

TRAVAUX DIRIGÉS : Le muscle strié squelettique

Partie A : Révision

L'organisation anatomique du muscle

- 1) Quelle est la principale fonction des muscles squelettiques ?
- 2) Qu'est-ce qu'un faisceau musculaire ?
- 3) Quel est le rôle de l'épimysium ?
- 4) Qu'est-ce que le périmysium ?
- 5) Quel est le rôle de l'endomysium ?
- 6) Comment se nomme l'unité fonctionnelle du muscle squelettique ?
- 7) Quel est le rôle des tendons ?
- 8) Comment les muscles squelettiques sont-ils innervés ?
- 9) Qu'est-ce qu'un muscle antagoniste ?
- 10) Quel est le rôle des aponévroses ?

L'ultrastructure de la fibre musculaire

11. Qu'est-ce qu'une strie Z ?
12. Quelle est la composition d'une bande claire (bande I) ?
13. Quelle est la composition d'une bande sombre (bande A) ?
14. Qu'est-ce que la bande H ?
15. Comment se définit un sarcomère ?
16. Quelle protéine joue un rôle clé dans la contraction musculaire ?
17. Quel est le rôle de la troponine et de la tropomyosine dans la contraction musculaire ?
18. Comment les filaments d'actine et de myosine interagissent-ils lors de la contraction ?
19. Qu'est-ce que le réticulum sarcoplasmique ?
20. Quel est le rôle des mitochondries dans les fibres musculaires ?

Le couplage excitation-contraction

21. Qu'est-ce que le couplage excitation-contraction ?
22. Comment un potentiel d'action atteint-il une fibre musculaire ?
23. Quel est le rôle du calcium dans le couplage excitation-contraction ?
24. Comment le potentiel d'action se propage-t-il dans une fibre musculaire ?
25. Qu'est-ce que le réticulum sarcoplasmique libère lors d'un potentiel d'action ?
26. Que se passe-t-il lorsque le calcium se lie à la troponine ?
27. Quel est le rôle des tubules T dans les fibres musculaires ?
28. Comment se termine le couplage excitation-contraction ?
29. Quel est l'effet d'une stimulation répétée sur les fibres musculaires ?
30. Comment les agents pharmacologiques peuvent-ils influencer le couplage excitation-contraction ?

Le cycle des ponts croisés

31. Qu'est-ce qu'un pont croisé dans le contexte de la contraction musculaire ?
32. Comment commence le cycle des ponts croisés ?
33. Quel est le rôle de l'ATP dans le cycle des ponts croisés ?

34. Qu'est-ce qui se produit lorsque l'ATP est hydrolysé dans ce cycle ?
35. Que se passe-t-il après que la tête de myosine a tiré sur l'actine ?
36. Combien de temps dure un cycle complet des ponts croisés ?
37. Quel effet a une concentration élevée de calcium sur le cycle des ponts croisés ?
38. Quel est le rôle du phosphocréatine dans ce processus?
39. Comment les cycles des ponts croisés contribuent-ils au raccourcissement du muscle?
40. Quelles sont les conséquences d'une fatigue musculaire sur le cycle des ponts croisés?

La transmission synaptique au niveau de la plaque motrice

41. Qu'est-ce qu'une plaque motrice?
42. Quel neurotransmetteur est libéré à la plaque motrice?
43. Comment l'acétylcholine affecte-t-elle la fibre musculaire?
44. Quel est le rôle des récepteurs nicotiniques à la plaque motrice?
45. Que se passe-t-il après que l'acétylcholine a été libérée?
46. Quel mécanisme permet d'arrêter l'action de l'acétylcholine?
47. Quel effet aurait une inhibition de l'acétylcholinestérase?
48. Comment les toxines botuliques affectent-elles la transmission synaptique?
49. Quelle est la conséquence d'une dépolarisation prolongée à la plaque motrice?
50. Quelles sont les étapes clés de la transmission synaptique à la plaque motrice?

Les voies de régénération de l'ATP

51. Quelles sont les principales voies de production d'ATP dans les muscles?
52. Quel est le rôle de la phosphorylation oxydative?
53. Qu'est-ce que la glycolyse anaérobie?
54. Comment fonctionne le système de créatine phosphate?
55. Quelle voie est principalement utilisée lors d'exercices courts et intenses?
56. Quel est le rendement énergétique du métabolisme anaérobie par rapport au métabolisme
57. Comment se produit l'accumulation d'acide lactique?
58. Quelle est la principale source d'énergie durant un exercice prolongé?
59. Comment les muscles récupèrent-ils après un effort intense?
60. Quelles sont les conséquences d'une carence en oxygène sur les muscles?

La chaleur de contraction, chaleur de soutien, chaleur retardée

61. Qu'est-ce que la chaleur de contraction?
62. Quelle proportion de l'énergie produite par les muscles est convertie en chaleur?
63. Qu'est-ce que la chaleur de soutien?
65. Quelle est la différence entre chaleur immédiate et chaleur retardée?
66. Comment les athlètes peuvent-ils améliorer leur tolérance à la chaleur?

Partie B : Exercices à trous

Remplacer les chiffres par des mots ou groupe de mots pour que la phrase soit juste et conforme aux connaissances scientifiques actuelles.

Exercice 1

Le muscle strié squelettique est composé de cellules appelées fibres (1) . Ces fibres sont regroupées en faisceaux et l'ensemble du muscle est entouré d'une enveloppe de tissu conjonctif appelée (2) . Au niveau microscopique, chaque fibre musculaire contient des (3) , elles-mêmes constituées de filaments d'actine et de (4) . La contraction musculaire résulte du glissement de ces filaments les uns par rapport aux autres, au niveau des unités fonctionnelles appelées (5) .

