

C. La contraction musculaire : structure et fonction des microfilaments d'actine et de myosine

I. Généralités sur l'organisation d'un muscle strié

- **Myocyte ou fibre musculaire** : Un myocyte ou fibre musculaire est une cellule musculaire de forme très allongée dont les extrémités sont constituées de filaments de collagène. Chaque fibre musculaire est en contact avec une fibre nerveuse qui commande son activité. La fibre musculaire a deux propriétés fondamentales, l'excitabilité sous l'action stimulatrice de la fibre nerveuse, et la contractilité, résultat ultime de la stimulation. Lorsqu'une fibre musculaire se contracte, sa longueur diminue, ce qui génère un mouvement de rapprochement de ses extrémités.
- **Myofibrille** : Les myofibrilles sont les fibres contractiles, actine et myosine, localisées à l'intérieur de la cellule musculaire. Une myofibrille est composée de zones plus sombres et de zones plus claires. Les zones plus sombres sont en fait des filaments de protéines appelés myosine et les zones plus claires sont des filaments de protéines appelés actine. En coupant la myofibrille entre deux zones claires, on obtient un sarcomère.
- **Le sarcomère** : est l'unité comprise entre 2 bandes Z composée de :
 - Bande I : zone claire composée de filaments d'actine.
 - Bande A : zone sombre composée de filaments d'actine et de myosine.
 - Bande H (milieu de la bande A) composée de filaments de myosine.
 - Les filaments fins sont des filaments d'actine et les filaments épais des filaments de myosine.

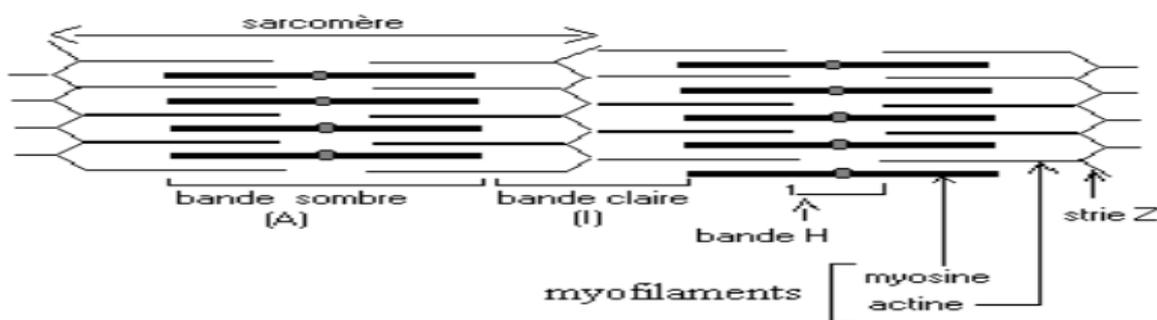


Figure III. Ultrastructure du sarcomère [27].

II. Structure fine des filaments fin et épais

II.1. Les filaments fins

Les filaments fins ont un diamètre d'environ 7 nm et sont constitués de plusieurs types de molécules, l'actine, la tropomyosine et la troponine.

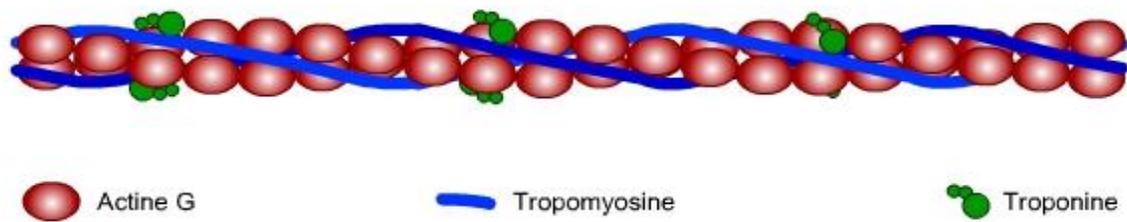


Figure III. Structure d'un filament fin d'actine [28].

-L'actine monomérique : (ou actine G pour Globulaire) est une molécule globulaire de 42 kDa pouvant polymériser pour former des filaments (actine F pour Filamenteuse). Les filaments d'actine sont composés de deux chaînes linéaires qui s'enroulent l'une autour de l'autre pour former une double hélice.

-La tropomyosine : est une protéine allongée homodimérique ou hétérodimérique, chaque monomère étant constitué de 284 acides aminés adoptant une structure en hélice alpha s'enroulant l'une autour de l'autre pour former une superhélice. Elle va se lier à l'actine en se logeant au creux des sillons de la double hélice formée par l'actine. A l'état de repos, les molécules de myosine sont également en contact avec la tropomyosine. A chaque extrémité d'une molécule de tropomyosine, soit un interval correspondant à 7 molécules d'actine, une molécule de troponine vient se lier avec la tropomyosine.

