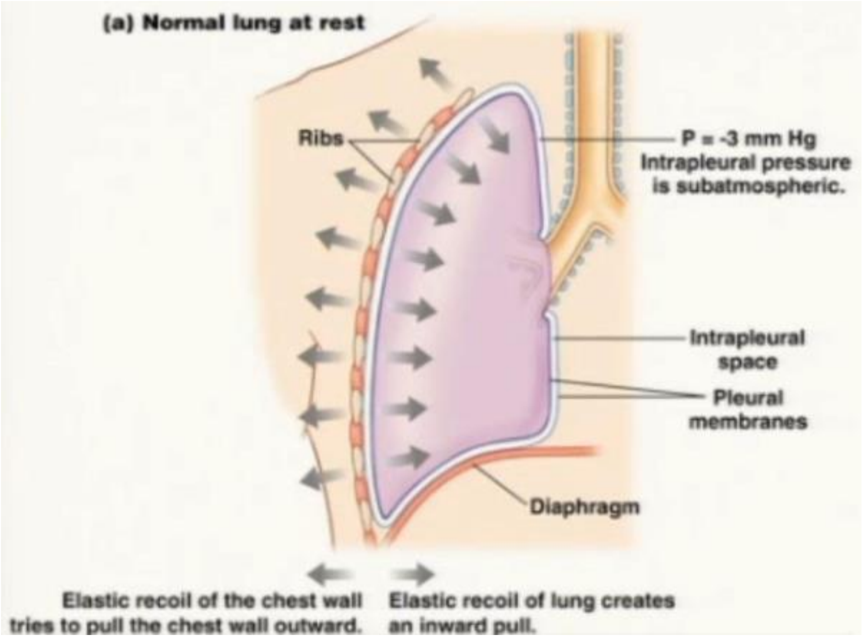


Fig. 2 Respiration cycle

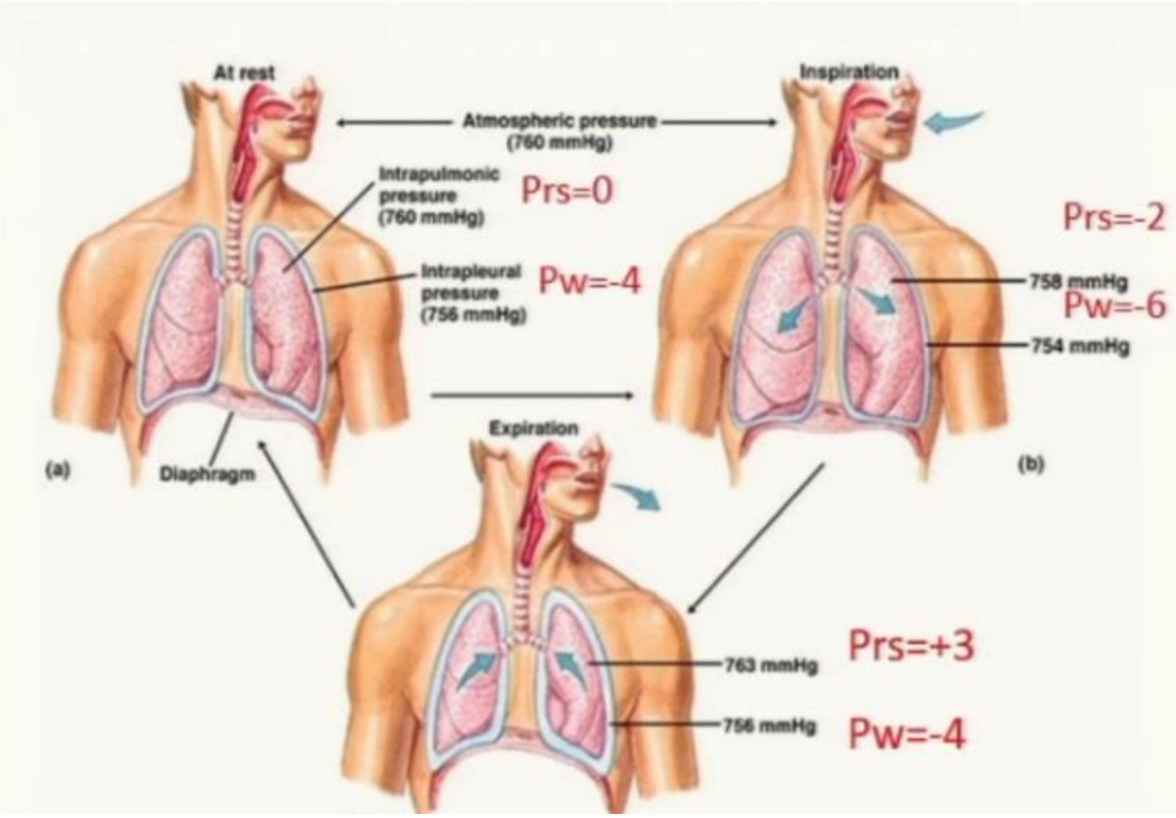


Fig. 3 Pressure gradient during respiration

- Inspiration : elastic recoil ของ chest wall และ diaphragm ทำให้ปอดขยายออก
- Expiration : elastic recoil ของ lung ทำให้ปวดหดตัวเล็กลง
