Oxigeno y CO2

en el Paciente Crítico

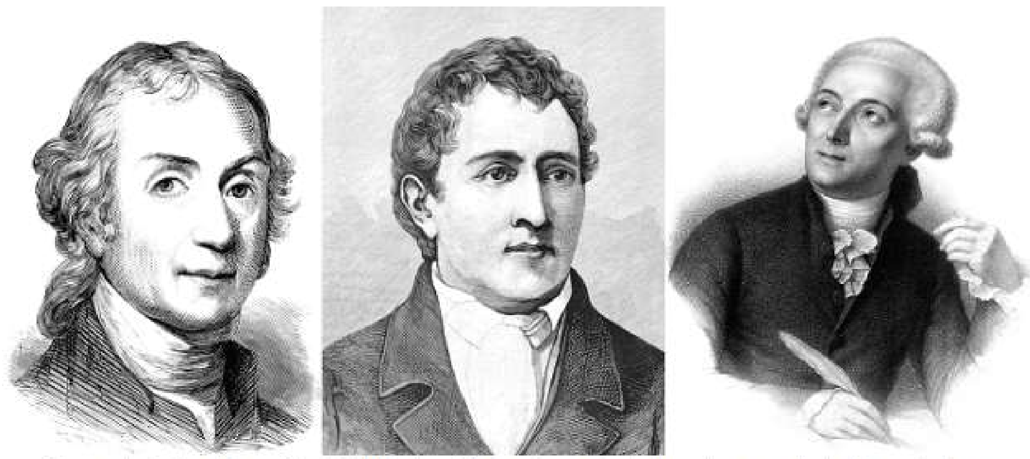
José V España P
Médico especialista
En Medicina Critica

Mayo2025

JVEP

El oxígeno fue descubierto por primera vez por un químico Sueco, Carl Wilhelm Scheele, en 1772. Joseph Priestley, un químico Inglés, independientemente, descubrió el oxígeno en 1774, y publicó sus hallazgos el mismo año, **tres años antes de que Scheele publicara los suyos.** Antoine Lavoisier, un químico Francés, también descubrió el oxígeno en 1775, fue el primero en reconocerlo como un elemento y acuñó su nombre "oxígeno", que viene de una palabra griega que significa "creador de ácido".

Hay una disputa histórica sobre quién descubrió el oxígeno. La mayoría se lo atribuye únicamente a Priestley, o a Priestley y a Scheele juntos.



Joseph Priestley, Carl Wilhelm Scheele y Antoine Laurent de Lavoisier respectivamente

¿Qué tiene el mar que lo hace fundamental para la vida?

Al principio de la vida prácticamente todo el oxígeno venía del plancton del océano. Ahora mismo, la mitad del oxígeno que respiras está producido mediante la fotosíntesis por organismos marinos, fitoplancton y vegetales. La otra mitad viene de los bosques y de los ecosistemas vegetales terrestres. Cada vez que respires piensa que la mitad de tu oxígeno viene del mar.

JVEP


¿Sabes cuántos árboles necesitamos para respirar?
Para abastecer el oxígeno de una sola persona AL DÍA es necesaria la cantidad de:
22 árboles
A medida que se talan y arrasan con los bosques, disminuimos nuestras propias posibilidades de vivir.

JVEP

Que es la presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie de la Tierra. Se debe al peso del aire que se encuentra sobre un punto determinado. La presión atmosférica es mayor al nivel del mar y disminuye con la altitud.

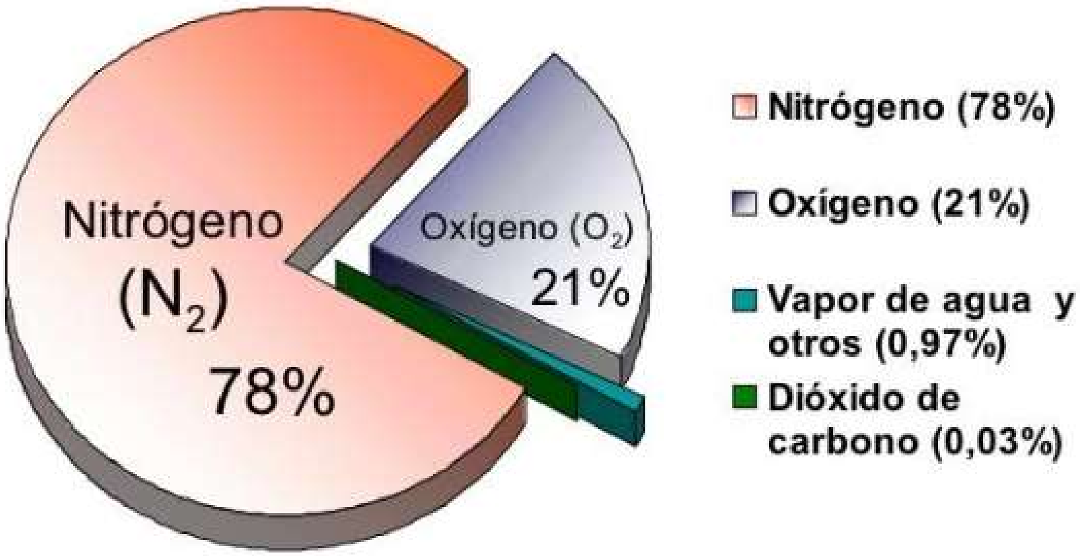
JVEP

- **Nitrógeno** (N_2) 78.084%
- **Oxígeno** (O_2) 20.946%
- **Argón** (Ar) 0.9340%
- **Vapor de agua** (H_2O) 0.001% – 5%
- **Dióxido de carbono** (CO_2) 0.04%
- **Neón** (Ne) 0.001818%
- **Helio** (He) 0.0005234%
- **Metano** (CH_4) 0.000179%

JVEP

Composición de la atmósfera

Esta es la composición de un aire "normal", no contaminado:



Composición del aire

Tabla 3.3. Modificación de la PO_2 como consecuencia de la altura sobre el nivel del mar

Ubicación	Altura sobre el nivel del mar (metros)	Presión atmosférica (mmHg)	Concentración de oxígeno (%)	Presión de oxígeno en el aire (mmHg)
Nivel del mar	0	760	21	159
Popayán	1730	620	21	130
Bogotá	2600	560	21	117
La Paz	3000	520	21	109
Everest	8884	252	21	53

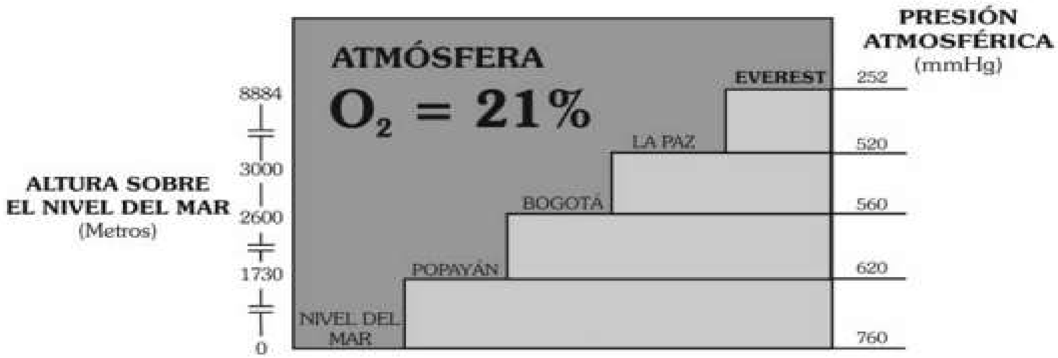


Figura 3.2. Representación del efecto de la altura sobre el nivel del mar, sobre la presión atmosférica

JVEP

TABLE 15.1 Barometric Pressure Relative to Altitude

Altitude		Barometric Pressure		Inspired Gas PO_2		Equivalent Oxygen % at Sea level	Percentage Oxygen Required to Give Sea Level Value of Inspired Gas PO_2
(ft)	(m)	(kPa)	(mm Hg)	(kPa)	(mm Hg)		
0	0	101	760	19.9	149	20.9	20.9
2000	610	94.3	707	18.4	138	19.4	22.6
4000	1220	87.8	659	16.9	127	17.8	24.5
6000	1830	81.2	609	15.7	118	16.6	26.5
8000	2440	75.2	564	14.4	108	15.1	28.8
10000	3050	69.7	523	13.3	100	14.0	31.3
12000	3660	64.4	483	12.1	91	12.8	34.2
14000	4270	59.5	446	11.1	83	11.6	37.3
16000	4880	54.9	412	10.1	76	10.7	40.8
18000	5490	50.5	379	9.2	69	9.7	44.8
20000	6100	46.5	349	8.4	63	8.8	49.3
22000	6710	42.8	321	7.6	57	8.0	54.3
24000	7320	39.2	294	6.9	52	7.3	60.3
26000	7930	36.0	270	6.3	47	6.6	66.8
28000	8540	32.9	247	5.6	42	5.9	74.5
30000	9150	30.1	226	4.9	37	5.2	83.2
35000	10700	23.7	178	3.7	27	3.8	–
40000	12200	18.8	141	2.7	20	2.8	–
45000	13700	14.8	111	1.8	13	1.9	–
50000	15300	11.6	87	1.1	8	1.1	–
63000	19200	6.3	47	0	0	0	–

Note: 100% oxygen restores sea-level inspired PO_2 at 10000 m (33000 ft).

JVEP


MT. EVEREST SUMMIT
8,848 metres
DEATH ZONE:
The lack of oxygen above 8000 metres can be fatal to climbers.
CAMP 4 SOUTH COL
8,000 metres
8,000 metres
CAMP 3
7,162 metres
CAMP 2
6,400 metres
CAMP 1
5,943 metres
BASE CAMP
5,334 metres
Google

JVEP

En 1810 Dalton estableció que

la presión total de una mezcla de gases es igual

a la suma de las presiones que ejercería cada gas

si estuviera sólo en el recipiente.

