La cellule musculaire : une structure spécialisée dans son propre raccourcissement

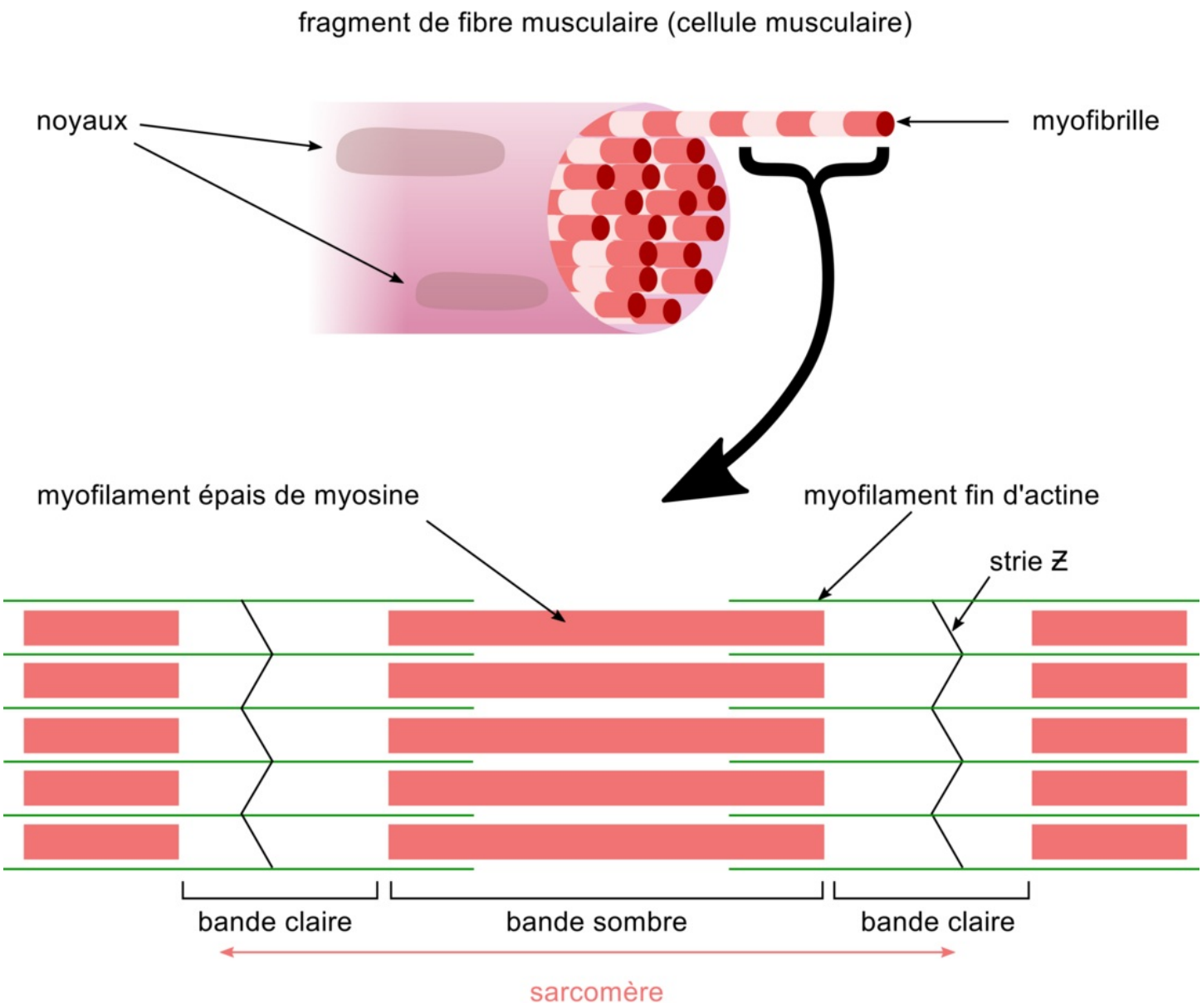
Fiche

La contraction des muscles striés squelettiques, c'est-à-dire attachés au squelette, permet la réalisation du mouvement. Cette contraction nécessite de l'énergie, disponible dans la cellule musculaire sous forme d'ATP (adénosine triphosphate). Quels sont les mécanismes moléculaires qui permettent la contraction musculaire ?