- At rest : Prs = 0, Pw = -4 mmHg
- Collapsing force of lung 3-4 mmHg

Lung Volume and Residual Volume

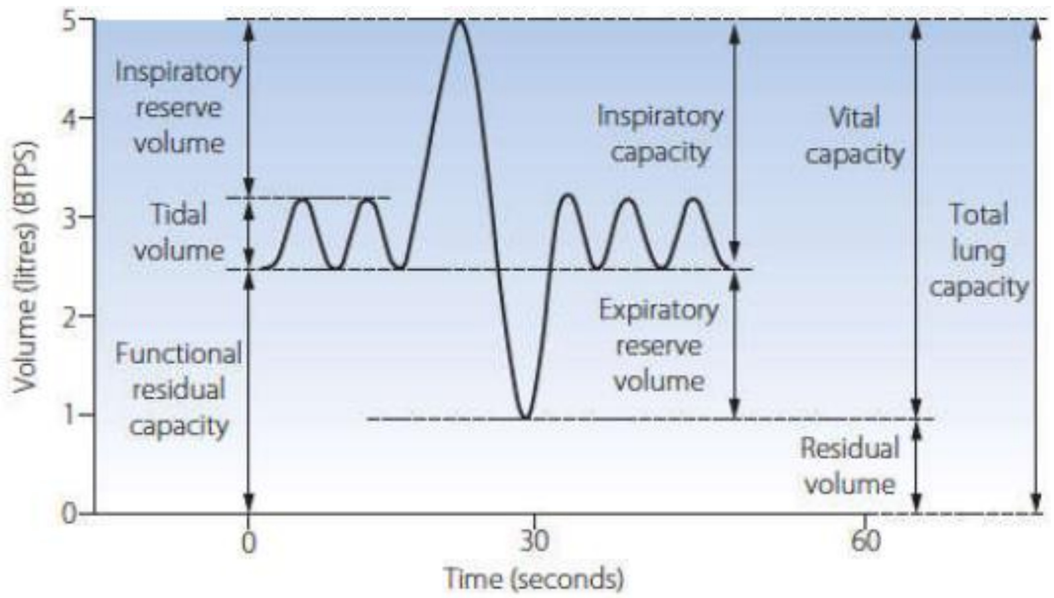


Fig. Ventilation cycle

- Functional residual capacity (FRC) จะลดลง หลังผ่าตัดช่องอกและช่องท้องส่วนบน ทำให้เกิด atelectasis ตามมาได้

