Exercice 2 – Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie

Vitesse de raccourcissement des cellules musculaires

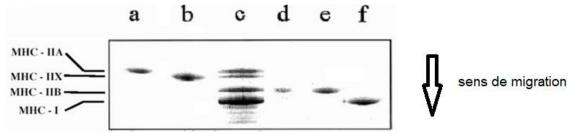
Selon l'activité motrice effectuée, les mouvements mis en jeu s'appuient sur la réalisation de contractions plus ou moins rapides. On cherche à comprendre ce qui détermine la vitesse de raccourcissement des cellules musculaires.

À partir de l'exploitation de l'ensemble des documents et de l'apport des connaissances nécessaires, proposer une hypothèse expliquant les vitesses de raccourcissement différentes des cellules musculaires.

Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.

<u>Document 1</u> : électrophorèse¹ des chaînes lourdes de la myosine de différentes cellules musculaires

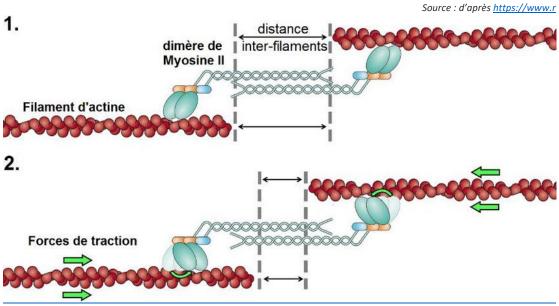
Diverses cellules musculaires sont isolées à partir de muscles de rats ; les chaînes lourdes de myosine (MHC pour « Myosin Heavy Chain ») en sont extraites et subissent une électrophorèse suivie d'une coloration les faisant apparaître en noir. Chacune des pistes a, b, d, e et f correspondant aux MHC extraites d'une seule cellule, cellule venant d'un muscle donné. La piste c révèle les MHC extraites d'un mélange de cellules issues de divers muscles de rats.



Source : d'après Weiss et al., J. Biol. Chem. 276, 49502-45908, 2001

¹électrophorèse : technique permettant de faire migrer dans un champ électrique des molécules chargées électriquement. Plus les molécules sont légères et plus loin elles migrent en partant de la zone de dépôt en haut de l'image.

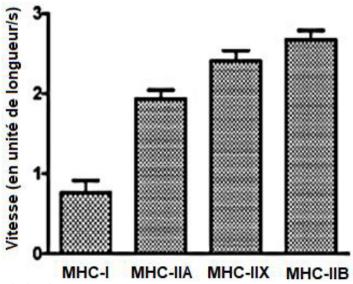
<u>Document 2</u>: intervention de la myosine dans le raccourcissement de la cellule musculaire Lors du raccourcissement d'une cellule musculaire, il y a plusieurs cycles tels que celui décrit ci-dessous qui se succèdent. Plus ces cycles sont nombreux sur une période donnée, et plus le raccourcissement est important.



esearchaate.net

Document 3 : vitesses de raccourcissement des cellules musculaires

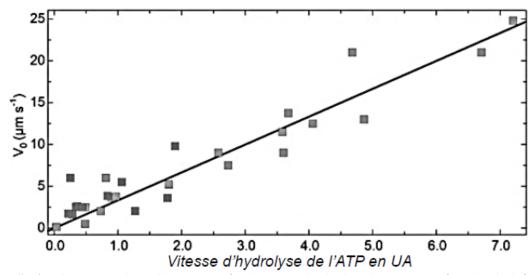
On a établi à quelle vitesse maximale (en unité de longueur par seconde) se raccourcissent les cellules musculaires en fonction de la chaîne lourde de myosine présente (résultats obtenus chez le chien, l'analyse montre que toutes les différences de vitesse entre les fibres sont statistiquement significatives, à l'exception de la différence entre MHC-IIX et MHC-IIB).



Source: d'après https://journals.physiology.org

<u>Document 4</u>: hydrolyse de l'ATP et vitesse de raccourcissement

On a évalué la vitesse du raccourcissement (V0) de cellules musculaires en fonction de la vitesse d'hydrolyse de l'ATP (v) de la myosine qu'elles contiennent. Les résultats ont été obtenus à partir de muscles appartenant à plusieurs espèces de mammifères et contenant différentes sortes de myosine pour la chaîne lourde MHC.

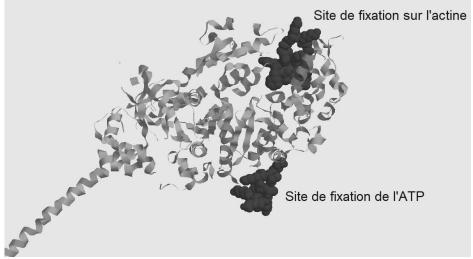


Source : d'après Richard K. Brizendine & all, Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Nevada School of Medicine, Reno, NV 99557

Document 5 : structure de la chaîne lourde de la myosine

<u>Document 5a</u> : représentation tridimensionnelle d'une partie de la « tête » de la chaîne lourde de la myosine.

Grâce à la combinaison de divers résultats d'analyses, des ordinateurs permettent d'élaborer des modèles de la structure spatiale des molécules ; sur la visualisation ci-dessous la chaîne de myosine est affichée en « rubans » sauf deux zones correspondant aux acides aminés de la « boucle 1 », située au niveau du site de fixation de l'ATP et aux acides aminés de la « boucle 2 », située au niveau du site de fixation sur l'actine.



Source: image obtenue avec le logiciel Rastop

Document 5b: rôle des boucles

Les acides aminés de la boucle 1 interviennent directement dans la fixation de l'ATP et son hydrolyse ; les études ont montré peu de différences de fonctionnement entre les boucles 1 des différentes chaînes lourdes de myosine.

Par contre des techniques de biologie moléculaire ont permis de remplacer la boucle 2 d'une chaîne lourde de myosine donnée par une boucle 2 d'une autre forme de myosine : on a alors observé que la vitesse d'hydrolyse de l'ATP est modifiée. Les chercheurs ont proposé que la boucle 2 interviendrait sur la durée pendant laquelle l'actine est attachée à la myosine et donc, indirectement, sur la durée totale d'un épisode de raccourcissement.

Le document ci-dessous présente des extraits de séquences peptidiques alignées des différentes formes de chaînes lourdes de la myosine porcine (chaque lettre correspond à un acide aminé différent ; les tirets correspondent à des acides aminés non présents) ; des acides aminés de chaque forme de chaîne lourde se retrouvent à l'identique dans les mêmes formes de chaînes lourdes d'autres espèces de mammifères.

Boucle 2

MHC-I	618	SNLFANYAGADTPVEKGKGKAKKGSSFQTVSALHREN
MHC-IIA	621	AFLFSGAQTGEAEAGGTKKGGKKKGSSFQTVSALFREN
MHC-2X	621	AFLFTGAAGADAEAGGGKKGGKKKGSSFQTVSALFREN
MHC-IIB	621	AFLFAERQSSEEGGTKKGGKKKGSSFQTVSALFREN

Source : d'après médecine/sciences 1998 ; 14 : 1077-82 et https://www.sciencedirect.com