I. Le muscle strié squelettique : des cellules spécialisées dans la contraction musculaire

Un **muscle strié squelettique** est constitué de plusieurs centaines à plusieurs milliers de **fibres musculaires**, groupées en **faisceaux musculaires**. Chaque fibre musculaire mesure de 10 à 100 mm de diamètre et plusieurs centimètres de long. Elle est constituée de l'union de très nombreuses cellules musculaires qui ont fusionné, d'où la présence de plusieurs noyaux dans une seule fibre. Elle est dite striée car elle présente une **striation** perpendiculaire à son axe principal. Le raccourcissement et l'épaississement des muscles lors de la contraction musculaire permettent le mouvement relatif des deux os auxquels ces muscles sont attachés par des tendons.
La cellule musculaire, **cellule spécialisée**, est caractérisée par un **cytosquelette** particulier, composé principalement de deux protéines : **l'actine** et la **myosine**, responsables du raccourcissement de la cellule. Chaque fibre musculaire est constituée de quelques centaines à quelques milliers de **myofibrilles**, présentes sous forme de cylindres allongés. Chaque myofibrille est composée d'unités répétées, les **sarcomères**, qui sont les unités de structure et de fonction du muscle.

Organisation d'une fibre musculaire



Chaque sarcomère contient différentes parties :

- en son centre, une bande sombre (appelé bande A), un peu plus claire en son milieu (bande H) ;

• deux demi-bandes claires (demi-bandes I), placées de part et d'autre de la bande sombre centrale.

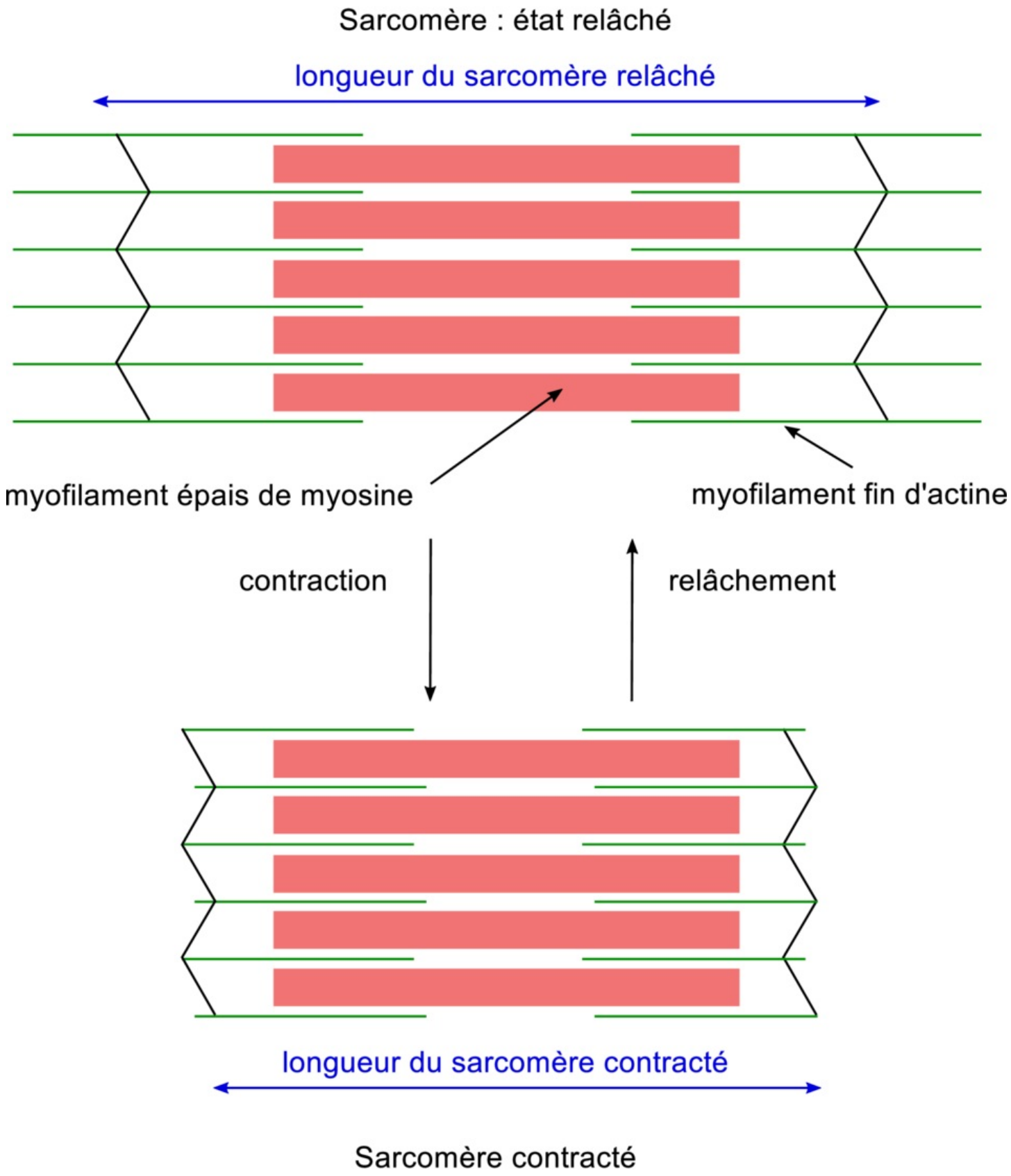
Une strie en forme de zigzag, appelée strie Z, sépare les sarcomères adjacents. Les sarcomères sont constitués de deux types de myofilaments protéiques :