Table 39-1 Partial Pressures of Respiratory Gases as They Enter and Leave the Lungs (at Sea Level)

	Atmospheric Air* (mm Hg)		Humidified Air (mm Hg)		Alveolar Air (mm Hg)		Expired Air (mm Hg)	
N_2	597.0	(78.62%)	563.4	(74.09%)	569.0	(74.9%)	566.0	(74.5%)
O_2	159.0	(20.84%)	149.3	(19.67%)	104.0	(13.6%)	120.0	(15.7%)
CO_2	0.3	(0.04%)	0.3	(0.04%)	40.0	(5.3%)	27.0	(3.6%)
H_2O	3.7	(0.50%)	47.0	(6.20%)	47.0	(6.2%)	47.0	(6.2%)
TOTAL	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)	760.0	(100.0%)

*On an average cool, clear day.

487

JVEP

TABLE 10.3 Normal Values for Arterial PO_2

	Mean (95% Confidence Intervals)	
Age (Years)	kPa	mm Hg
20–29	12.5 (10.2–13.8)	94 (84–104)
30–39	12.1 (10.7–13.4)	90 (80–100)
40–49	10.6 (10.3–13.0)	87 (77–97)
50–59	10.2 (9.9–12.5)	84 (74–94)
60–69	10.7 (9.4–12.1)	81 (71–91)
70–79	10.3 (9.0–10.6)	77 (67–87)
80–89	9.9 (8.5–10.2)	74 (64–84)

Figures derived from reference 19.

JVEP

BOX 1.2 Pressure Equivalents

1 mm Hg = 1.36 cm H_2O
1 kPa = 7.5 mm Hg
1 Torr = 1 mm Hg
1 atm = 760 mm Hg = 1034 cm H_2O

1.- Que es la presión atmosférica.

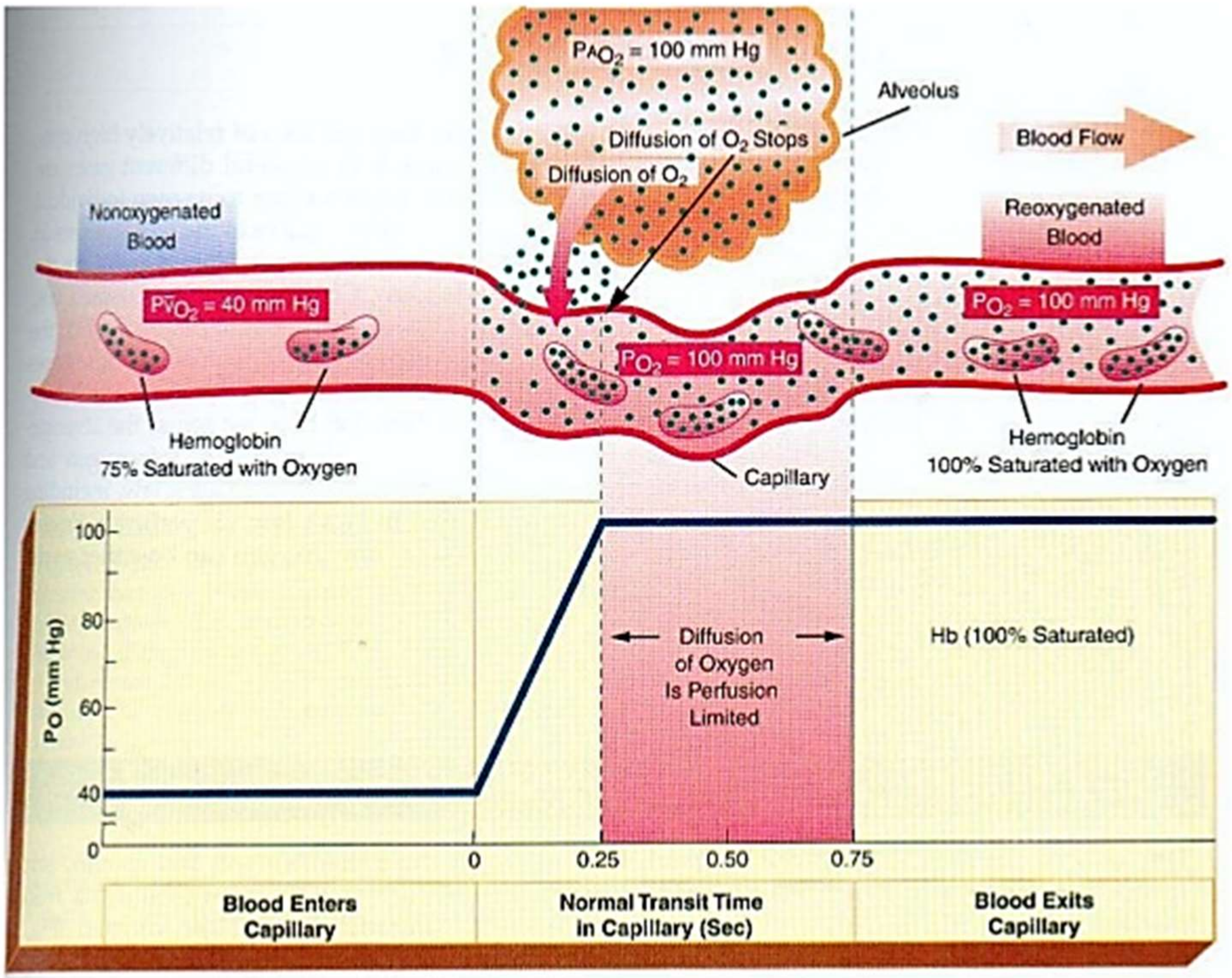
2.- Composición del aire atmosférico

3.- Composicién del aire húmedo.

4,- Composición del aire alveolar.

5,- Composición del aire espirado.

6.- Ley de Dalton.



P_{AO_2} = 100 mm Hg
Alveolus
Diffusion of O_2 Stops
Diffusion of O_2
Blood Flow
Nonoxygenated Blood
Reoxygenated Blood
$P\bar{v}_{O_2}$ = 40 mm Hg
P_{O_2} = 100 mm Hg
P_{O_2} = 100 mm Hg
Hemoglobin
75% Saturated with Oxygen
Capillary
Hemoglobin
100% Saturated with Oxygen
100
80
60
40
0
Po (mm Hg)
Diffusion of Oxygen Is Perfusion Limited
Hb (100% Saturated)
0
0.25
0.50
0.75
Blood Enters Capillary
Normal Transit Time in Capillary (Sec)
Blood Exits Capillary

Membrana respiratoria alveolar.

1.- Capa liquida y sulfactante.

2.- Epitelio alveolar.

3.- Membrana basal epitelial.

4.- Espacio intersticial.

5.-Membrana basal capilar.

6.-Endotelio capilar.

7.- Globulo rojo.

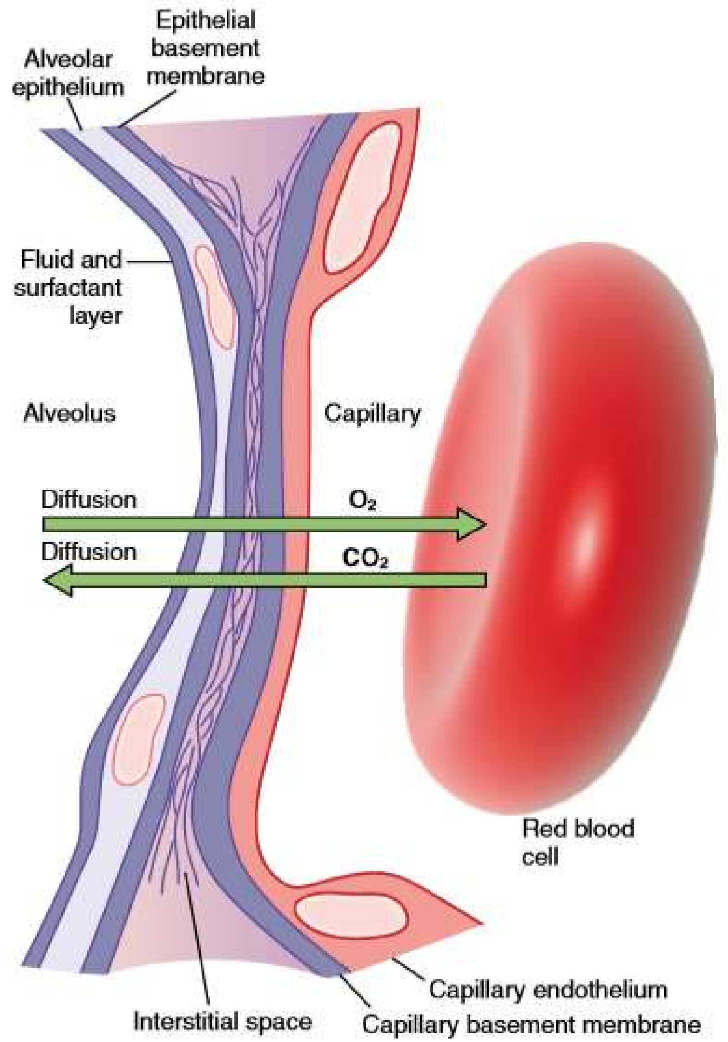


Figure 39-9 Ultrastructure of the alveolar respiratory membrane, shown in cross section.