Exercice 2

La communication entre un neurone moteur et une fibre musculaire se fait au niveau de la (1) . L'extrémité du neurone moteur libère un neurotransmetteur appelé (2) dans la fente synaptique. Ce neurotransmetteur se fixe sur des (3) présents sur la membrane de la fibre musculaire, appelée (4) . Cette fixation provoque la dépolarisation de la membrane musculaire et la création d'un (5) musculaire.

Exercice 3

Le réflexe (1) est un exemple de commande neuromusculaire. Lorsqu'un muscle est étiré, des récepteurs sensoriels appelés (2) sont stimulés. Ces récepteurs envoient un signal nerveux via un neurone (3) jusqu'à la moelle épinière. Là, le signal est transmis directement à un neurone (4) qui innerve le muscle étiré, provoquant sa (5) .

Exercice 4

La contraction musculaire nécessite de l'énergie sous forme d' (1) . Cette molécule permet la fixation et le détachement des têtes de (2) sur les filaments d'actine. L'arrivée du potentiel d'action musculaire provoque la libération d'ions (3) par le réticulum sarcoplasmique, ce qui initie le cycle de contraction. La relaxation musculaire se produit lorsque le (4) est repompé dans le réticulum sarcoplasmique et que l' (5) se détache de l'actine.

Exercice 5

L'organisation macroscopique d'un muscle strié squelettique comprend les (1) , qui permettent l'attache du muscle aux os. Les fibres musculaires sont organisées en (2) , eux-mêmes regroupés pour former le corps du muscle. Le tissu conjonctif appelé (3) entoure chaque fibre, tandis que le (4) entoure chaque faisceau et l' (5) entoure l'ensemble du muscle.

Exercice 6

Liste des mots à remplir : Calcium, calcium, contractilité, fibres, fréquence, membrane, mouvements, myofilaments, myosine, nerveux, neurotransmetteurs, plaque, résistance

Le muscle squelettique est responsable des _____1_____ volontaires et est composé de fibres musculaires. Lorsqu'un neurone moteur stimule une fibre musculaire à la _____2_____, un potentiel d'action est généré. Ce signal se propage le long de la _____3_____ musculaire, déclenchant la libération de _____4_____.

Le calcium libéré permet l'interaction entre les _____5_____ et les _____6_____, entraînant une contraction. La plaque motrice est l'endroit où le neurone libère des

_____7_____ qui provoquent un potentiel postsynaptique excitateur (PPSE). Si le PPSE atteint le seuil, un potentiel d'action se produit.

Inversement, les potentiels postsynaptiques inhibiteurs (PPSI) peuvent réduire l'excitabilité de la fibre musculaire. La contraction musculaire est un processus complexe qui nécessite une coordination précise entre les signaux nerveux et les _____8_____ musculaires.

Les propriétés du muscle squelettique incluent la _____9_____, la force et la _____10_____ à se fatiguer. La capacité d'un muscle à se contracter dépend également de la _____11_____ de stimulation nerveuse et de la disponibilité de _____12_____.

En résumé, le muscle squelettique joue un rôle crucial dans le mouvement, grâce à ses propriétés uniques et à son interaction avec le système _____13_____.

Partie C : Exercices classiques

Exercice 6 : Schéma à légender

Légendez le schéma d'une fibre musculaire vu au microscope électronique

Exercice 7 : Définitions

Définissez les termes suivants : Sarcomère, Plaque motrice, Réticulum sarcoplasmique, Myofibrille

Exercice 8 : Comparaison

Comparez la structure et la fonction des filaments d'actine et de myosine.

Exercice 9 : Rôle

Quel est le rôle des ions calcium dans la contraction musculaire ?

Exercice 10 : Étapes

Décrivez brièvement les étapes du fonctionnement d'une plaque motrice.

Exercice 11 : Réflexe myotatique

Expliquez le trajet du signal nerveux lors d'un réflexe myotatique.

Exercice 12 : Types de contraction

Décrivez la différence entre une contraction musculaire isotonique et isométrique.

Exercice 13 : Sources d'énergie

Citez les principales sources d'énergie utilisées par le muscle lors d'une activité physique.

Partie D : QCM

Choisissez la bonne réponse parmi les propositions suivantes :