-La troponine : est une molécule composée de 3 chaînes respectivement dénommées troponine-T, troponine-I et troponine-C. Chaque chaîne possède une fonction différente :

- la troponine-T est responsable de la liaison troponine-tropomyosine ;
- la troponine-I possède une activité inhibitrice de l'activité ATPasique de la myosine ;
- la troponine-C possède 4 sites de fixation pour le calcium qui, lorsqu'ils sont occupés, lèvent l'action de la troponine I.

II.2. Les filaments épais

Les filaments épais ont un diamètre d'environ 15 nm et sont essentiellement constitués d'une espèce moléculaire, la myosine.

La myosine est une molécule allongée composée de deux chaînes lourdes (environ 200 kDa chacune) et de quatre chaînes légères (environ 20 kDa chacune). Chaque chaîne lourde est constituée d'une queue C-terminale allongée et fibrillaire en hélice alpha, d'une tête globulaire N-terminale enzymatique à activité ATPasique associée à deux chaînes légères, et d'un domaine cervical déformable reliant les deux extrémités. Tête globulaire et partie cervicale forment la méromyosine lourde, la partie fibrillaire caudale formant la méromyosine légère. Les queues

allongées de deux chaînes lourdes de myosine s'enroulent l'une autour de l'autre en une superhélice, les deux têtes globulaires se trouvant côte à côte.

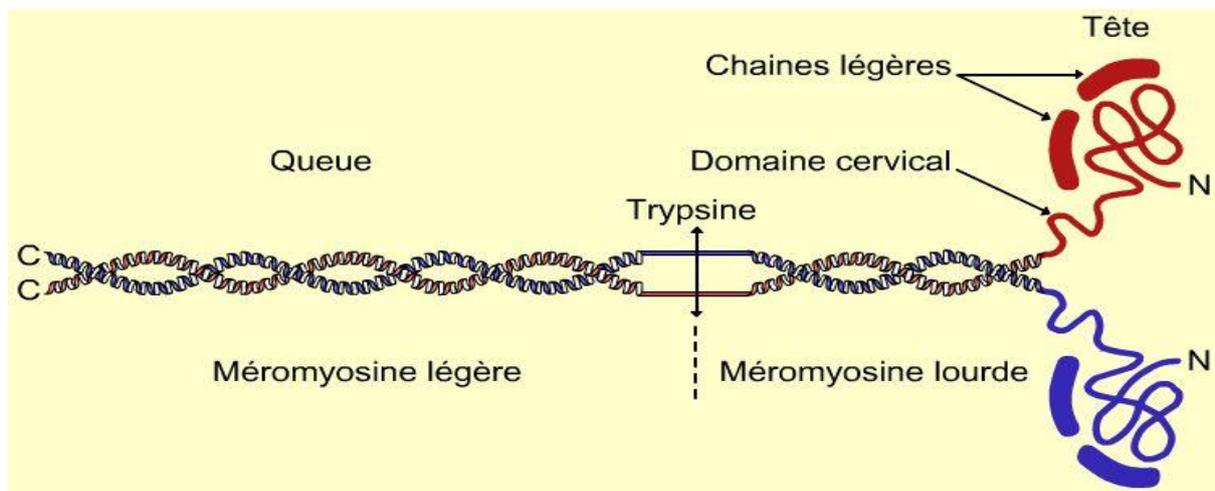


Figure III. Structure de la molécule de myosine [28].

Plusieurs centaines de molécules de myosines s'assemblent pour former un filament épais. Les parties caudales de ces molécules sont rassemblées parallèlement. Les têtes globulaires dépassent en périphérie de ce filament et sont donc disponibles pour pouvoir se fixer aux filaments d'actine. Les molécules de myosine étant disposées en deux groupes tête-bêche, la partie centrale du filament (correspondant à la strie M) est dénudée, c'est à dire dépourvue de tête globulaire.

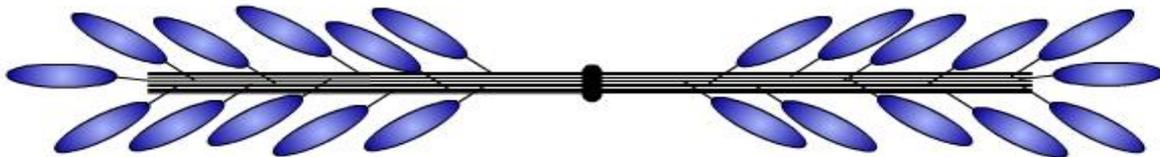


Figure III. Structure d'un filament épais de myosine [28].

III. Le raccourcissement des sarcomères

L'interaction actine/myosine, en présence d'ATP, permet alors le glissement mécanique des filaments fins sur les filaments épais. Ce glissement provoque un raccourcissement sarcomérique et explique la contraction musculaire. Lors d'une contraction, seule la longueur des bandes A (+ strie M) reste inchangée. Inversement les bandes I et H diminuent d'épaisseur dans les mêmes proportions.

