

La bioénergétique

3-L'ATP

3-1 Rôle de l'ATP dans la biologie cellulaire

L'ATP est une molécule produite par la cellule vivante, et permet le stockage de l'énergie chimique et son transfert à l'intérieur du cytoplasme. il représente la source d'énergie directe et rapide, qui permet à la cellule de produire un travail. Une cellule vivante produit trois types principaux de travail :

3-1-1 Travail mécanique

De nombreuses cellules dans un organisme animal sont capables d'effectuer un travail mécanique. Les cellules musculaires se contractent, les spermatozoïdes sont en mouvement au cours de la production cellulaire, et le battement des cils sur les bordures de certaines cellules épithéliales et muqueuses, exemple les cellules qui tapissent la trachée, expulsent des poumons le mucus chargé de débris .

3-1-2 Travail de transport

Le mouvement de certaines molécules à travers la membrane plasmique contre leurs gradients de concentration dans les transports actifs, comme le mouvement des ions par les pompes.

3-1-3 Travail chimique

Les réactions biochimiques, endergoniques , qui ne se déclenchent pas d'une façon spontanée , mais qui nécessitent un apport énergétique , le cas , par exemple , de la synthèse de polymères à partir de monomères .

3-2 Structure et cycle de l'ATP

3-2-1 Structure

L'ATP est un nucléotide, constitué de trois sous unités moléculaires : une base contenant l'azote (adenine , d'où le nom adénosine) , un sucre a cinq atomes de carbone (ribose) attachée à une chaîne de trois groupements phosphates, d'où son nom complet : adénosine - triphosphate (ATP). Un des groupements peut se séparer de la molécule sous forme d'ion inorganique phosphate, symbolisé par la lettre (P).

3-2-2 Cycle de l'ATP

3-2-2-1 hydrolyse de l'ATP

Dans la cellule vivante, une des plus importantes réactions chimiques est l'hydrolyse de l'ATP. (Fig.4) La rupture du groupement phosphate est catalysée par une enzyme l'ATPase. L'eau brise la liaison du phosphate terminale (P), l'ATP devient alors Adénosine di phosphate (ADP). Cette réaction est exergonique ; dans les conditions normales (standard), elle dégage 30,5KJ d'énergie par mole d'ATP hydrolysé. $ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i$. Elle tend vers un rapport $[ADP]/[ATP]$ élevé .

La variation d'énergie libre standard ΔG° entre les produits et les réactifs est de $-30,5KJ/mol$, soit $-7,3 Kcal /mol$. Dans certains cas, l'ATP est hydrolysé en AMP et pyrophosphate (PPi). La variation d'énergie libre ΔG° est la même ($-7,3 Kcal /mol$). (fig.5)

3-2-2-2 Régénération de l'ATP

Dans la cellule, ce sont les réactions exergoniques de dégradation (catabolisme) qui fournissent l'énergie libre nécessaire à la phosphorylation de L'ADP, qui se transforme en ATP. Cette phosphorylation est une réaction endergonique

Réaction de condensation = $ADP + P (+ \text{énergie}) \longrightarrow ATP + H_2O$.

$\Delta G = +30,5 \text{KJ/mol}$, soit $7,3 \text{Kcal /mol}$.

Le meilleur exemple de la régénération de l'ATP est montré dans la cellule musculaire au travail, cette cellule, renouvelle la totalité de son ATP en moins d'une minute : cela représente 10 millions de molécules d'ATP utilisées et régénérées /seconde. Cette régénération constitue le cycle de l'ATP, en son absence , un organisme vivant doit consommer quotidiennement une quantité d'ATP équivalant a sa masse corporelle.

4- Couplage de réactions endergoniques et exergoniques

4-1 Hydrolyse de l'ATP et processus endergonique

A l'aide d'enzymes spécifiques, la cellule applique directement l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP (exergonique) à des processus endergoniques. Ces enzymes sont des Kinases qui transfèrent un groupement phosphate (P) de l'ATP a une autre molécule qui est alors phosphorylée. Cette molécule phosphorylée subit un changement de conformation qui produit du travail (mécanique, transport et chimique). Cet intermédiaire phosphorylé, plus réactif (moins stable) que la molécule dans son état initial (non phosphorylé) constitue la clé du couplage des réactions endergoniques et exergoniques .

Prenons exemple, la synthèse d'un acide aminé, la glutamine à partir de l'acide glutamique et de l'ammoniac. Cette passe par deux réactions successives :

1^{ère} réaction : $\text{Acide glutamique} + ATP \longrightarrow \text{glutamylphosphate} + ADP$.

2^{ème} réaction : $\text{Glutamylphosphate} + NH_3 \longrightarrow \text{glutamine} + Pi$

Réaction globale : $\text{Acide glutamique} + ATP + NH_3 \longrightarrow \text{glutamine} + ADP + Pi$. $\Delta G^\circ = -3,9 \text{Kcal /mol}$

On dit que la production de la glutamine est couplée à l'hydrolyse de l'ATP. l'hydrolyse « descendante » de l'ATP, entraîne la synthèse « ascendante ». le pont entre les deux molécules, le glutamylphosphate , représente l'intermédiaire phosphorylé. L'hydrolyse exergonique de l'ATP se réalise en deux étapes .dans la première, la glutamine agit comme accepteur du groupement phosphate, tandis que dans la seconde étape, l'eau est l'accepteur du phosphate.

4-2 Couplage et production de travail dans la cellule

Le couplage par hydrolyse de l'ATP assure le déroulement des processus biologiques, endergoniques de la cellule, tel que, la séparation de charge à travers une biomembrane, la concentration de soluté, le mouvement des filaments dans une cellule musculaire et la production de chaleur. Dans la plupart des réactions couplées, le groupement phosphate (P) est transféré de l'ATP a un accepteur comme ; un acide

aminé (acide glutamique), un sucre et une protéine, puis il est enlevé au cours d'une deuxième étape. Exemple (cycle de transport par la pompe Na^+ -KATPase). (Fig.6 sur diapos)

Conclusion :

La cellule animale est un système ouvert dans un organisme vivant, subit constamment une transformation et transfert de matière avec son environnement (matrice extracellulaire, flux sanguin). Au cours des transformations et réactions biochimiques, de l'énergie interne du système (E) est convertie en énergie de travail (enthalpie libre), ou transformée en chaleur. Cependant, ces transformations s'accompagnent toujours d'une augmentation d'un désordre ou entropie (énergie non utilisable), la science qui étudie la bioénergétique et ses lois est appelée thermodynamique.

Les deux principes fondamentaux de la thermodynamique sont la conservation et la conversion de l'énergie. Les végétaux conservent l'énergie lumineuse sous forme d'énergie chimique, c'est l'énergie libre qui est contenu dans les produits organiques de la photosynthèse. Les animaux et les autres organismes non photosynthétiques de l'écosystème ont besoin d'un apport continu de cette énergie pour fonctionner. Quelle que soit la source d'énergie qui entre dans un organisme animal, qu'il s'agisse de glucides, de lipides ou de protéines, elle sera utilisée pour générer de l'ATP, afin de couvrir tous les besoins énergétiques immédiats de la cellule vivante.