Surface Tension

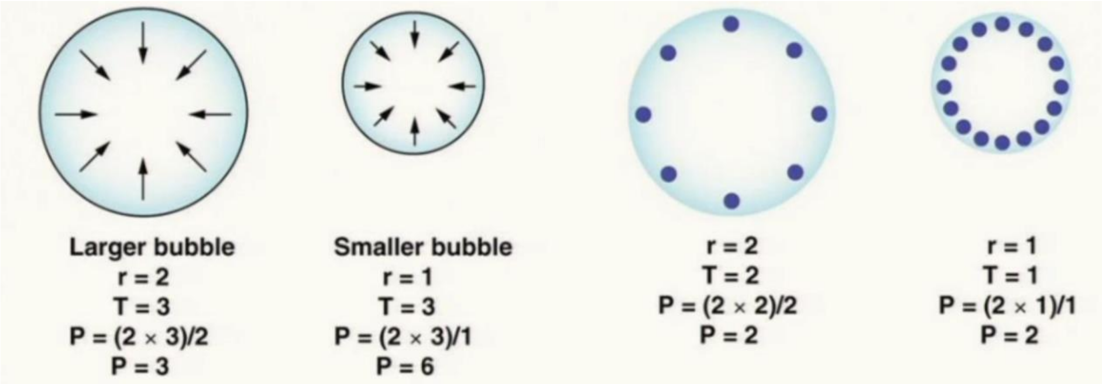


Fig. 4 Surface tension

a. Pressure is greater in the smaller bubble
b. Surfactant reduces surface tension (T). Pressure is equalized in the large and small bubbles

$$\text{Tension} = k \cdot \text{P} \cdot \text{r}$$

T = Tension

k = Coefficient

r = Radius

- According to the law of LaPlace, if two bubbles have the same surface tension, the smaller bubble will have higher pressure
- อะไรก็ตามที่ทำให้ surfactant ลดลง จะทำให้เกิด atelectasis ได้ เช่น ARDS

Normal partial pressure gradient of oxygen at pulmonary capillary circulation

Fig. 5 Partial pressure gradient

- Normal : ใช้เวลาในการแลกเปลี่ยนแก๊ส 0.25 วินาที ในการทำให้ PO_2 ใน pulmonary capillary เปลี่ยนแปลงจาก 40 mmHg เป็น 100 mmHg

Oxygen Transport

$$O_2 \text{ delivery} = C.O. * (Hb*1.34 * O_2sat) + (PaO_2 * 0.003)$$

- >98% bound to Hb
- <2% dissolved in plasma

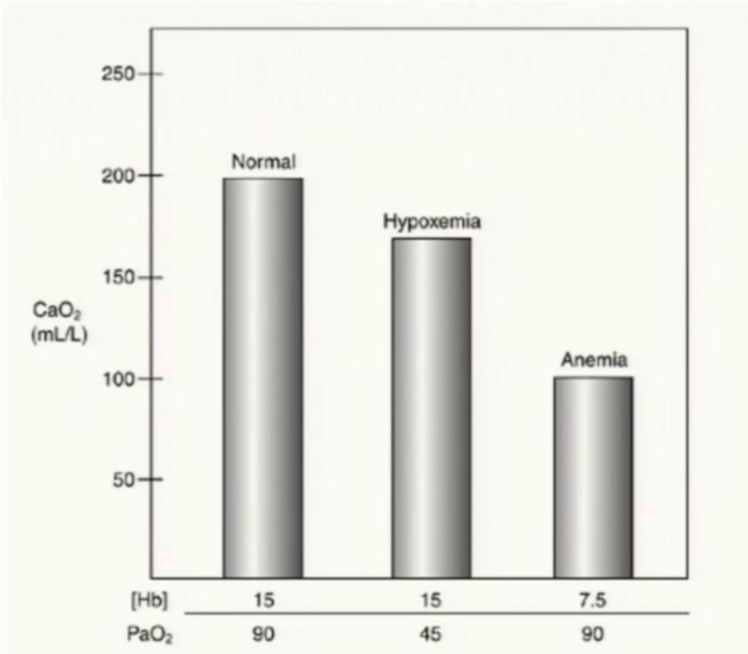


Fig. 6 Effect of hypoxemia and anemia to O_2 content

- จากกราฟ จะเห็นว่า anemia มีผลต่อ O2 content มากกว่า hypoxemia เนื่องจาก oxygen อยู่ใน Hemoglobin มากกว่าใน plasma

Oxygen uptake (VO_2)