JVEP

88 Back to Basics in Physiology

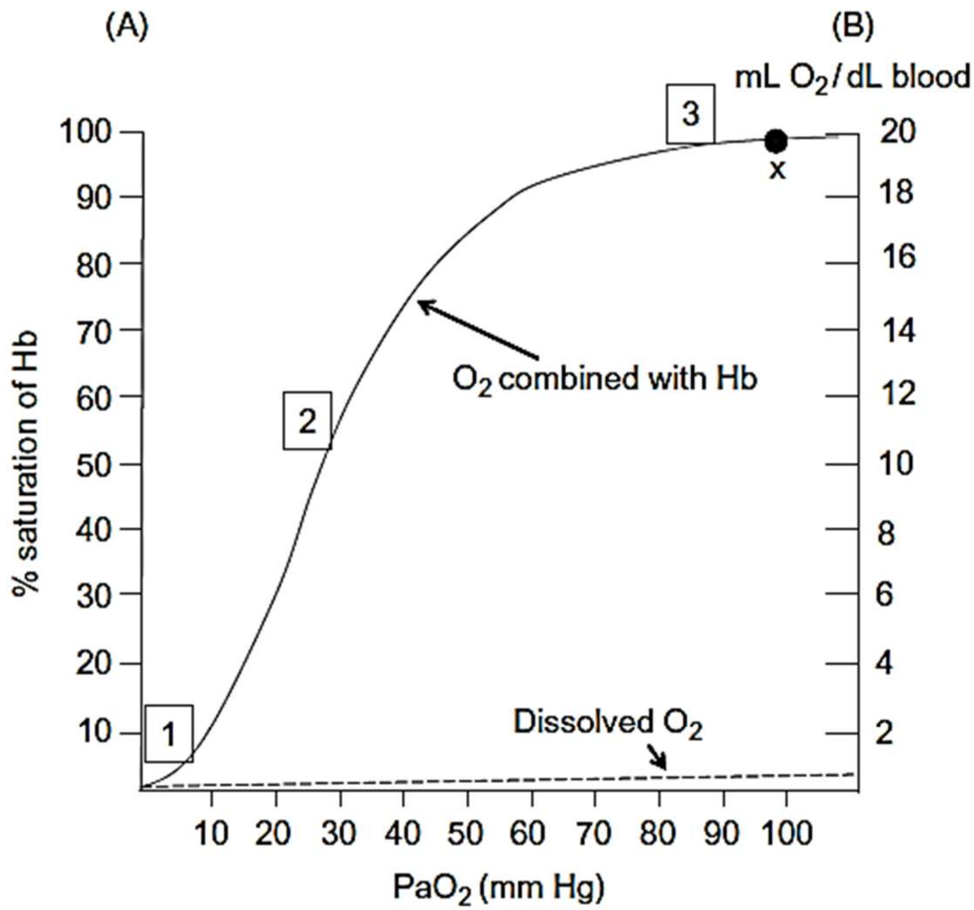


Figure 5.3 The O_2 hemoglobin dissociation curve.

84 Back to Basics in Physiology

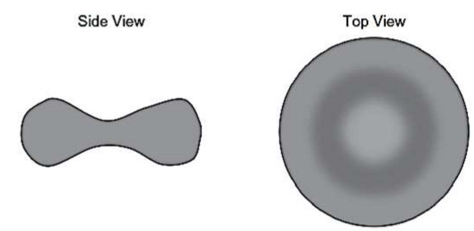
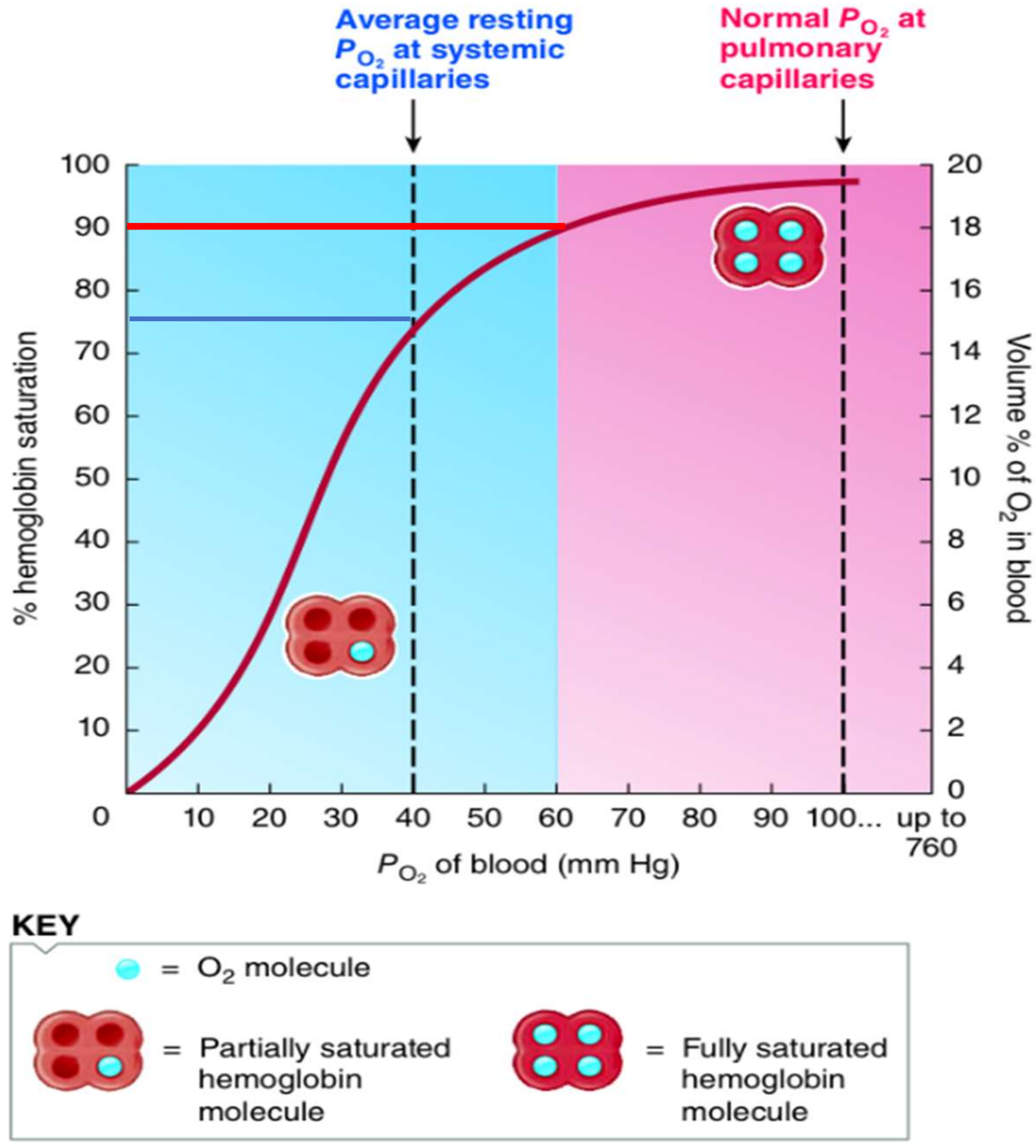


Figure 5.2 The shape of a red blood cell. Note the central area of pallor in the top view.

JVEP


Average resting P_{O_2} at systemic capillaries
Normal P_{O_2} at pulmonary capillaries
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
% hemoglobin saturation
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Volume % of O_2 in blood
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100... up to 760
P_{O_2} of blood (mm Hg)
KEY
= O_2 molecule
= Partially saturated hemoglobin molecule
= Fully saturated hemoglobin molecule