Tout se passe à la zone d'interaction entre les têtes de myosine et les filaments d'actine. Au repos, la sous-unité TnI de la troponine est liée à l'actine et le filament de tropomyosine s'interpose entre la tête de myosine et l'actine.

La contraction est déclenchée par les ions Ca^{++} . La fixation de Ca^{++} sur la sous-unité TnC de la troponine provoque la rupture de la liaison entre l'unité TnI et l'actine et modifie la conformation de la molécule. La tropomyosine se déplace légèrement, permettant le contact actine-myosine et la levée de l'inhibition de l'activité ATPase de la tête de myosine. L'hydrolyse d'une molécule d'ATP en ADP fournit l'énergie nécessaire à la mobilisation de la tête de myosine qui interagit avec l'actine, réalisant une traction sur le filament d'actine (de 7 à 10 nm environ).

Cette activité est cyclique. A chaque cycle de contraction, seules quelques têtes de myosine sont impliquées. Le phénomène est rapidement réversible. La fixation d'une nouvelle molécule d'ATP sur la myosine rompt la liaison. Le phénomène peut se répéter si du Ca^{++} est encore présent. Lorsqu'il n'y a pas d'ATP disponible, la liaison actine-myosine est stable. C'est ce qui explique la rigidité cadavérique après la mort.

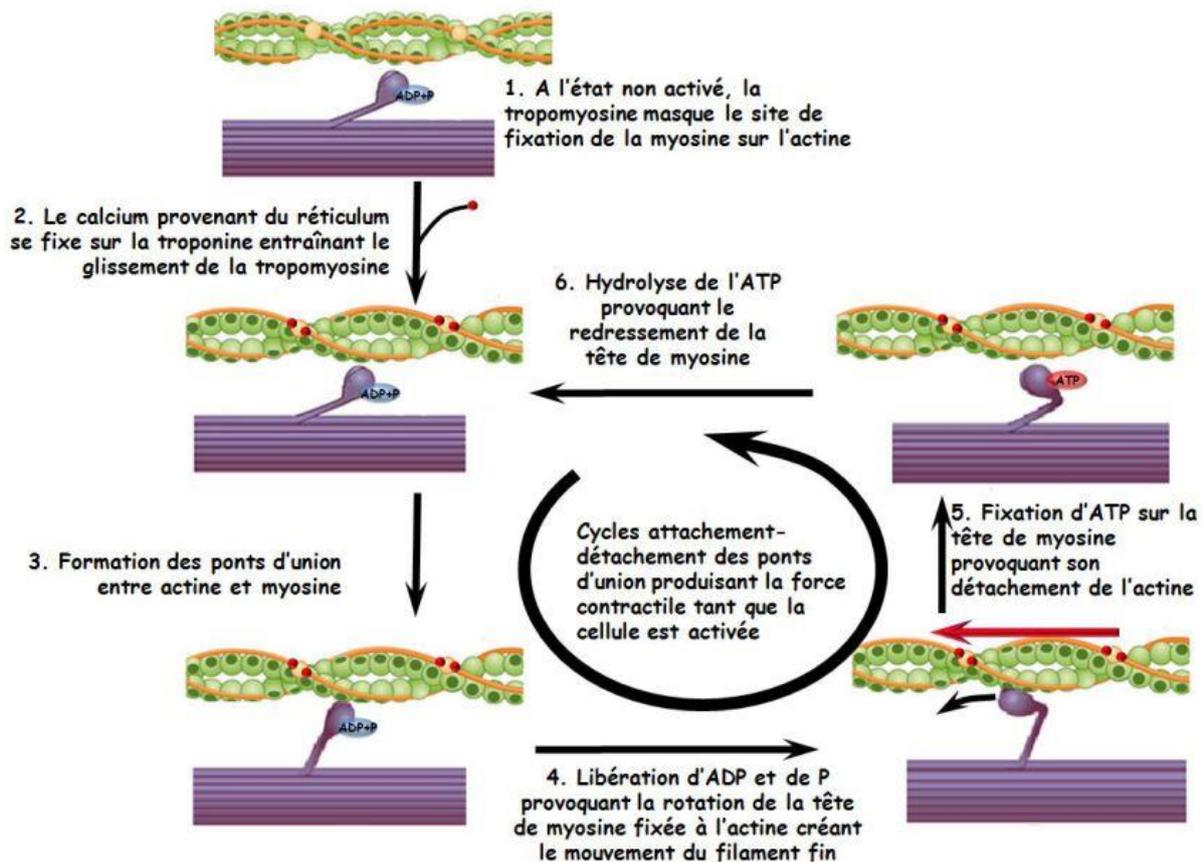


Figure III. Etapes de contraction musculaire [27].