• des **myofilaments épais de myosine**, localisés au niveau de la bande sombre centrale (bande A). Leur diamètre est de 10 nm et leur longueur est 1,5 µm. Chaque molécule de myosine est constituée d'un bâtonnet portant deux têtes ;

• des **myofilaments fins d'actine** présents dans tout le sarcomère sauf en son centre, au niveau de la bande H. Leur diamètre est de 5 nm et leur longueur est 1 µm.

Ainsi, les bandes claires latérales (bandes I) ne contiennent que des filaments fins d'actine, superposés les uns aux autres. La bande centrale sombre (bande A) contient des myofilaments d'actine et de myosine, ce qui explique son aspect foncé. Au niveau de la bande claire centrale (bande H), les myofilaments d'actine sont absents : la seule présence des myofilaments de myosine explique la couleur plus claire de cette bande.

Le sarcomère : unité de structure et de fonction du muscle



II. La contraction musculaire

La contraction musculaire consiste en un **raccourcissement** des différents sarcomères, juxtaposés les uns aux autres le long des fibres musculaires. Ce raccourcissement résulte du **glissement** des myofilaments d'actine et de myosine les uns sur les autres, qui se répète dans le temps et est coordonné sur l'ensemble du muscle. Le raccourcissement des sarcomères s'effectue de manière cyclique et utilise de l'énergie sous forme **d'ATP**.

Le cycle du raccourcissement du sarcomère, à l'origine de la contraction musculaire, s'effectue en 4 grandes étapes et nécessite de l'ATP :

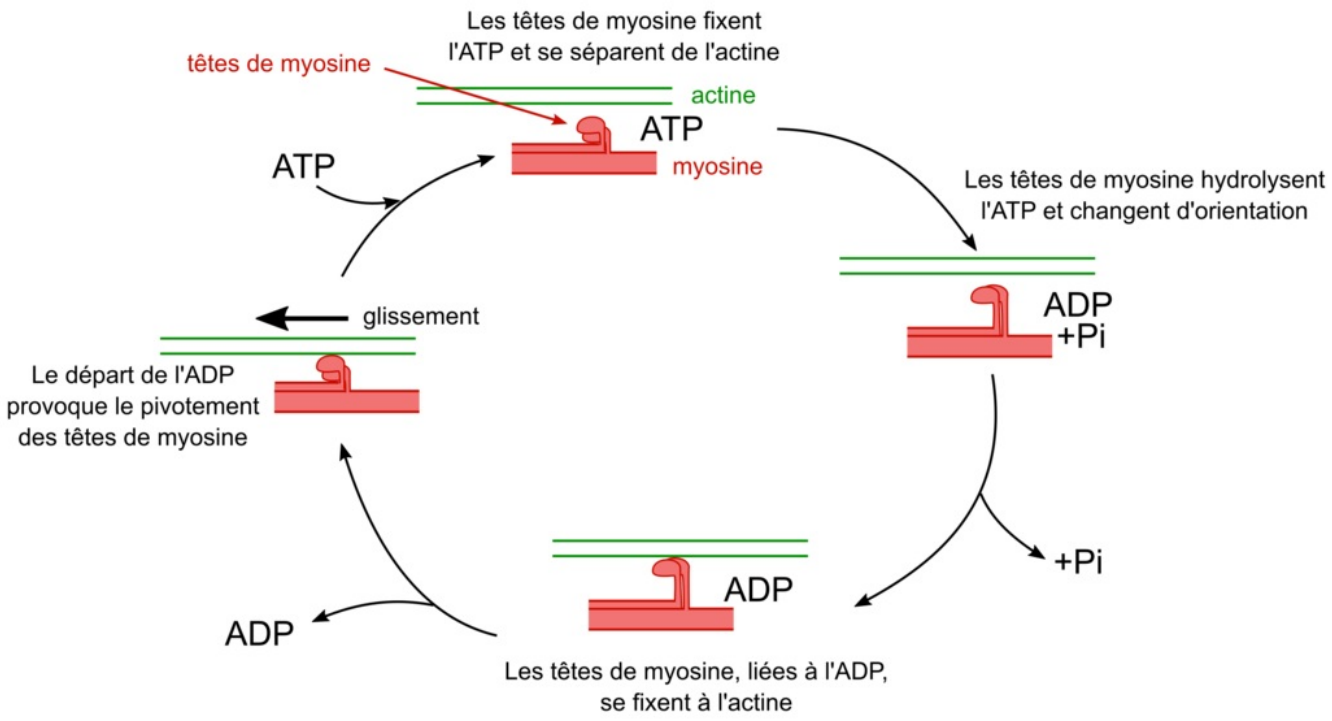
1re étape : attachement de l'ATP sur la tête de myosine. La fixation d'une molécule ATP sur une tête de myosine est nécessaire à la dissociation du complexe formé par l'actine et la myosine ;