97
72

JVEP

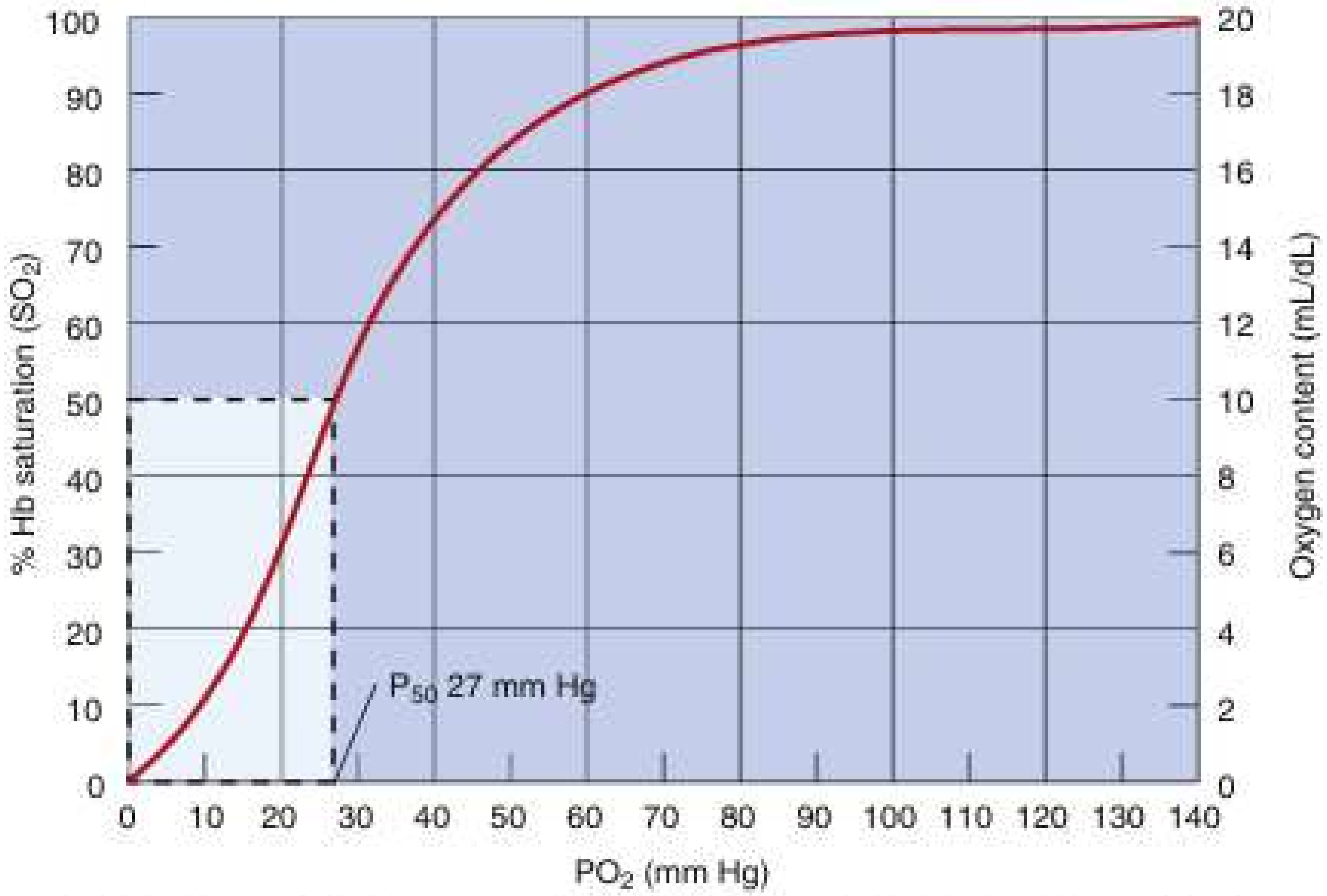
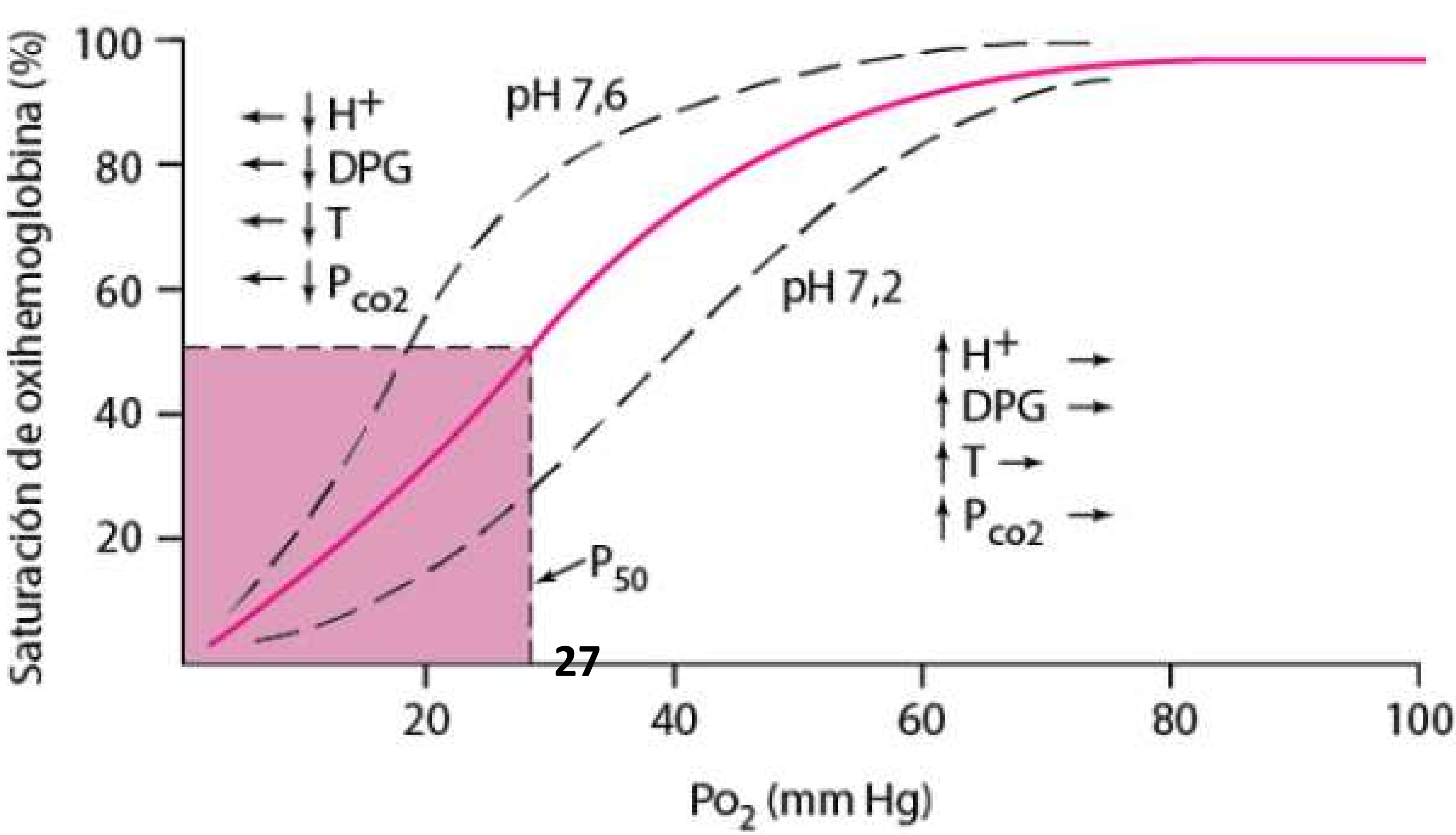
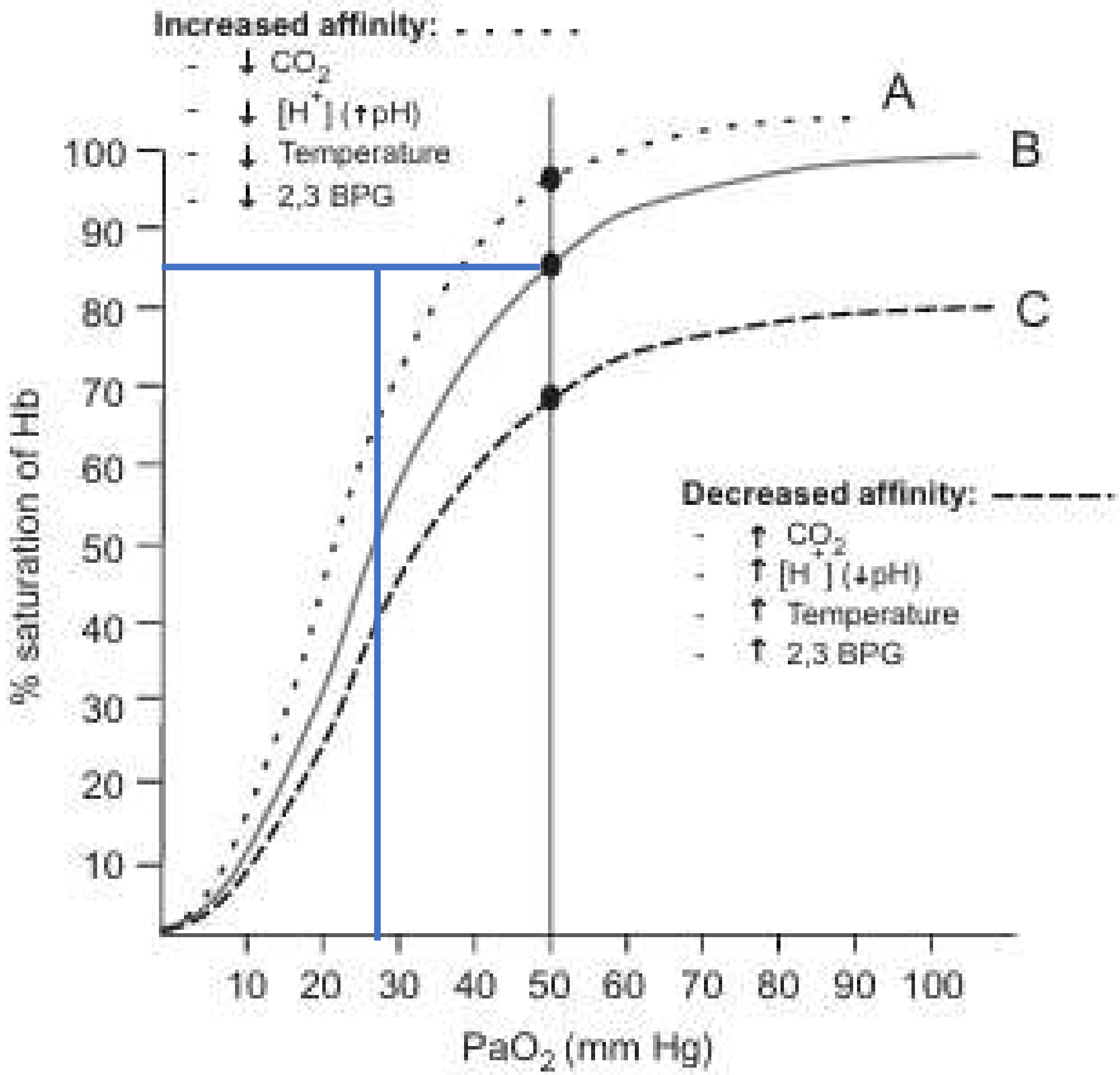


Figure 8-4 Oxyhemoglobin (HbO_2) equilibrium curve. P_{50} is the PO_2 at which 50% of the hemoglobin is saturated with oxygen.

