

Introducción

- ⇒ Con la evolución las especies adquieren el proceso metabólico basado en el consumo de oxígeno (aeróbico)
- ⇒ **AEROBIOSIS**: capacidad de algunos seres vivos de degradar los principios inmediatos para producir ATP, pero en presencia de oxígeno.
- ⇒ Esto representa una ventaja muy significativa, energéticamente hablando significa 19 veces más energía por molécula de glucosa que mediante metabolismo anaerobio.
 - ⇒ **Anaerobio**: 2 ATP
 - ⇒ **Aerobio**: 38 ATP
- ⇒ La **aerobiosis** sólo se produce en el **interior** de la **mitocondria**.
- ⇒ Se gana más energía, pero se depende mucho de ese oxígeno. Se desarrollan sistemas que permiten el transporte y la adecuada utilización del oxígeno (molécula especial desde el punto de vista termodinámico, electrónico...)
 - ⇒ **Sistemas de transporte**:
 - ⇒ Desarrollo y buen funcionamiento de un aparato **cardiovascular** que se adapte a las necesidades metabólicas.
 - ⇒ Así se transporta la sangre que debe contener eritrocitos transportadores de oxígeno. Los hematíes sacrifican sus funciones celulares para llevar oxígeno desde los pulmones a la célula indicada (a los tejidos periféricos). Esto lo consigue gracias a la **hemoglobina**.
 - ⇒ **Sistemas de utilización**:
 - ⇒ El 95 – 97% del oxígeno se consume, lo transformamos, reduciéndose con hidrógeno y formando agua. Esta reacción la cataliza la **citocromo oxidasa** (último complejo de la cadena de transporte electrónico). Es la denominada **vía tetravalente** o **completa**. Esta reacción es muy difícil de catalizar debido a los dos electrones desapareados que posee el oxígeno en su última capa de valencia.
 - ⇒ El 5 – 3% del oxígeno **no** se reduce por la **citocromo oxidasa**, sino que, por la denominada **vía monovalente** o **incompleta**. Se forman las **especies reactivas del oxígeno** molecular (O_2^- , OH^-).
 - ⇒ **Radicales libres de oxígeno**: muy reactivos porque, al presentar un electrón desapareado busca otro para completar su capa, el cual lo capta de otras moléculas, alterando su estructura y, por lo tanto, su funcionalidad.
 - ⇒ Se tienen que desarrollar otras enzimas que hagan frente a las especies reactivas del oxígeno: **enzimas antioxidantes**. Es necesario pues la **citocromo oxidasa** y las **enzimas antioxidantes** para poder vivir en presencia de oxígeno.

Características estructurales

- ⇒ El hematíe es, desde el punto de vista biológicos y metabólico, muy peculiar.
- ⇒ **Morfología**:
 - ⇒ Tiene forma bicóncava con una doble membrana plasmática. Se observa fácilmente al microscopio. Posee en su superficie una zona más densa y otra menos densa.
 - ⇒ Un **disco** presenta una superficie grande respecto a su masa, pero sus puntos no son equidistantes. Una **esfera** presenta sus puntos equidistantemente, pero posee muy poca superficie en relación con su masa. El eritrocito une ambas figuras geométricas, aumentando su superficie de intercambio de oxígeno sin perder, totalmente, una forma circular donde todos los puntos equidistan del centro.
 - ⇒ El hematíe ha adquirido unas **características reológicas** importantes. Es capaz de adaptar su forma para atravesar todos los vasos sanguíneos y la microcirculación capilar. Tiene, pues, una **elasticidad** muy importante.
 - ⇒ La membrana plasmática del eritrocito es doble y está compuesta por:
 - ⇒ 50 – 60% de proteínas
 - ⇒ 40 – 50% de fosfolípidos.
 - ⇒ Las **proteínas** pueden ser:
 - ⇒ **Proteínas intrínsecas**: facilitan el paso de iones (sodio, potasio, cloro...). Se encuentran en la membrana plasmática externa.
 - ⇒ **Proteína transportadora de iones**: forma canales transmembrana.
 - ⇒ **Glicoforinas** (A, B, C...): también forman canales.
 - ⇒ **Proteínas extrínsecas**: permiten la deformación y recuperación de la forma del hematíe. Se encuentran entre ambas membranas plasmáticas.