2e étape : pivotement de la tête de myosine. L'hydrolyse de l'ATP en ADP (adénosine diphosphate) entraîne le retour de la tête de myosine en position initiale ;

3e étape : départ du Pi. La tête de myosine liée à l'ADP et au Pi peut alors se fixer à l'actine ;

4e étape : départ de l'ADP et raccourcissement du sarcomère. La libération de l'ADP permet le pivotement de la tête de myosine qui entraîne le glissement relatif de l'actine et de la myosine, ce qui provoque le raccourcissement du sarcomère et donc la contraction musculaire.

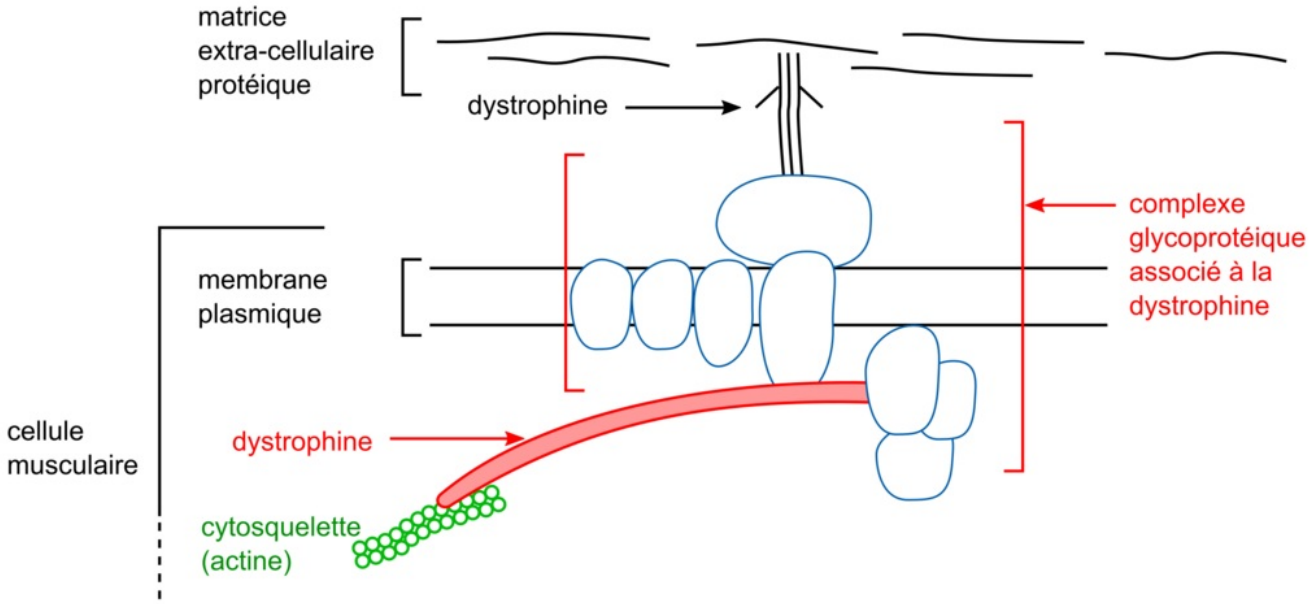
Le cycle de raccourcissement du sarcomère