JVEP


Saturación de oxihemoglobina (%)
100
80
60
40
20
↓H+
↓DPG
↓T
↓Pco2
pH 7,6
pH 7,2
↑H+
↑DPG
↑T
↑Pco2
P50
27
20
40
60
80
100
Po2 (mm Hg)

JVEP


Increased affinity:
- ↓ CO_2
- ↓ $[H^+]$ (↑pH)
- ↓ Temperature
- ↓ 2,3 BPG
A
B
C
Decreased affinity:
- ↑ CO_2
- ↑ $[H^+]$ (↓pH)
- ↑ Temperature
- ↑ 2,3 BPG
% saturation of Hb
PaO_2 (mm Hg)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

JVEP

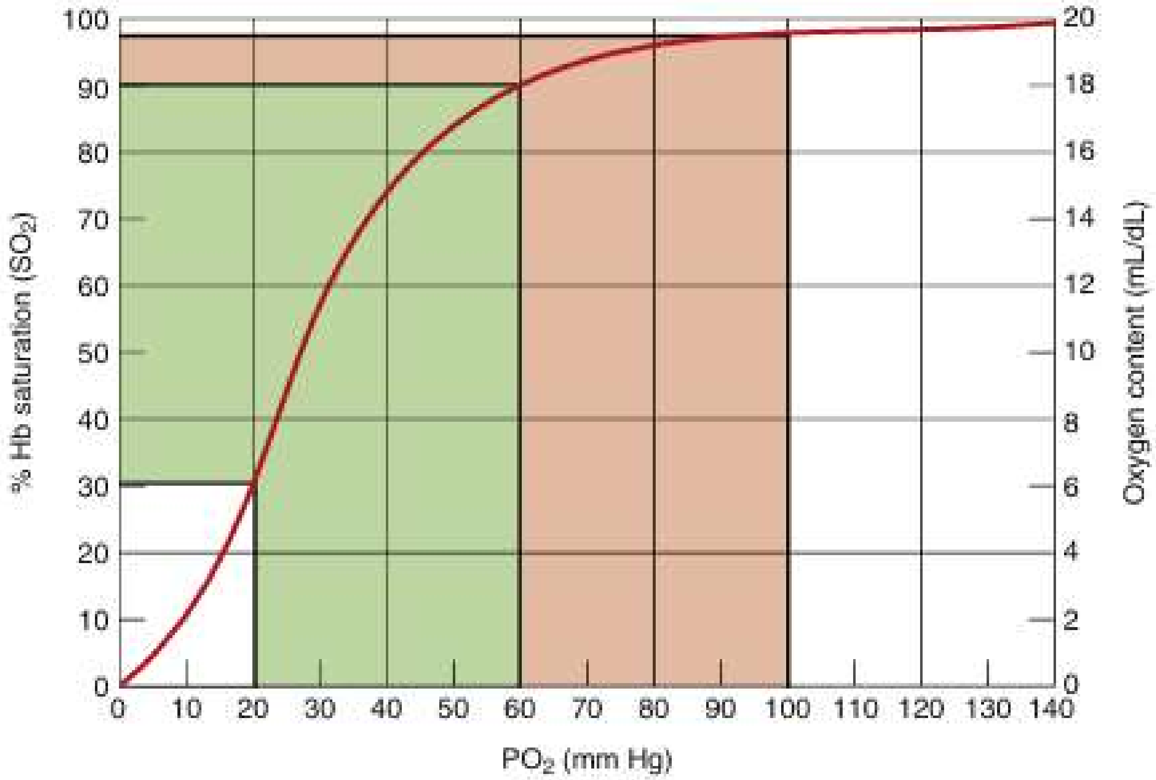


Figure 8-6 Significance of the HbO_2 curve shape. A 40-mm Hg decrease in PO_2 from 100 mm Hg to 60 mm Hg causes a 7.5% reduction in hemoglobin saturation (*pink area*). The same 40-mm Hg decrease in PO_2 from 60 mm Hg to 20 mm Hg causes a 60% reduction in hemoglobin saturation (*green area*).

JVEP

Oxyhemoglobin Dissociation Curve I

1. Oxygen combined with hemoglobin:

$$O_2 \text{ binding capacity} = (1.34 \text{ mL } O_2/\text{g Hb}) \times (\text{g Hb}/100 \text{ mL blood})$$

2. Dissolved oxygen:

$$\text{Dissolved } O_2 = 0.003 \text{ mL } O_2/\ 100 \text{ mL blood/mm Hg } Po_2$$

Comment: At normal blood hemoglobin concentration of 15 g/dL, O_2 binding capacity of blood is 20.1 mL O_2/100 mL blood. Based on Po_2 of 100 mm Hg in arterial blood, the concentration of dissolved oxygen will be 0.3 mL O_2/100 mL blood.

Cascada del Oxigeno anivel del mar (PB: 760mmHg)

- ALVÉOLO (PA_{O_2} 100 mmHg, BTPS)
  - SANGRE CAPILAR TERMINAL PULMONAR (Pc'_{O_2} 95 mmHg, BTPS)
    - SANGRE ARTERIAL SITÉMICA (Pa_{O_2} 90 mmHg, BTPS)
      - TISULAR (INTRACELULAR) (PIC_{O_2} 2 mmHg, BTPS)
        - INTRAMITOCONDRIAL (PM_{O_2} < 1 mmHg, BTPS)

JVEP

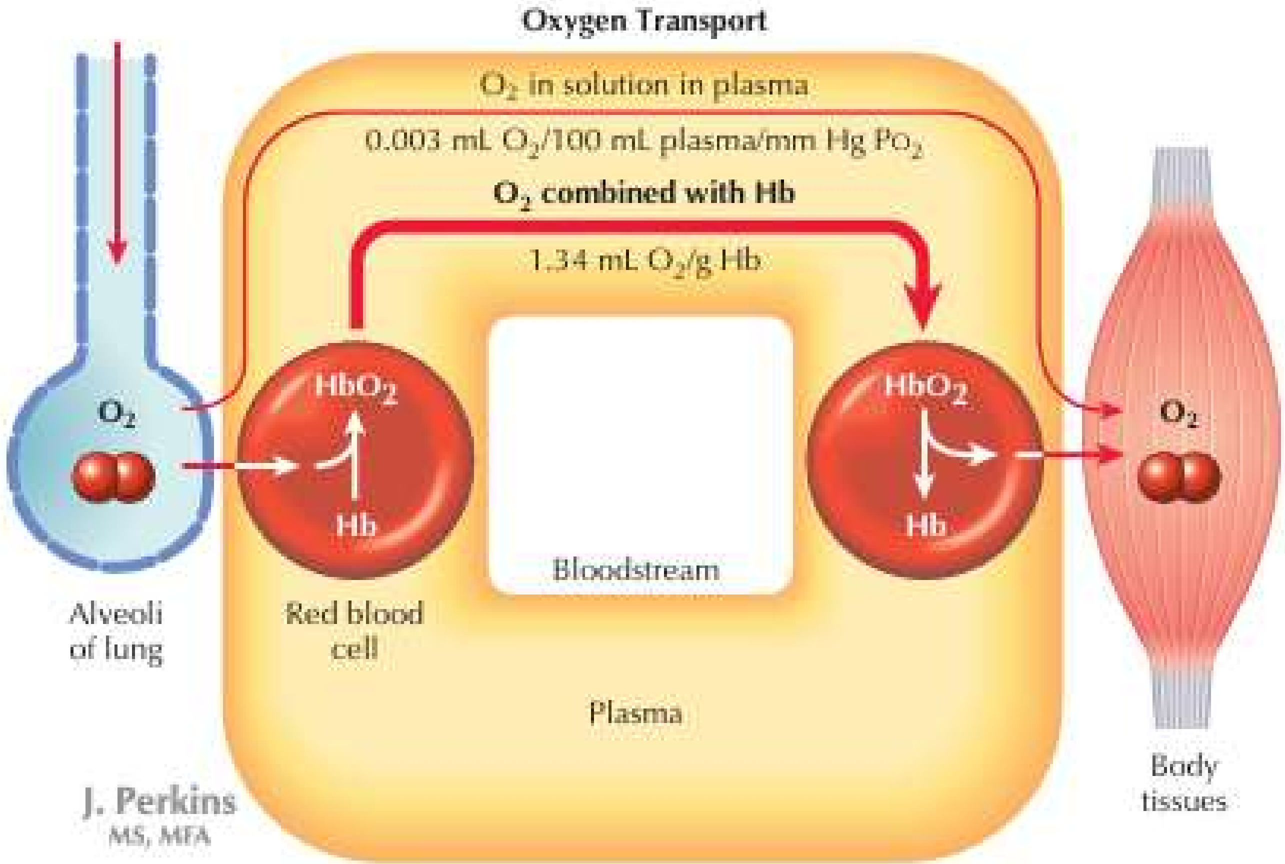


Figure 15.1 **Oxygen Transport** Oxygen diffuses into the blood flowing through alveolar capillaries and is transported to tissues, where it diffuses out of the blood along its concentration gradient. Transport of oxygen in the blood is mainly in the form of oxygen combined with hemoglobin, with only a minor portion carried in the form of dissolved oxygen.

JVEP

Key

O_2 is consumed and CO_2 is produced during aerobic respiration. The product is energy!

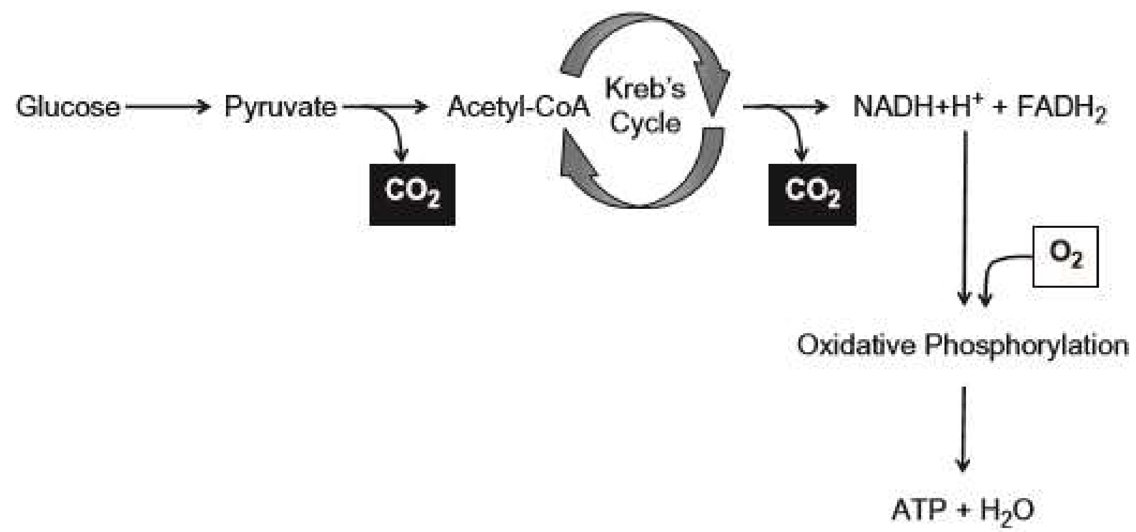


Figure 1.1 Aerobic cellular respiration is the process through which cells use glucose and oxygen to produce ATP and H_2O, with CO_2 as a byproduct of the biochemical reactions.