1. L'unité fonctionnelle de la contraction musculaire est : a) La fibre musculaire b) La myofibrille c) Le sarcomère d) Le sarcoplasme
2. Le neurotransmetteur libéré au niveau de la plaque motrice est : a) La noradrénaline b) La dopamine c) L'acétylcholine d) La sérotonine
3. Le réticulum sarcoplasmique a pour rôle de stocker : a) Les ions sodium b) Les ions potassium c) Les ions calcium d) Les ions chlorure
4. Les filaments épais du sarcomère sont constitués de : a) Actine b) Myosine c) Troponine d) Tropomyosine
5. La contraction musculaire est initiée par : a) L'arrivée d'un influx nerveux au niveau du muscle b) La libération d'ATP c) La fixation de calcium sur la myosine d) Le glissement direct des filaments d'actine
6. Le réflexe myotatique permet : a) La contraction volontaire du muscle b) La relaxation du muscle c) Le maintien du tonus musculaire d) La perception de la douleur
7. La membrane plasmique d'une fibre musculaire est appelée : a) Sarcomère b) Sarcoplasme c) Sarcolemme d) Myofibrille
8. Les tubules transverses (tubules T) permettent de : a) Stocker le calcium b) Propager le potentiel d'action à l'intérieur de la fibre musculaire c) Synthétiser l'ATP d) Fixer l'acétylcholine
9. L'énergie nécessaire à la contraction musculaire provient principalement de : a) La dégradation du glucose b) L'hydrolyse de l'ATP c) La synthèse de protéines d) La production de glycogène
10. Lors de la contraction musculaire, la longueur du sarcomère : a) Augmente b) Diminue c) Reste inchangée d) Varie de manière aléatoire
11. Les fibres musculaires sont regroupées en : a) Sarcomères b) Myofibrilles c) Faisceaux d) Sarcolemmes
12. Le tissu conjonctif qui entoure un faisceau de fibres musculaires est appelé : a) Endomysium b) Périmysium c) Épimysium d) Sarcolemme
13. La fixation de l'acétylcholine sur son récepteur provoque : a) La repolarisation de la membrane musculaire b) L'hyperpolarisation de la membrane musculaire c) La dépolarisation de la membrane musculaire d) L'inhibition de la contraction
14. Le glissement des filaments d'actine et de myosine se produit grâce à : a) La rotation des molécules de troponine b) L'action des têtes de myosine c) La libération d'ions sodium d) La fixation d'ATP sur l'actine
15. La relaxation musculaire est due à : a) La libération massive d'ATP b) La fixation de calcium sur la troponine c) La recapture du calcium par le réticulum sarcoplasmique d) L'arrivée d'un nouveau potentiel d'action
16. Un muscle est dit strié en raison de l'alternance de bandes claires et sombres observée au microscope, correspondant à l'organisation des : a) Mitochondries b) Noyaux c) Myofibrilles d) Sarcolemmes
17. Les tendons sont constitués principalement de : a) Tissu musculaire b) Tissu nerveux c) Tissu conjonctif dense d) Tissu épithélial
18. La fatigue musculaire peut être due à un manque de : a) Calcium b) Potassium c) Sodium d) ATP
19. Un exemple de muscle strié squelettique est : a) Le muscle cardiaque b) Le muscle lisse de l'intestin c) Le biceps brachial d) Le muscle ciliaire de l'œil
20. Le rôle principal du muscle strié squelettique est de permettre : a) La digestion b) La circulation sanguine c) Le mouvement d) La respiration

Partie E : questions vrai ou faux

Indiquez si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses :

1. Le muscle strié squelettique est sous contrôle volontaire.
2. Une fibre musculaire est une cellule multinucléée.
3. Le sarcomère s'étend de la strie Z à la strie Z suivante.
4. L'actine est le filament épais du sarcomère.
5. La myosine possède des têtes qui peuvent se fixer à l'actine.
6. L'ATP est indispensable à la contraction mais pas à la relaxation musculaire.
7. Le potentiel d'action musculaire se propage le long des tubules T.
8. Le calcium se fixe directement sur la myosine pour initier la contraction.
9. Le réflexe myotatique est un réflexe monosynaptique.
10. La plaque motrice est une synapse entre deux neurones.
11. L'acétylcholine provoque toujours une contraction musculaire.
12. La contraction isotonique se produit sans changement de longueur du muscle.
13. La créatine phosphate est une réserve d'énergie à court terme pour le muscle.
14. La respiration anaérobie est plus efficace que la respiration aérobie pour la production d'ATP dans le muscle.
15. La fatigue musculaire est toujours due à un manque d'oxygène.
16. Les tendons relient les muscles entre eux.
17. L'endomysium entoure chaque faisceau de fibres musculaires.
18. Le muscle cardiaque est également un muscle strié mais il est involontaire.
19. La contraction musculaire nécessite un apport constant de glucose.
20. L'intensité de la contraction musculaire dépend du nombre de fibres musculaires recrutées.

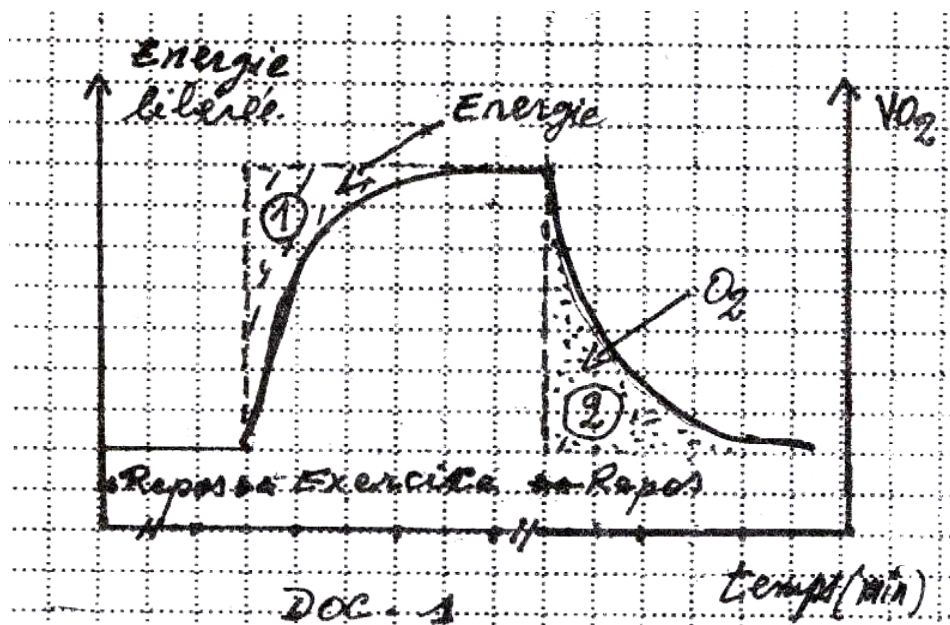
Partie G : Exercices traditionnels

Exercice 1:

On cherche la source à l'origine de la contraction musculaire. Dans une fibre musculaire, on trouve trois types de molécules dont la décomposition pourrait être à l'origine de l'énergie permettant la contraction :

- du glycogène,
- de l'adénosine triphosphate ou ATP,
- un autre composé phosphorylé, la phosphocréatine qui en présence d'une substance E, peut donner naissance à de l'ATP selon la réaction suivante

Phosphocréatine + ADP ==> Créatine + ATP.



