ACTIVITÉS ET EXERCICES

Contraction musculaire, ATP et régénération de l’ATP : cycle actine-myosine et voies métaboliques

Terminale spécialité · 45 min

Les séries de résultats de ces exercices sont construites pour l'activité et ne proviennent pas d'une étude réelle.

Situation-problème. Une sprinteuse court 100 m en 10 secondes. Une coureuse de demi-fond fournit, elle, un effort intense de 5 minutes. Dans les deux cas, les muscles des jambes se contractent grâce à l’ATP, mais la concentration musculaire en ATP reste presque inchangée. On cherche à comprendre comment l’ATP intervient dans la contraction et pourquoi la façon de le régénérer dépend de la durée et de l’intensité de l’effort. Trois documents rassemblent des mesures simplifiées. Toutes les données utiles sont fournies : vous devez les exploiter avec rigueur et préciser à chaque fois les limites de vos conclusions.

Document 1 : part des voies de régénération de l’ATP selon la durée d’un effort intense (Données pédagogiques simplifiées)

Durée de l’effort	Créatine phosphate (%)	Fermentation lactique (%)	Respiration (%)
10 s	55	35	10
30 s	25	50	25
60 s	10	45	45
120 s	5	30	65
300 s	2	13	85

Chaque ligne représente la répartition de l’ATP régénéré pendant la durée indiquée, pour un effort maximal tenable sur cette durée.

Document 2 : expérience sur fibres musculaires perméabilisées (Données pédagogiques simplifiées)

Des fibres de muscle squelettique, dont la membrane a été rendue perméable, sont fixées entre deux pinces et plongées dans une solution dont on contrôle la composition. Après 10 s, on mesure le raccourcissement de la fibre (en % de sa longueur initiale) et sa raideur, c’est-à-dire la résistance à un étirement passif (unité arbitraire, 100 correspondant à la raideur maximale mesurée).

Condition	Ca^{2+}	ATP	Autre	Raccourcissement (%)	Raideur (u.a.)
A	présent	présent	aucune	18	40
B	présent	absent	aucune	0	100
C	absent	présent	aucune	0	10
D	présent	présent	inhibiteur de l'activité ATPase de la myosine	0	15

Document 3 : bilan d'un effort maximal de 10 s dans un muscle de cuisse (Données pédagogiques simplifiées)

Les valeurs sont en mmol par kg de muscle. On admet que la dégradation d'une molécule de créatine phosphate régénère 1 ATP, que la production d'une molécule de lactate s'accompagne de la régénération de 1 ATP, et que 1 mmol de dioxygène consommé permet à la respiration de régénérer 5 mmol d'ATP. Le dioxygène consommé pendant les 10 s est de 0,4 mmol par kg.

Grandeur	t = 0 s	t = 10 s
ATP	5,0	4,6
Créatine phosphate	20,0	9,0
Lactate	1,0	8,0

Exercice 1 : rôles du calcium et de l’ATP dans la contraction

1. Comparez les conditions A et C et déduisez le rôle des ions Ca^{2+}.
2. Comparez les conditions A et B. Quel rôle de l’ATP la valeur de raideur de B met-elle en évidence ? Justifiez à l’aide du cycle des ponts d’union.
3. Que montre la condition D à propos de l’utilisation de l’ATP par la myosine ?
4. Utilisez le résultat de B pour expliquer la rigidité cadavérique, puis donnez une limite de ce modèle expérimental.

Réponses et raisonnement

Exercice 2 : bilan d’ATP d’un sprint

1. À partir du Document 3, calculez la quantité de créatine phosphate consommée, de lactate produit et la variation de la quantité d’ATP pendant les 10 s.
2. Calculez la quantité d’ATP régénérée par chaque voie, puis la quantité totale d’ATP consommée par le muscle. Donnez le débit moyen de consommation en mmol par kg et par seconde.
3. Calculez la part de chaque voie dans la régénération et comparez-la à la ligne « 10 s » du Document 1. Calculez aussi le débit de chaque voie.
4. Sachant que le stock initial d’ATP est de 5,0 mmol par kg, calculez la durée pendant laquelle il suffirait au débit moyen trouvé. Que concluez-vous ?

Réponses et raisonnement

Exercice 3 : confronter les documents pour argumenter

1. Décrivez l’évolution de la part de chaque voie de 10 s à 300 s (Document 1) et nommez la voie dominante aux deux extrémités.
2. On suppose qu’un muscle doit régénérer 90 mmol d’ATP. Calculez la quantité de glucose nécessaire par fermentation lactique (2 ATP par glucose) puis par respiration (30 ATP par glucose). Calculez le rapport entre les deux.
3. En confrontant les Documents 1 et 3 et le résultat de la question 2, expliquez pourquoi la créatine phosphate domine à 10 s alors que son stock est faible, et pourquoi la respiration domine à 300 s.
4. Un élève affirme : « À 300 s, il reste 13 % de fermentation lactique, donc le muscle manque de dioxygène et le lactate cause la fatigue. » Discutez cette affirmation et précisez les limites des données.

Réponses et raisonnement

Page de la ressource : https://svtlab.fr/ressources/contraction-musculaire-atp-terminale/

Sources du cadre pédagogique :

Programme et ressources Éduscol : https://eduscol.education.gouv.fr/5835/programmes-et-ressources-en-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-voie-gt