JVEP

TABLE 10.4 Comparison of Energy Produced by the Two Pathways for Glucose Metabolism

ANAEROBIC PATHWAY	AEROBIC PATHWAY
Glucose	Glucose
↓	↓
Pyruvic acid	Pyruvic acid
↓	↓
Lactic acid + 2 ATP (67 kJ of energy)	CO_2 + H_2O + 38 ATP (1270 kJ of energy)

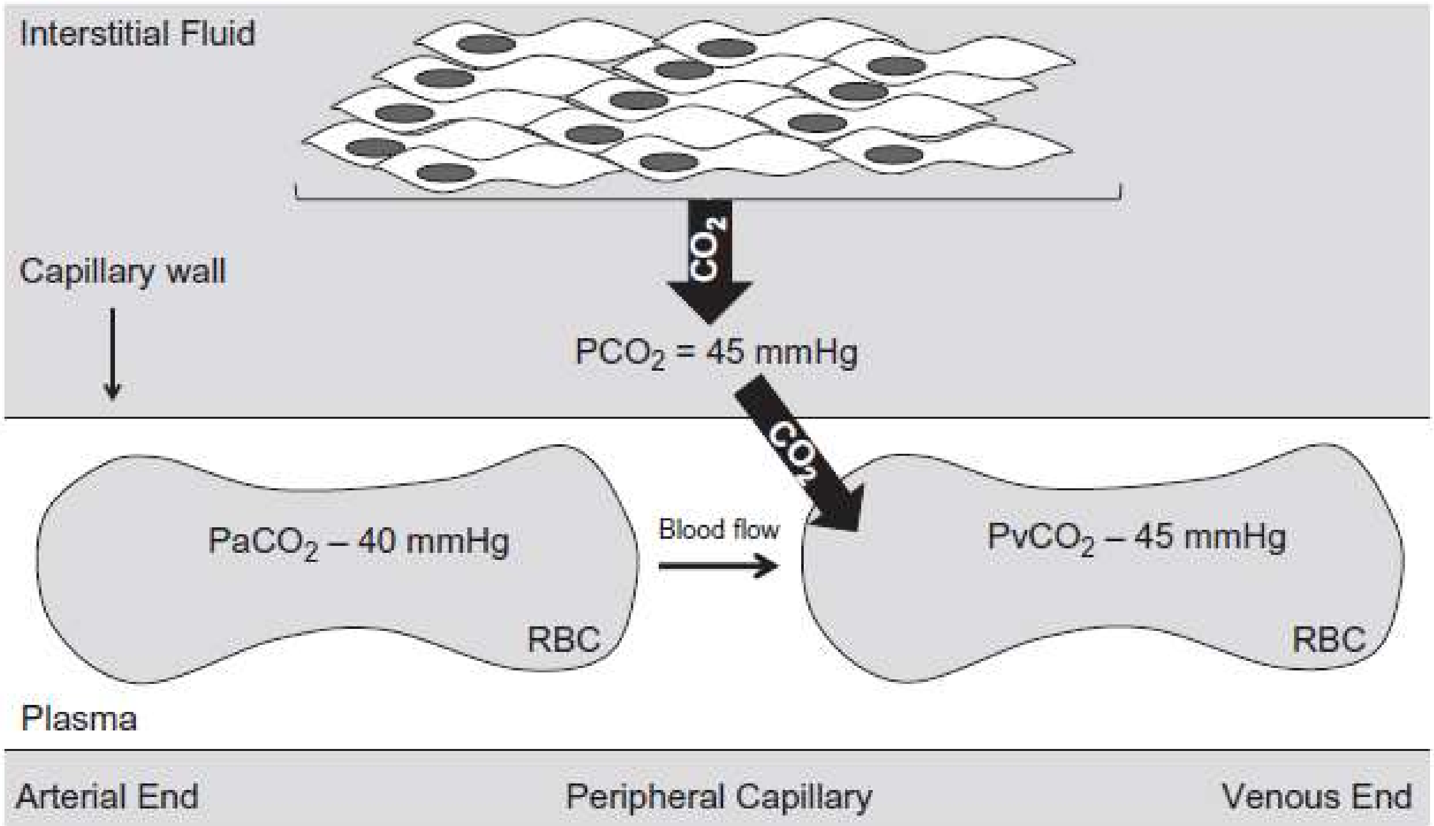
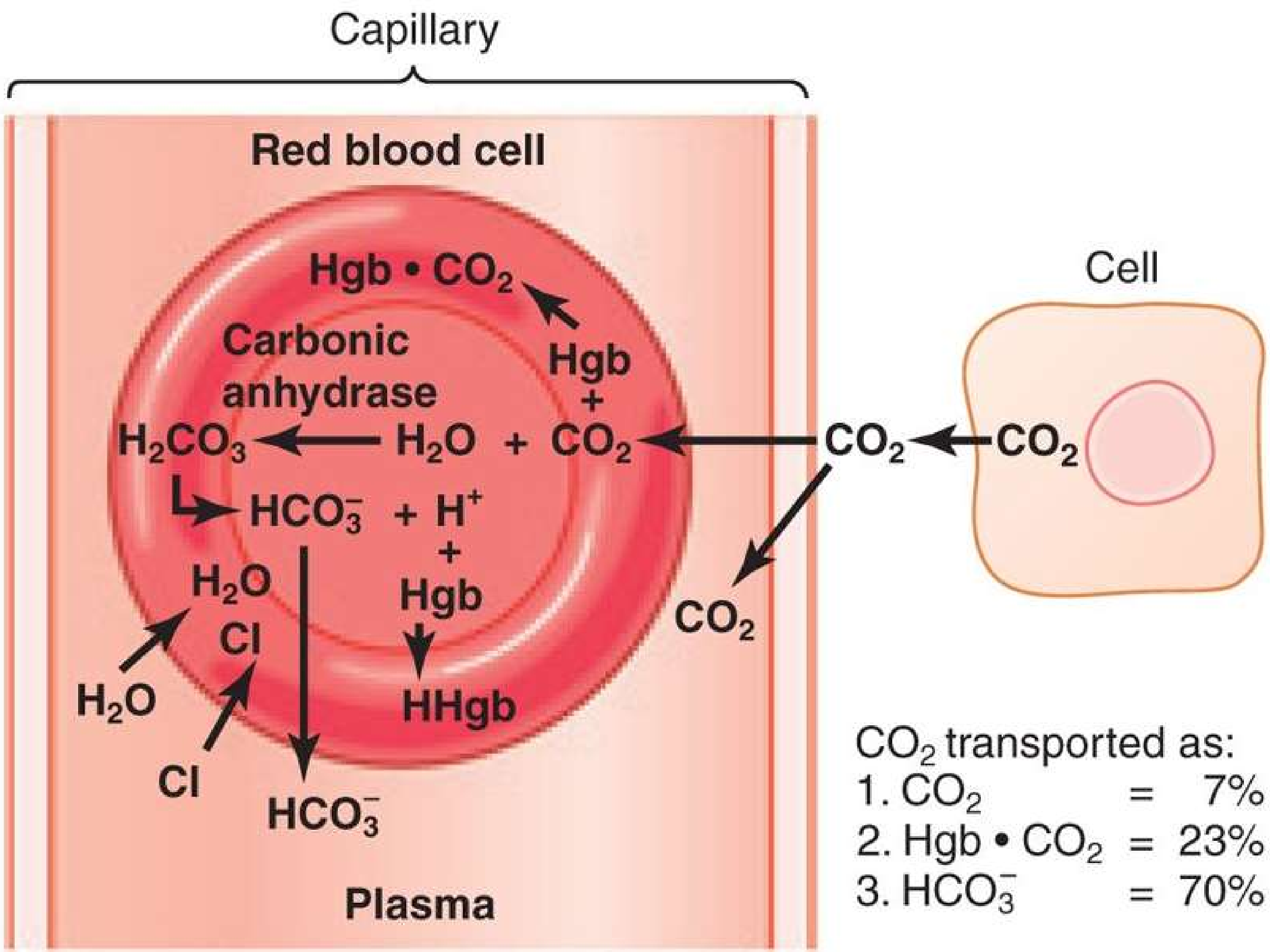


Figure 5.7 CO_2 is produced in the peripheral tissues, which increases the pressure of CO_2 in the interstitial fluid. CO_2 will then diffuse from the interstitial fluid to the RBCs.