On dose ces trois constituants dans des muscles isolés de grenouille soumis à une série d'excitations électriques rapprochées. Le dosage est fait au temps t_0 (avant l'excitation) et après plusieurs minutes d'excitation (tableau 1).

1. A partir des seuls résultats de l'expérience 1, formulez une hypothèse sur l'origine possible de l'énergie musculaire.

2. L'analyse des résultats de l'expérience 2 vous permet-elle de confirmer l'hypothèse précédente ou d'en énoncer une nouvelle ?

3. Même question pour l'expérience 3.

4. En reprenant l'ensemble des données fournies par le tableau et en vous aidant de vos connaissances, indiquez l'ordre d'utilisation de ces trois substances et pour chacune d'elle l'équation globale de la réaction qui se produit et son rôle lors d'une contraction musculaire.

5. Si dans une autre expérience, on bloque par des poisons spécifiques la formation de l'acide lactique dans les fibres d'un muscle placé dans une atmosphère d'azote, ce muscle est encore capable d'effectuer un petit travail. Cela vous paraît-il normal ? Comment expliquez-vous ces contractions ?

6. On étudie alors chez un sujet la consommation d'oxygène et le niveau d'énergie libérée, au cours d'un exercice sur bicyclette ergométrique. On obtient les graphes suivants (document 1). Comment pouvez-vous interpréter l'existence de la surface 1 d'une part, celle de la surface 2 d'autre part ?

TABEAU 1

Conditions expérimentales	Concentration en mg/g de muscle frais						Réaction du muscle
	Glycogène		ATP		Phosphocréatine		
	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	
Expérience 1 Muscle intact	1,62	1,21	2	2	1,5	1,5	contraction prolongée pendant toute la durée de l'excitation formation d'acide lactique
Expérience 2 Muscle traité per l'acide iodo-scétique bloquant la glycolyse	1,62	1,62	2	2	1,5	0,4	contraction soutenue pendant la durée de l'excitation pas d'acide lactique formé
Expérience 3 Muscle traité par : - l'acide iodo-scétique - une substance inactivant l'enzyme E	1,62	1,62	2	0	1,5	1,5	contraction rapidement interrompue pas d'acide lactique

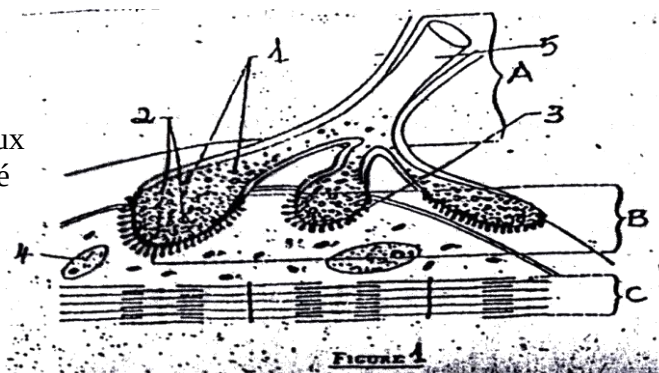
Exercice 2

L'activité musculaire se manifeste par des phénomènes électriques et mécaniques. A l'aide d'un oscilloscope à deux voies, on enregistre simultanément sur une préparation nerf-muscle de grenouille ces deux types de manifestations. Un dispositif approprié transforme le raccourcissement du muscle en courant électrique enregistré sur l'une des voies. Le phénomène électrique musculaire est recueilli à l'aide de deux électrodes reliées à la deuxième voie de l'appareil.

a- Représentez et analysez ces deux enregistrements en indiquant ce que représentent les différentes phases observées sur chacun d'eux.

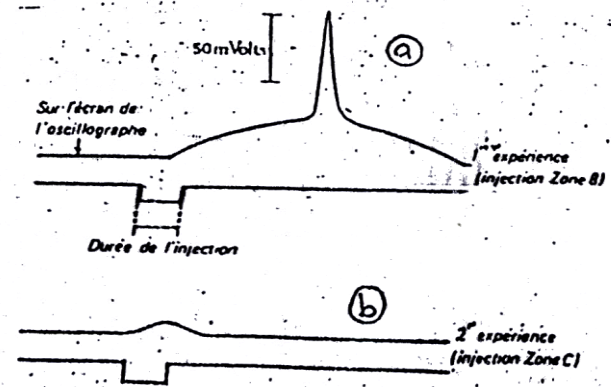
b- Que remarquez-vous quant à la chronologie des deux types d'activité ? Expliquez.

2. La figure 1 représente la zone de transmission neuro-musculaire. Sans le reproduire, annotez cette figure. Comment nomme-t-on cette zone ?



On veut étudier le mécanisme de transmission de l'influx nerveux de la partie A à la partie C. pour cela, on injecte quelques gouttes d'acétylcholine au niveau de la partie B, tandis qu'une microélectrode implantée dans cette même partie est reliée à un oscillographe et permet d'obtenir l'enregistrement de la figure 2a. en injectant cette substance dans la partie C, on obtient l'enregistrement de la figure 2b.