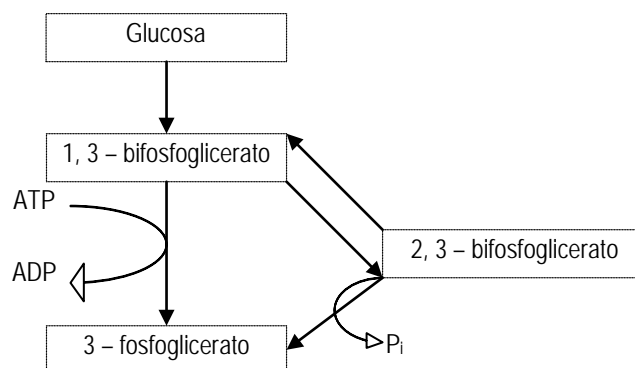
- ⇒ **Fosfolípidos**
 - ⇒ Presentes en la capa externa
 - ⇒ **Esfingomielina**
 - ⇒ **Fosfatidilcolina**
 - ⇒ Presentes en la capa interna
 - ⇒ **Fosfatidiletanolamina**
 - ⇒ **Fosfatidilserina**
- ⇒ También existen glúcidos complejos o modificados del tipo de **ácido siálico** y **hexosaminas** (de la familia de los **glucosamilglicanos**).

Características biológicas

- ⇒ El eritrocito carece de núcleo, ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi... tiene una vida de unos 120 días.
- ⇒ Parece ser que sacrifica todos los procesos metabólicos complejos (síntesis de proteínas, metabolismo aerobio...) para ejercer su función.
- ⇒ Su metabolismo es muy reducido y totalmente anaerobio, pero imprescindible para realizar su función: transporte de oxígeno. Su citoplasma es muy rico en **hemoglobina** (95% del peso seco del hematíe). Cada hematíe puede tener 400 millones de moléculas de hemoglobina en su interior y cada una de ellas 4 moléculas de oxígeno.
- ⇒ Las necesidades energéticas del eritrocito son necesarias para:
 - ⇒ **Mantener la estructura**, la membrana plasmática y la forma celular.
 - ⇒ **Mantener las proteínas transportadoras** de iones y las extrínsecas.
 - ⇒ **Sintetizar** el 2, 3 - bifosfoglicerato, un metabolito muy importante para la regulación de la hemoglobina.
 - ⇒ **Mantener el hierro de la hemoglobina en estado ferroso** (Fe^{2+}) única forma a la que el oxígeno puede unirse.
 - ⇒ **Sintetizar nucleótidos**
 - ⇒ **Sintetizar un tripéptido** muy importante desde el punto de vista de regulación metabólica: el **glutatió**n.

Metabolismo del hematíe

- ⇒ El metabolismo del eritrocito es muy reducido:
 - ⇒ Glucólisis anaerobia
 - ⇒ Síntesis de nucleótidos
 - ⇒ Ruta de las pentosas fosfato
 - ⇒ Síntesis de Glutatión
- ⇒ La glucosa entra al hematíe a través del **GLUT-1**. Esa glucosa se degrada por la vía glucolítica hasta 1, 3 - bifosfoglicerato que pasa a 3 - fosfoglicerato con liberación de ATP. Sin embargo, una **mutasa** transforma el 1, 3 - bifosfoglicerato a 2, 3 - bifosfoglicerato y a la inversa.



- ⇒ La unión de la Hb está regulada por el 2,3-BPG (**BiFosfatoGlicerato**)
 - ⇒ El BPG es un regulador alostérico negativo.
 - ⇒ El BPG reduce de manera considerable la afinidad de la Hb por el oxígeno.
 - ⇒ Se une a la hemoglobina sin oxígeno.

- ⇒ El hecho de que exista el BPG hace que la curva de afinidad por el oxígeno de la hemoglobina se desplace a la derecha y sea menos afín por el oxígeno cuando el BPG está unido a su sitio alostérico.
- ⇒ Otros factores que influyen son en la pérdida de afinidad de la hemoglobina por el oxígeno son:
 - ⇒ Si disminuye el pH
 - ⇒ El aumento de la concentración parcial de CO₂
 - ⇒ El aumento de la temperatura
- ⇒ Estos factores son característicos del medio tisular de los tejidos periféricos.
- ⇒ Cuando el hematíe llega a los tejidos, el O₂ difunde a las células. Cuando regresa a los pulmones se encuentra con la situación opuesta, con lo que se recarga de oxígeno.

Enzimas antioxidantes

- ⇒ Tienen la función de proteger a los hematíes, y el resto de células, de las especies reactivas de oxígeno. El oxígeno se encuentra unido a un metal de transición con un electrón sin aparear, con lo que la probabilidad de generarse especies reactivas es alta.
- ⇒ Enzimas que cumple este cometido:
 - ⇒ **Superóxido-dismutasa**: elimina el O₂⁻ (Superóxido)
 - ⇒ **Catalasa**: elimina el H₂O₂ (peróxido de hidrógeno)
 - ⇒ **Glutación peroxidasa**: utiliza el glutatión como coenzima