Capillary
Red blood cell
Hgb • CO2
Carbonic anhydrase
Hgb
+
H2CO3
H2O + CO2
CO2
CO2
Cell
HCO3- + H+
+
Hgb
H2O
Cl
CO2
H2O
HHgb
Cl
HCO3-
Plasma
CO2 transported as:
1. CO2 = 7%
2. Hgb • CO2 = 23%
3. HCO3- = 70%

JVEP

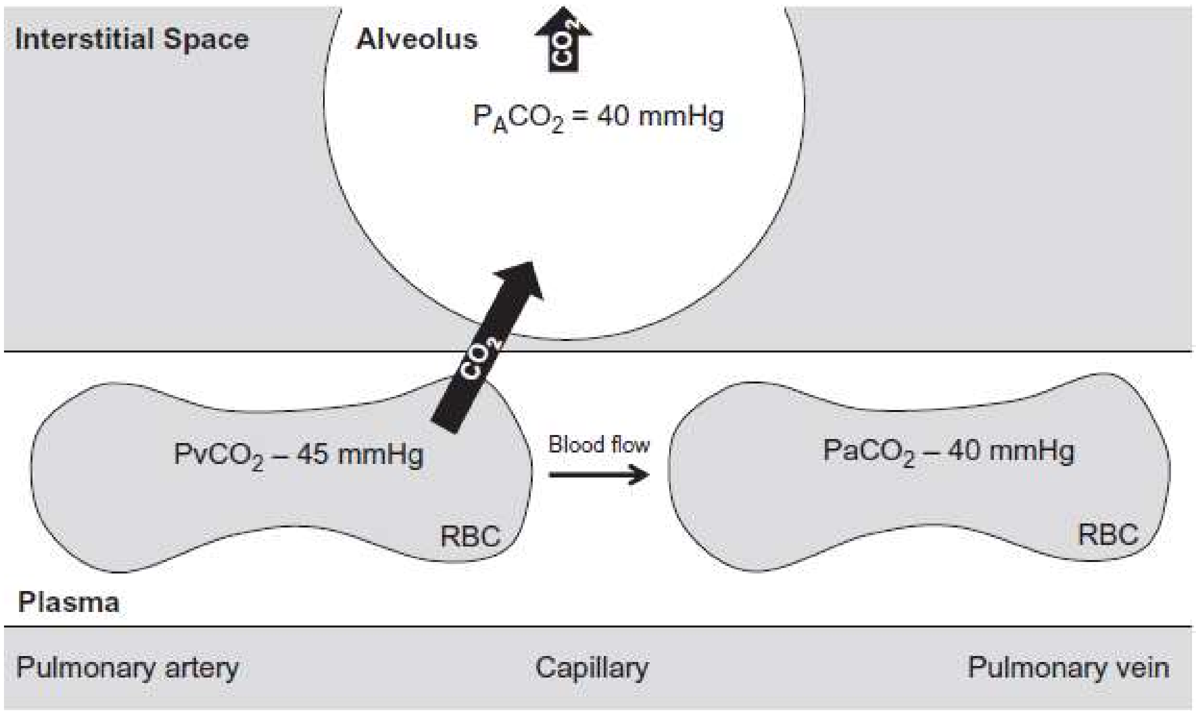
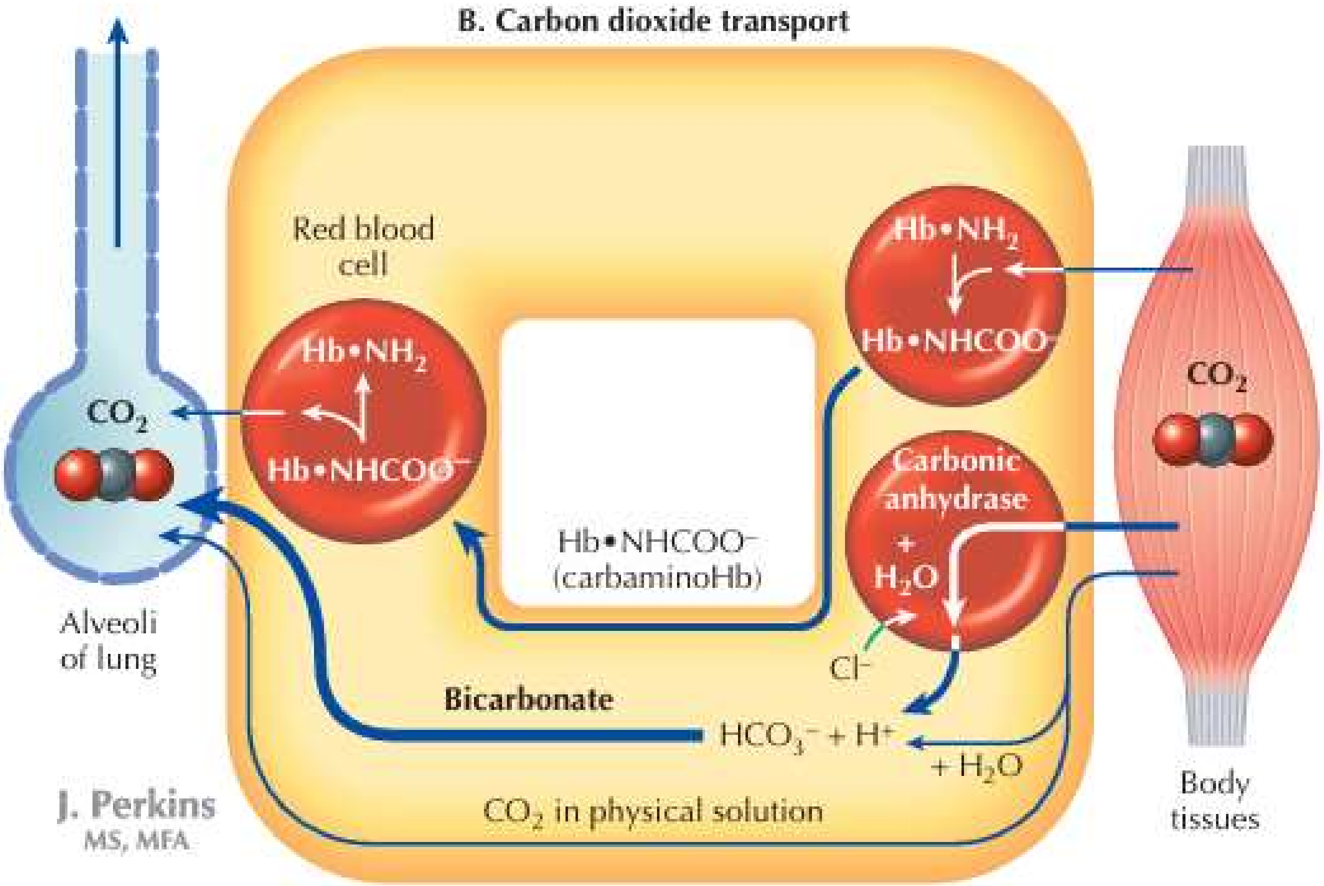


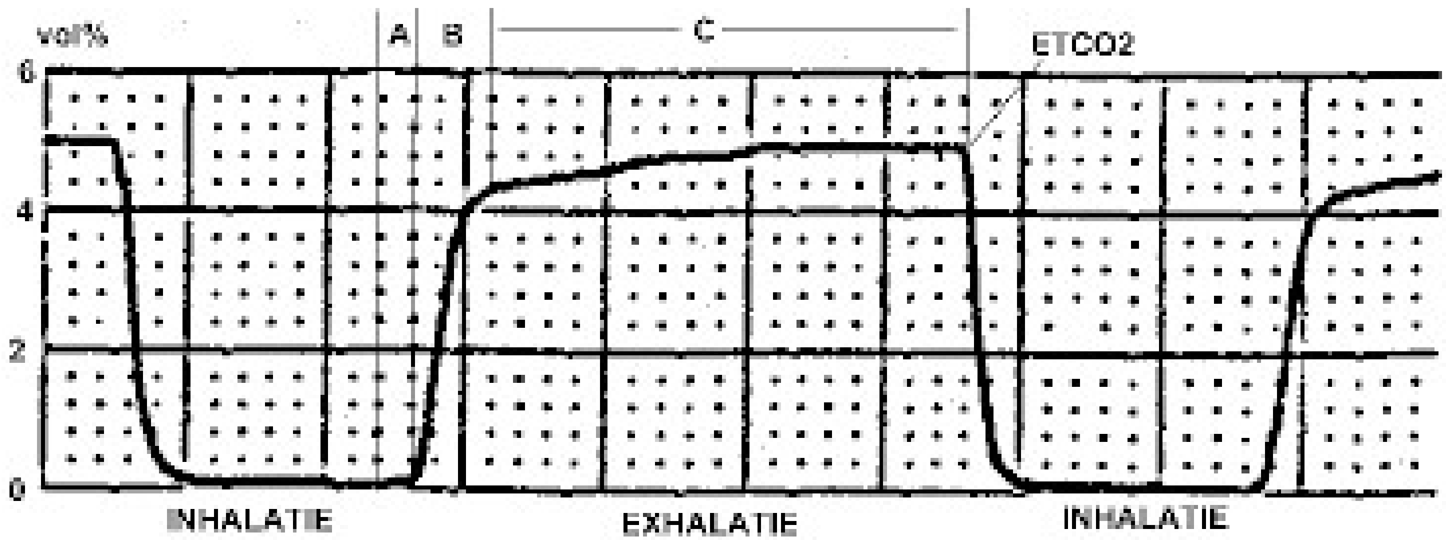
Figure 5.9 In the pulmonary capillaries, CO_2 diffuses from the blood to the alveolus where it is later breathed out.