A partir de ces résultats, expliquez le mécanisme de transmission de l'influx nerveux. Comment agit l'acétylcholine au niveau de la membrane post-synaptique ?



Exercice 3:

. Pour connaître les sources d'énergie de la contraction musculaire, Chauvau et Kaufman au début du siècle, analysent le sang veineux et le sang artériel du muscle releveur de la lèvre supérieure du cheval. Le tableau suivant résume les constatations essentielles :

En 1h par Kg de muscle :	Muscle au repos	Muscle en activité
Volume de sang traversant le muscle	12,220 L	56,325 L
Oxygène utilisé	0,307 L	5,207 L
Dioxyde de carbone rejeté	0,220 L	5,950 L
Glucose utilisé	2,042 g	8,432 g
Lipides utilisés	0 g	0 g
Protides utilisés	0 g	0 g

Dégagez les conclusions découlant de ces observations. Quelle hypothèse peut-on formuler quant aux sources de l'énergie musculaire ?

2. Au cours d'une deuxième expérience, un dispositif approprié permet d'enregistrer la contraction isométrique de l'un des gastrocnémiens d'une grenouille. Sur le myogramme obtenu on a reporté les dégagements de chaleur correspondant. (Figure 3).
a- Comment se situe dans le temps ces dégagements de chaleur par rapport au myogramme ? Où placeriez-vous ce qu'il est convenu d'appeler « chaleur initiale » et « chaleur retardée » ?

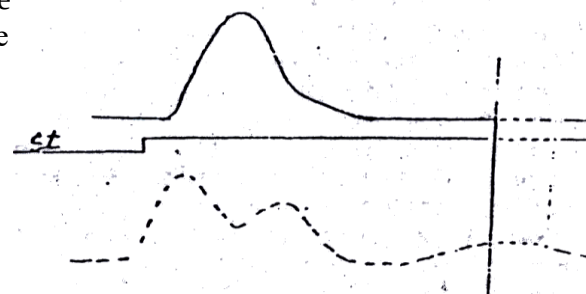


Fig. 3.

b- On recommence l'expérience en plaçant le muscle dans une atmosphère d'azote. On constate alors que non seulement le muscle se contracte mais que le premier dégagement de chaleur est strictement identique au cas précédent. Par contre, le dernier dégagement est parfaitement nul.
- Que peut-on conclure ? Ces résultats confirment-ils l'hypothèse que l'on a été amené à formuler dans la question 1 ?

- Quelle nouvelle hypothèse pouvez-vous émettre en ce qui concerne la source d'énergie musculaire ?

3. Le muscle qui se contracte en atmosphère d'azote devient rapidement inexcitable et se charge d'acide lactique ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$) alors qu'il perd son glycogène. Il retrouve ses propriétés en atmosphère oxygénée.

En altitude, on a constaté que la production d'acide lactique, au cours d'effort musculaire chez l'athlète non adapté, s'accroît considérablement.

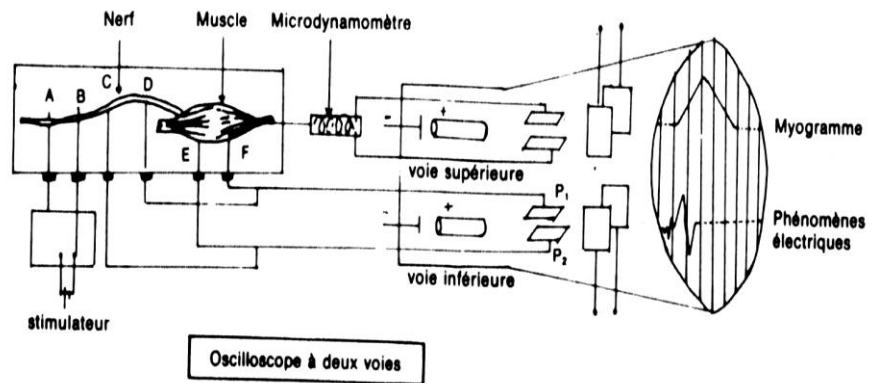
- a- Ces deux dernières remarques sont-elles contradictoires ?
b- Comment expliquer la formation d'acide lactique ?

Exercice 4:

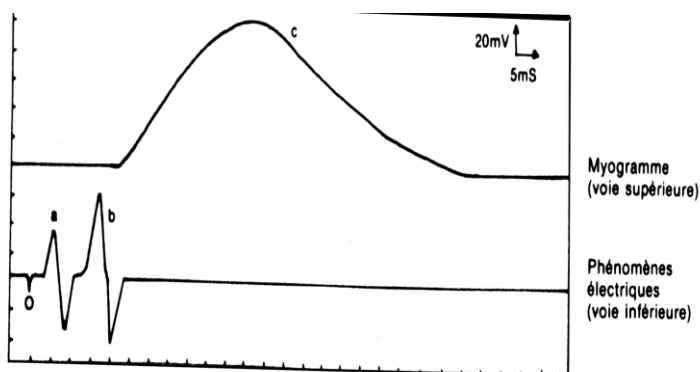
Le document n°1 représente un montage destiné à étudier expérimentalement la préparation nerf-muscle d'une grenouille.

La voie supérieure de l'oscilloscope traduit les phénomènes mécaniques de la contraction musculaire ; la voie inférieure est reliée d'une part aux électrodes C et D placées à la surface du nerf, d'autre part aux électrodes E et F placées à la surface du muscle.