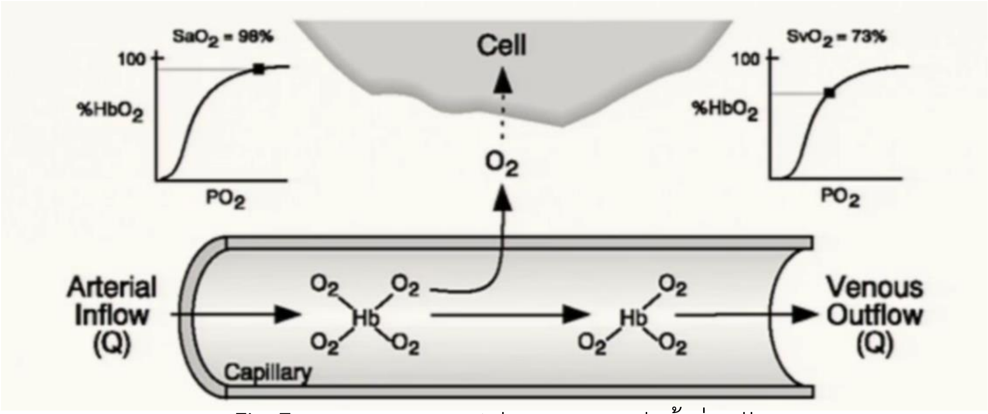


Fig. 7 แสดง oxygen uptake จาก vessel เข้าสู่ cell

$$VO_2 = Q*Hb*1.34*(SaO_2 - SvO_2) \text{ mL/L}$$

Factors influencing Hb saturation

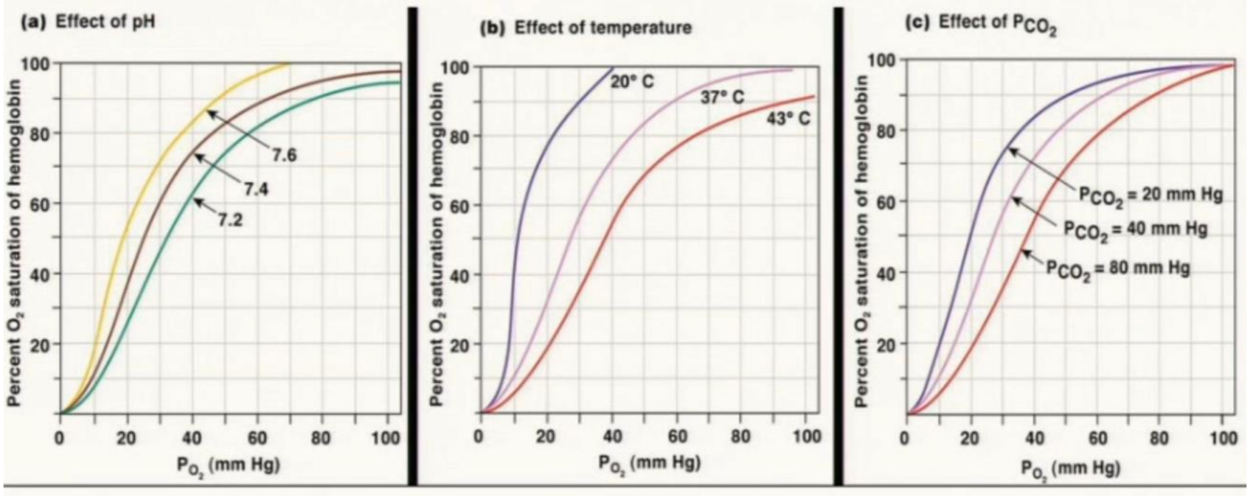


Fig. 8 Factors influencing Hb saturation

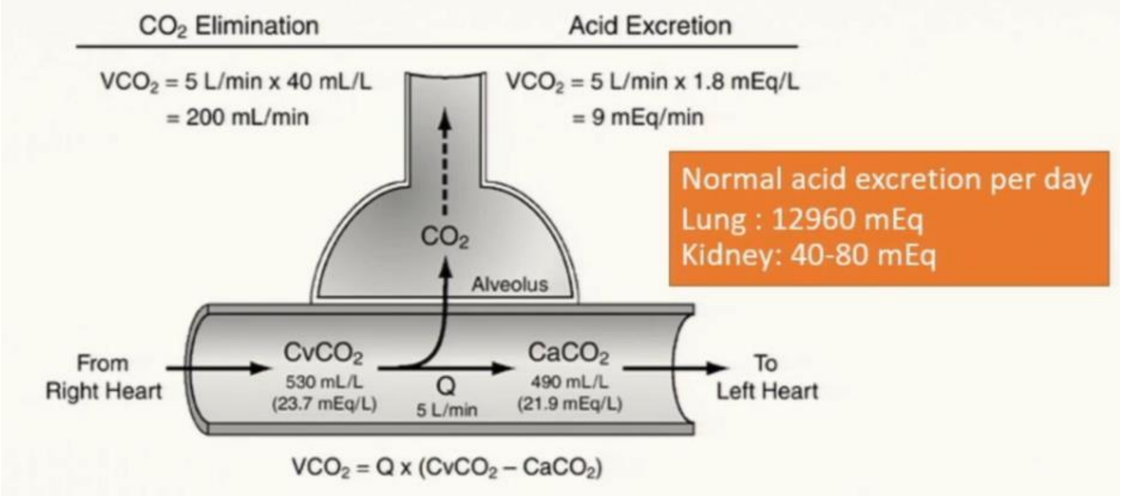
a. Effect of pH
b. Effect of temperature
c. Effect of PCO_2

- Acidosis, hyperthermia, hypercapnic มีผลทำให้ PO_2-oxygen saturation