JVEP


B. Carbon dioxide transport
Red blood cell
Hb•NH$_2$
Hb•NHCOO$^-$
CO_2
Alveoli of lung
Hb•NHCOO$^-$ (carbaminoHb)
Carbonic anhydrase
+
H_2O
Cl^-
Bicarbonate
$HCO_3^- + H^+$
$+ H_2O$
CO_2 in physical solution
Body tissues
J. Perkins
MS, MFA

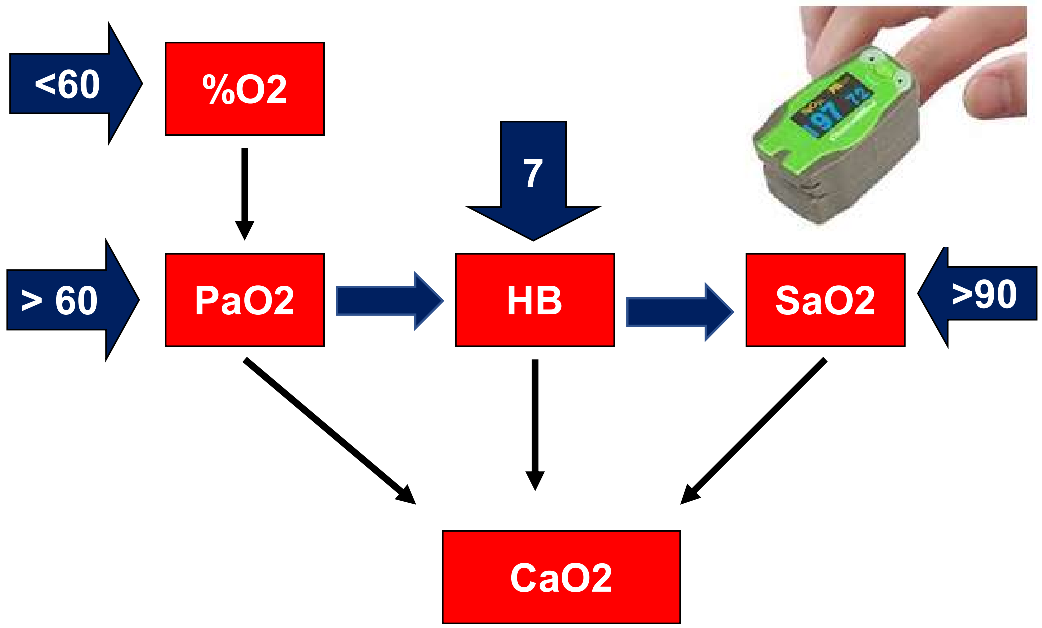
JVEP

Capnografía



JVEP

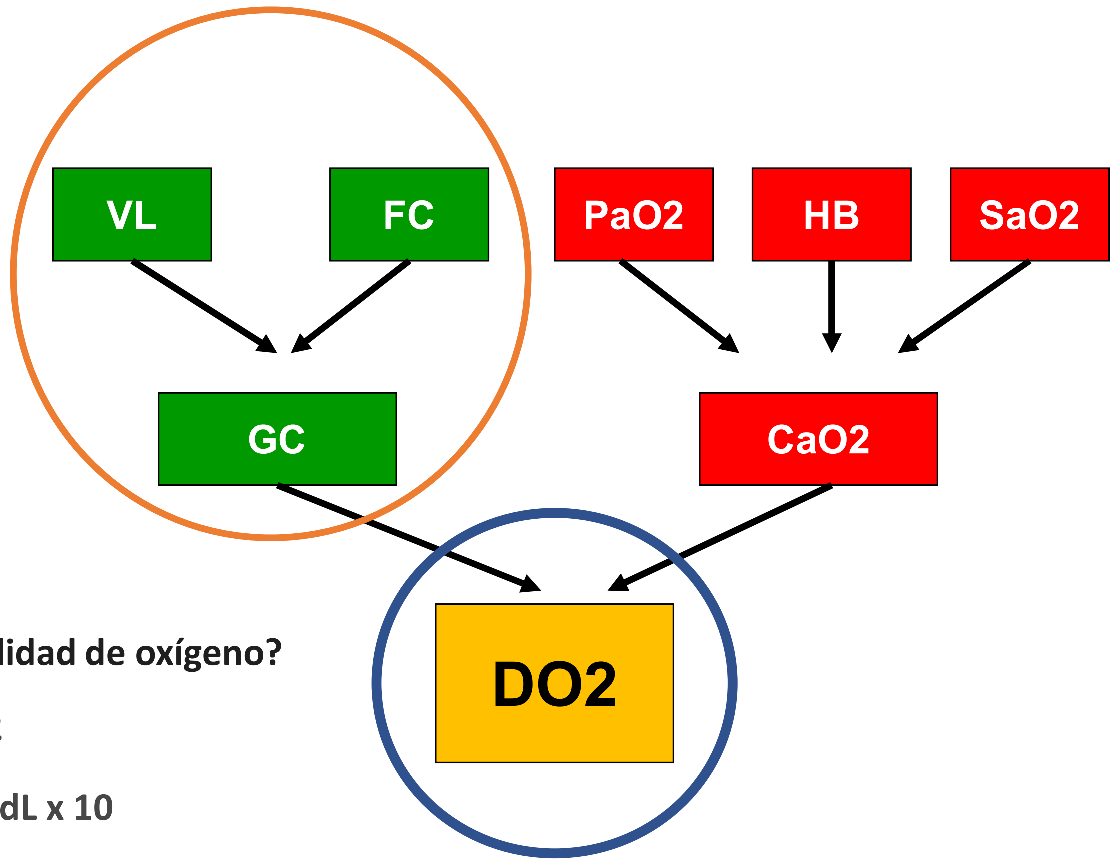
Buena Oxigenación por PaO2 y SaO2



(15 gr Hb) 20,103 ml de O2 / 100 ml de sangre

(7 gr Hb) 9,38 ml de O2 / 100 ml de sangre

JVEP



¿Cómo calcular la disponibilidad de oxígeno?

DO2 = GC x CaO2

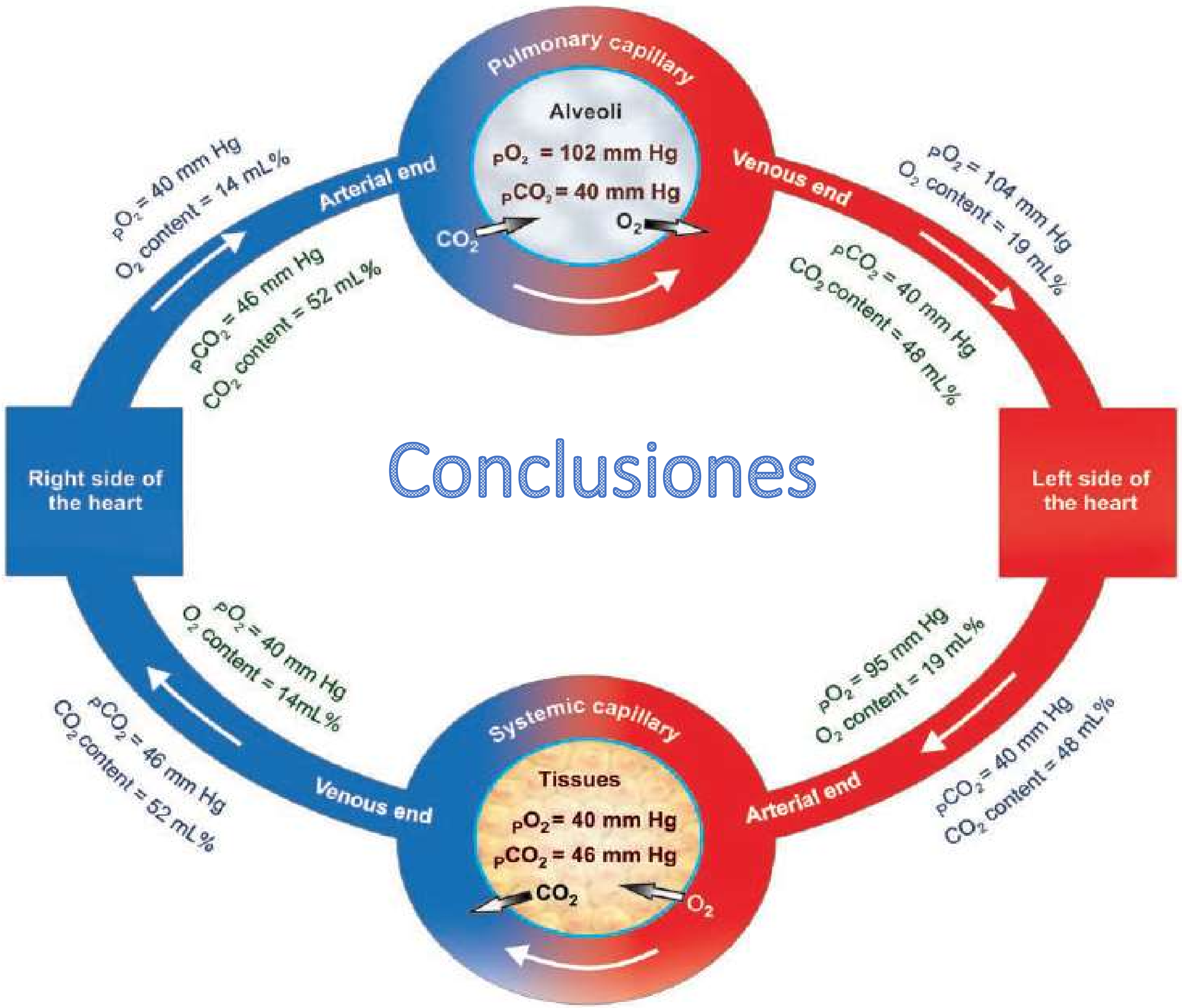
DO2= 5 L/min x 21 mL/dL x 10

DO2 = 1,050 mL/min.

su valor oscila entre 12,4 y 19,5 ml/kg/min

JVEP

Conclusiones



JVEP


Tras localizar el área de pulso, se toma
una muestra de sangre de la arteria
ADAM


OPTI CCA TS

JVEP

PaO_2 = Oxigenación

$PaCO_2$ = Ventilación

JVEP

Sat de O_2 Vigilancia continua
De la oxigenación pero menos
Exacta que la PaO_2

Capnografía vigilanacia continua
De la ventilación pero menos
Exacta que la $PaCO_2$

JVEP

Fin de la presentación

JVEP