On envoie alors une stimulation unique d'intensité et de durée convenables : on enregistre sur l'écran de l'oscilloscope les courbes représentées de manière schématique par le document n°2 ; le point O correspond à l'artéfact de stimulation.



Document 1



Document 2

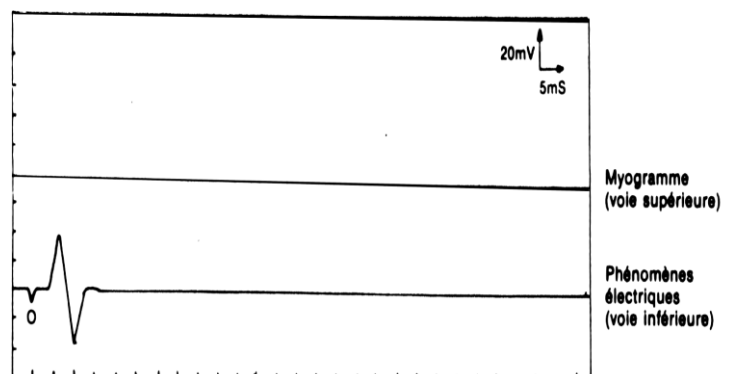
1°) Que représentent les courbes a, b et c ? Quelles relations établissez-vous entre elles ?

2°)a. Analysez aussi complètement que possible la courbe c, en la reproduisant sur votre copie.

b. On cherche maintenant à préciser les mécanismes qui permettent le passage de l'influx moteur entre le nerf et le muscle à l'aide des données suivantes :

Expérience I: on fait agir durant quelques minutes au niveau de la préparation nerf-muscle une solution de Flaxédil ; puis on porte une stimulation convenable sur le nerf ; avant d'enregistrer, on observe que le muscle ne se contracte pas.

3°) Quelles hypothèses pouvez-vous formuler ?

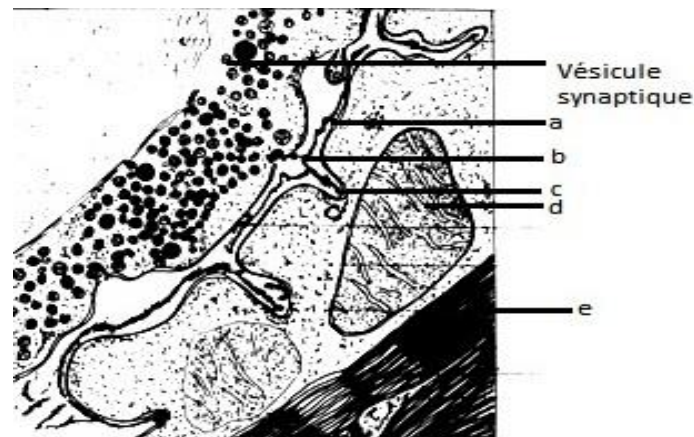


Document 3

Expérience II : l'action du Flaxédil étant maintenue, on porte une nouvelle excitation,
 Sur le nerf : on obtient l'enregistrement figuré sur le document n°3,

Sur le muscle directement : on observe une réponse musculaire (contraction).

4°) A partir de ces résultats, quelle hypothèse retenez-vous à propos de l'action du flaxédil ? Au niveau de quelle structure histologique cette substance intervient-elle ?



Expérience III : en utilisant une autre préparation nerf-muscle, on injecte à l'aide d'une micropipette de l'acétylcholine au niveau de la jonction neuromusculaire : on constate alors à ce niveau des phénomènes de dépolarisation sans qu'aucune stimulation ne soit portée sur le nerf (les électrodes A et B sont débranchées) ; il en résulte une contraction musculaire.

Observation du document n°4 : celui-ci représente la coupe partielle d'une jonction neuromusculaire de grenouille observée au microscope électronique (x50 000 environ).

5°) Complétez la légende de ce document n°4.

6°) En vous appuyant sur l'ensemble des données précédentes et sur vos connaissances, expliquez les phénomènes qui ont lieu au niveau de la jonction neuromusculaires.

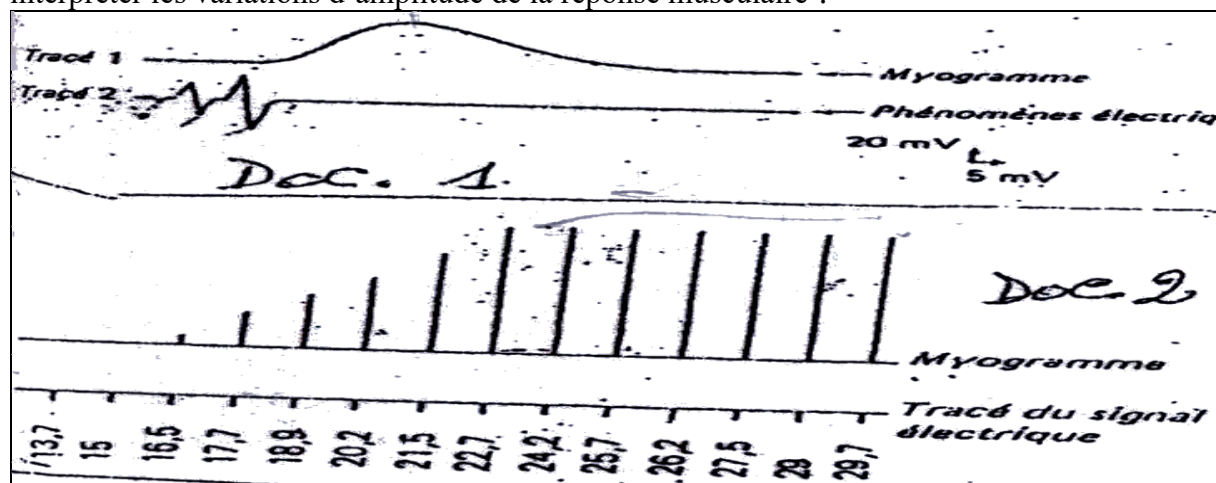
Exercice 5:

On se propose d'étudier certaines propriétés du muscle squelettique. Pour cela, des enregistrements du document 1 ont été effectués sur la préparation nerf-muscle gastrocnémien de grenouille après stimulation.