dissociation curve shift ไปทางขวา หมายความว่า Hb ปล่อย O_2 ง่ายขึ้น
- ในภาวะ metabolic acidosis จะให้ HCO_3 เมื่อ pH <7.15 เนื่องจากเป็นกลไกการปรับตัวของร่างกาย ถ้าเลือดเป็นเบส มากเกินไป จะทำให้เกิด cellular hypoxia ได้

CO_2 transport

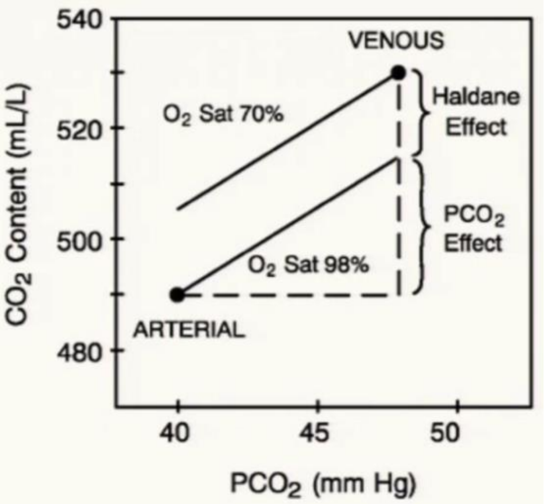
- 70% bicarbonate ion in plasma เพราะฉะนั้น การให้ HCO_3 เท่ากับการให้ CO_2
- 20% bound to hemoglobin (carbaminohemoglobin)
- 10% dissolved in plasma