III. Les myopathies : la myopathie de Duchenne

Les **myopathies** sont les maladies du muscle, caractérisées par une faiblesse musculaire ou une difficulté à pratiquer des exercices musculaires, de manière intermittente ou permanente. Parmi les myopathies, on distingue les **dystrophies musculaires**, des maladies génétiques caractérisées par une **dégénérescence** progressive des muscles squelettiques, mais aussi des muscles lisses et cardiaques. Parmi les dystrophies musculaires, la **myopathie de Duchenne** résulte d'anomalies au niveau de la **dystrophine**, une protéine présente dans les cellules musculaires. Chez l'individu non malade, celle-ci interagit avec le **cytosquelette** de la cellule musculaire et la **matrice extracellulaire**, permettant l'ancrage de la cellule musculaire dans cette matrice. La dystrophine est liée à des filaments d'actine et à plusieurs autres protéines. En particulier, elle interagit avec un complexe protéique constitué de cinq glycoprotéines transmembranaires. Celui-ci est associé à une protéine extracellulaire, liée à la **laminine**, une protéine de la matrice extracellulaire. Différentes **mutations** dans le gène codant la dystrophine sont à l'origine de dystrophines non fonctionnelles. La sollicitation des muscles par le malade endommage les cellules musculaires, provoquant leur dégénérescence progressive. Le gène codant la dystrophine est porté par le chromosome X : la maladie est récessive et n'affecte quasiment que les garçons. Il s'agit d'une **maladie rare** (100 à 150 enfants naissent chaque année en France atteints de cette maladie) et grave. Des traitements de thérapie génique sont en cours afin d'essayer de trouver un traitement.

Fonction de la dystrophine dans la cellule musculaire



Exercice n°1

Exercice n°2

Exercice n°3

Exercice n°4

Notions clés

Les cellules musculaires dans l'organisme

Les cellules musculaires sont également appelées fibres musculaires ou myocytes. Elles regroupent 3 types de cellules, spécialisées dans la contraction :
les cellules musculaires striées squelettiques sont reliées par des tendons au squelette ; leur contraction, sous contrôle nerveux, est responsable des mouvements réflexes et des mouvements volontaires ;
les cellules musculaires striées cardiaques sont capables de se contracter de manière spontanée et rythmée en l'absence de toute commande : elles sont responsables des battements du cœur ;
les cellules musculaires lisses ne présentent pas de striations et sont responsables des contractions involontaires des organes des appareils digestif, respiratoire, circulatoire, urinaire et génital. L'activité des muscles lisses, dont la commande est inconsciente et involontaire, est sous le contrôle du système nerveux autonome.

Zoom sur...

Les accidents du système musculo-squelettique

Des accidents peuvent affecter le muscle à la suite d'une forte contraction ou d'un choc violent. On distingue par ordre de gravité croissante :

• l'élongation (rupture de quelques cellules musculaires) ;

• le claquage (rupture musculaire caractérisée par la destruction de nombreuses cellules musculaires, associée à la rupture de vaisseaux sanguins) ;

• la rupture musculaire (présence d'une boule de masse musculaire au niveau de la rupture).

Les tendons, parties terminales du muscle permettant son insertion sur le squelette, sont souvent le lieu de ces ruptures. La tendinite est une inflammation d'un tendon, après une sollicitation excessive, par exemple.
Des accidents peuvent également toucher les ligaments, structures fibreuses résistantes reliant les os des articulations et orientant leur mobilité. Une entorse est un traumatisme des ligaments consécutive à leur trop forte mobilisation.
La luxation est un déplacement relatif des os participant à l'articulation, qui ne sont alors plus emboîtés. Elle s'accompagne souvent d'une déchirure ou d'une rupture des ligaments. Au niveau de l'articulation est sécrété le liquide synovial qui, par son rôle lubrifiant,

réduit la friction entre les pièces osseuses. Un traumatisme sur l'articulation peut être à l'origine d'un excès de sécrétion du liquide synovial, appelé épanchement de synovie.

© 2000-2025, Miscellane