1. Schématisez le dispositif pouvant permettre de faire cet enregistrement.
2. Commentez et interprétez ces tracés.
3. Comment peut-on expliquer le délai entre les deux potentiels d'action ?
4. Évaluez un protocole expérimental pouvant aider à évaluer le retard synaptique (retard dans la transmission au muscle de l'influx nerveux).

Le document 2 révèle les réponses du muscle gastrocnémien lorsque les stimulations croissantes sont portées sur le nerf sciatique.

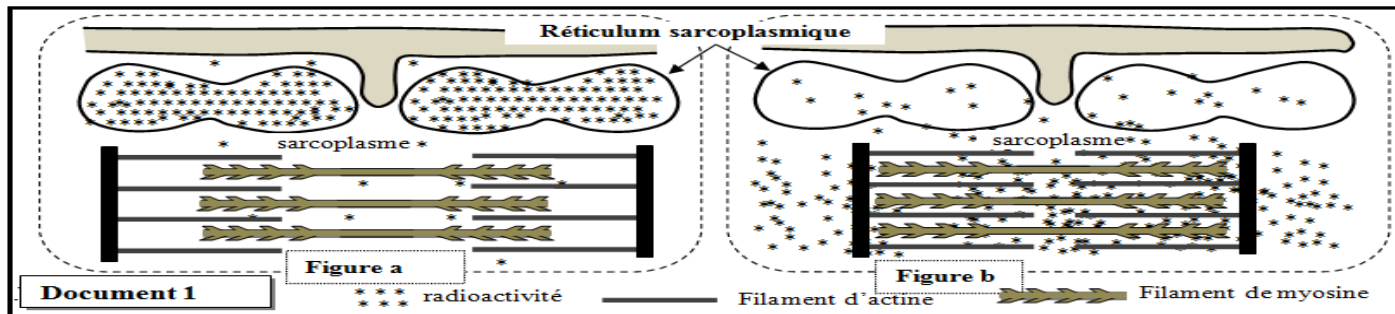
5. Compte tenu du tracé du document 2 et les informations du document 3, comment peut-on interpréter les variations d'amplitude de la réponse musculaire ?



Exercice 6:

On cherche à étudier quelques aspects du mécanisme de la contraction musculaire et à montrer le rôle des ions Ca^{2+} dans ce mécanisme. Dans ce cadre on propose les données suivantes :

- **Donnée 1 :** Des fibres musculaires striées sont isolées et cultivées dans un milieu physiologique contenant des ions calcium radioactifs ($^{45}\text{Ca}^{2+}$) puis elles sont réparties en deux lots 1 et 2. Les fibres du lot 1 sont fixées en état de relâchement alors que les fibres du

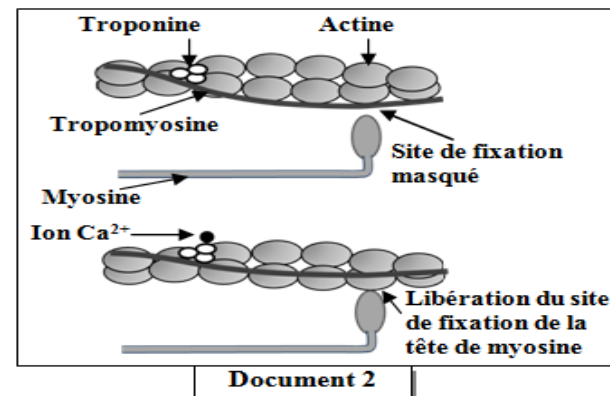


lot 2 sont fixées en état de contraction. Par autoradiographie, on détecte la localisation de la radioactivité au niveau des fibres de chaque lot. Les figures du document 1 présentent des schémas explicatifs des résultats de cette détection (la figure a pour les fibres du lot 1, la figure b pour les fibres du lot 2).

1. **Comparez** la répartition de la radioactivité dans les fibres des lots 1 et 2, puis **dégagez** le sens de déplacement des ions calcium lorsque la fibre musculaire passe de l'état de relâchement à l'état de contraction.

- **Donnée 2 :** L'étude biochimique et l'observation électronographique des myofilaments d'actine et de myosine, dans des fibres musculaires en présence et en absence d'ions Ca^{2+} , ont permis de construire le modèle explicatif présenté dans le document 2.

2. En vous basant sur les résultats présentés dans le document 1, **montrez** comment interviennent les ions Ca^{2+} dans la contraction de la fibre musculaire, conduisant à la contraction du muscle.



Partie H : Situation problème

Situation problème 1 : La crampe nocturne inattendue

Contexte : Monsieur Kouassi, un homme de 45 ans en bonne santé, se réveille en pleine nuit avec une douleur intense au mollet. Son muscle est dur et contracté, et il a du mal à le détendre. Après quelques minutes, la douleur s'estompe progressivement. Il se demande pourquoi cela lui arrive parfois.