CO_2 and acid elimination

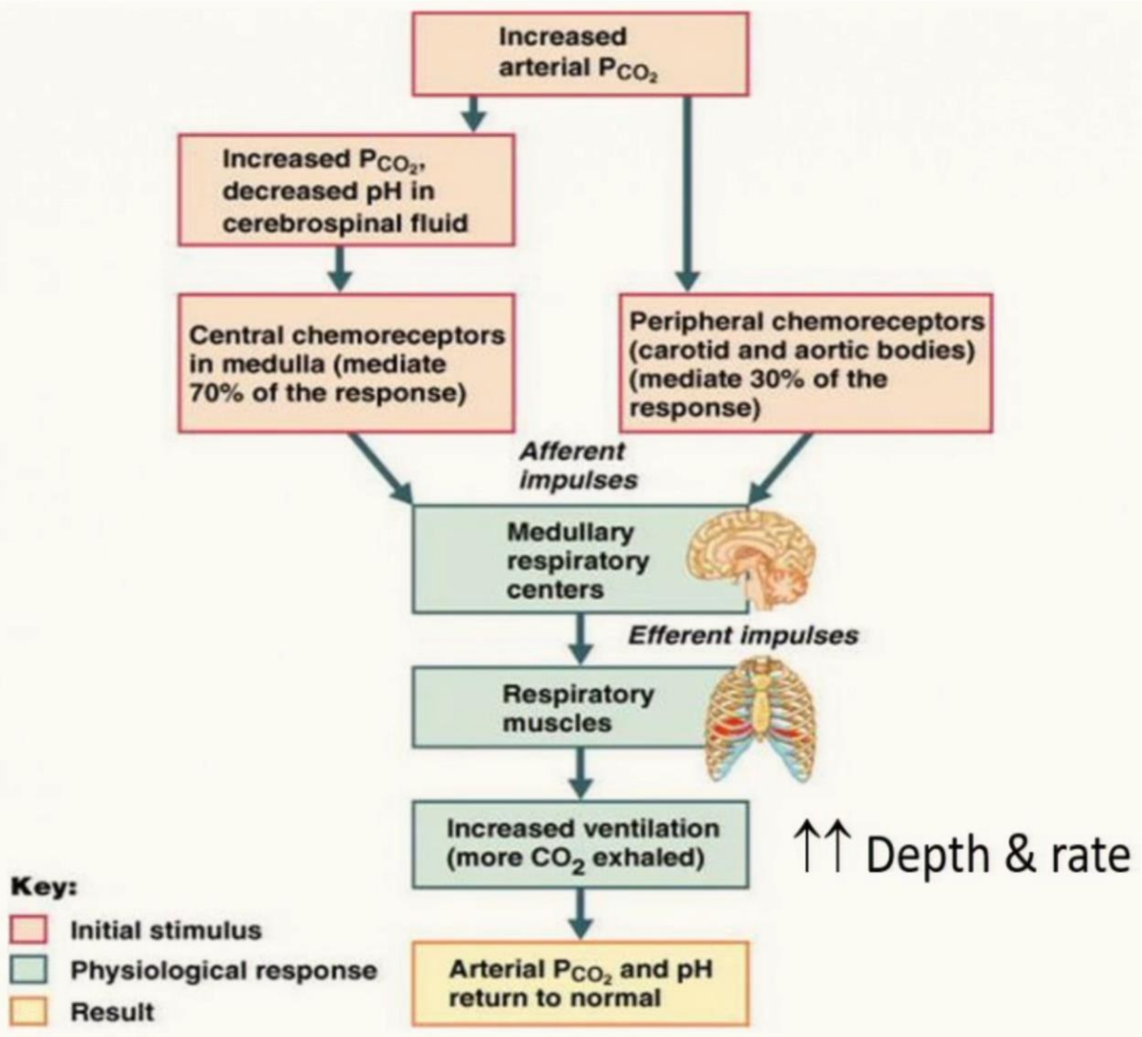


- จะเห็นว่าปอดทำหน้าที่ขับกรดมากกว่าไต

Haldane effect



- Effect of oxygen on CO_2 transport
- Deoxygenated Hb has a higher affinity for CO_2 than oxygenated Hb



Ventilation-Perfusion Coupling

- Mechanisms which maintain the correct proportion between alveolar airflow and pulmonary capillary blood flow, including constriction and dilation of arterioles and bronchioles

Approach to Hypoxemia

- Decreased FiO_2 or PiO_2
- Central/neuromuscular hypoventilation
- V/Q mismatch
  Shunt
  Dead space
- Diffusion defect
- Low $ScvO_2$

V/Q mismatch

$$\text{A-a gradient} = PAO_2 - PaO_2 = [713(FiO_2) - (PaCO_2/0.)] - PaO_2$$

- Normal A-a gradient = Age/4 + 4
- An abnormally increased A–a gradient suggests V/Q mismatch

Shunt

- Anatomical shunt (true shunt) : V = 0, Q normal
  Intra-pulmonary AV fistula
  Right to Left shunt
- Capillary shunt
  Atelectasis
  Alveolar filling disorder (pneumonia, edema, contusion)
- Relative shunt
  Partial lung atelectasis
  Redistribution after pulmonary emboli/high CO

Dead Space

- Anatomical dead space
  Tracheal-bronchial circulation
- Relative dead space
  Over distension
  Decreased pulmonary flow/low CO
- Alveolar dead space
  Pulmonary emboli