Compétences à évaluer :

- Décrire la structure macroscopique et microscopique du muscle strié squelettique.
- Expliquer les phénomènes moléculaires et électriques de la contraction musculaire.
- Établir un lien entre les aspects mécaniques et énergétiques de la contraction et le phénomène de la crampe.
 - Émettre des hypothèses sur les causes possibles de la crampe.

Consignes :

1. Décrivez l'organisation d'un muscle strié squelettique et d'une fibre musculaire.
2. Expliquez les étapes de la contraction musculaire au niveau moléculaire et électrique.
3. En vous basant sur vos connaissances, proposez au moins trois raisons possibles pour lesquelles le muscle de Monsieur Kouassi s'est contracté involontairement et douloureusement.
4. Quels conseils pourriez-vous donner à Monsieur Kouassi pour essayer de prévenir ces crampes à l'avenir ?

Situation problème 2 : L'analyse d'un mouvement réflexe (le réflexe myotatique)

Contexte : Lors d'un examen neurologique, le médecin tape légèrement avec un marteau sur le tendon situé juste en dessous de la rotule d'un patient. La jambe du patient se tend brusquement.

Compétences à évaluer :

- Établir une relation fonctionnelle entre le tissu nerveux et le muscle.
- Expliquer le fonctionnement d'une plaque motrice.
- Décrire l'arc réflexe myotatique et son importance.
- Analyser l'implication des différents composants du système nerveux et musculaire dans ce mouvement.

Consignes :

1. Décrivez la structure et le fonctionnement d'une plaque motrice.
2. Expliquez comment le stimulus (le coup de marteau) est transformé en une réponse musculaire (l'extension de la jambe) en détaillant les étapes de l'arc réflexe myotatique.
3. Quel est le rôle des récepteurs sensoriels, des neurones et du muscle dans ce réflexe ?
4. Pourquoi ce réflexe est-il important pour le corps humain ? Donnez au moins deux raisons.

Situation problème 3 : L'effet de la toxine botulique

Contexte : La toxine botulique, produite par la bactérie *Clostridium botulinum*, est une substance qui bloque la libération d'acétylcholine au niveau des synapses neuromusculaires. Elle est utilisée à très faibles doses en médecine pour traiter certaines dystonies musculaires et en esthétique pour réduire les rides.

Compétences à évaluer :

- Expliquer le fonctionnement d'une plaque motrice.
- Établir un lien entre le fonctionnement de la plaque motrice et la contraction musculaire.
- Analyser les conséquences du blocage de la libération d'acétylcholine sur la contraction musculaire.
- Comprendre l'application de connaissances biologiques dans des contextes médicaux et esthétiques.

Consignes :

1. Décrivez le processus normal de transmission de l'influx nerveux au muscle au niveau de la plaque motrice.
2. Expliquez comment le blocage de la libération d'acétylcholine par la toxine botulique affecte la contraction musculaire.

3. Pourquoi l'utilisation de la toxine botulique peut-elle être bénéfique dans le traitement de certaines dystonies musculaires (contractions involontaires et prolongées) ?
4. Comment l'utilisation de la toxine botulique en esthétique permet-elle de réduire l'apparence des rides d'expression ?

Situation Problème 4 : L'expérience de la fatigue musculaire

Contexte : Deux élèves réalisent une expérience simple : ils serrent une balle en caoutchouc le plus fort possible et de manière répétée jusqu'à ce qu'ils ne puissent plus maintenir la force de la contraction. Ils observent que leur muscle de l'avant-bras devient progressivement plus faible et peut même trembler.

Compétences à évaluer :

- Décrire les aspects mécaniques et énergétiques de la contraction musculaire.
- Expliquer les phénomènes moléculaires et électriques de la contraction musculaire.
- Analyser les facteurs qui peuvent conduire à la fatigue musculaire.
- Interpréter les résultats d'une expérience simple en lien avec les connaissances sur la physiologie musculaire.

Consignes :

1. Quels sont les principaux besoins énergétiques du muscle pour se contracter ? Expliquez comment cette énergie est produite.
2. Décrivez les changements qui se produisent au niveau moléculaire et électrique lors de contractions musculaires répétées et intenses.
3. En vous basant sur l'expérience des élèves, proposez au moins deux mécanismes qui pourraient expliquer la fatigue musculaire observée.
4. Comment le corps récupère-t-il après une période d'activité musculaire intense ?

Situation Problème 5 : L'impact d'une blessure sportive

Contexte : Un jeune footballeur ressent une douleur vive et soudaine à l'arrière de la cuisse lors d'un sprint. Il est incapable de continuer à jouer et le médecin diagnostique une déchirure musculaire au niveau des ischio-jambiers.

Compétences à évaluer :

- Décrire l'organisation anatomique du muscle strié squelettique (structure macroscopique).
- Comprendre la relation fonctionnelle entre le tissu nerveux et le muscle.
- Établir un lien entre la structure du muscle et sa fonction, notamment lors d'activités physiques intenses.
- Analyser les conséquences d'une blessure musculaire sur la fonction et la mobilité.

Consignes :

1. Décrivez l'organisation macroscopique d'un muscle strié squelettique, en prenant l'exemple des ischio-jambiers.
2. Comment les signaux nerveux provenant du cerveau permettent-ils la contraction des muscles ischio-jambiers lors d'un sprint ? Décrivez brièvement le trajet de l'information.
3. En quoi une déchirure musculaire affecte-t-elle la capacité du muscle à se contracter normalement ? Expliquez en termes de structure et de fonction.
4. Quelles sont les étapes générales de la guérison d'une déchirure musculaire et pourquoi la rééducation est-elle importante après une telle blessure ?