

Le tissu musculaire

Collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes,
cytologistes et cytogénéticiens (CHEC)

Dr. Chantal KOHLER

Date de création du document 2010-2011

Table des matières

I. Le tissu musculaire strié.....	3
I.1 Embryologie	4
I.2 Structure générale	4
I.3 Microscopie optique	4
I.4 Microscopie électronique	5
I.5 Structure moléculaire.....	6
I.6 Contraction musculaire	8
II Embryologie	8
II.1 Embryologie	8
II.2 Structure générale	9
II.2.1 Microscopie optique	9
II.2.1.1 Microscopie électronique	9
II.2.1.2 Structure moléculaire	10
II.3 Contraction musculaire	10
II.3.1 Variétés de cellules musculaires lisses	10
III Le tissu musculaire cardiaque	11
III.1 Microscopie optique	11
III.2 Microscopie électronique	12
III.3 Contraction musculaire	13
IV Annexes.....	14

INTRODUCTION

Le tissu musculaire possède une propriété physiologique, la contractilité, assurée par les cellules musculaires ou myocytes dénommées de façon abusive "fibres" musculaires. Ces cellules sont caractérisées par la présence dans leur cytoplasme de nombreuses myofibrilles composées de myofilaments groupés parallèlement selon le grand axe de la cellule ¹

Il existe **trois types de tissu musculaire** composés de cellules musculaires ou myocytes :

- *Le tissu musculaire strié*, qui dérive des myotomes, est généralement associé au squelette, et est composé de cellules (rhabdomyocytes) qui présentent une striation transversale. Il est à contraction volontaire.
- *Le tissu musculaire lisse*, formé de léiomyocytes, également d'origine mésenchymateuse, est localisé dans la paroi des viscères et des vaisseaux. La contraction des muscles lisses, sous la dépendance du système nerveux végétatif, est involontaire.
- *Le tissu musculaire cardiaque* est composé de cardiomyocytes provenant du mésenchyme. Il est très semblable au tissu musculaire strié et on ne le trouve chez l'Homme qu'au niveau du myocarde. Il se caractérise par son aptitude à se contracter rythmiquement et harmonieusement de façon spontanée. Il est innervé par le système nerveux végétatif : le rythme des battements cardiaques est déterminé par l'activité du noeud sino-auriculaire mais peut être modifié par les influx sympathiques et parasympathiques⁴

I. LE TISSU MUSCULAIRE STRIÉ

L'élément fondamental du tissu musculaire strié est la cellule musculaire squelettique, responsable des mouvements volontaires et du maintien de la posture. Cette cellule est sous l'influence du système nerveux central. La cellule musculaire est caractérisée par une striation transversale résultant de l'organisation des myofilaments. Ceux-ci sont composés de filaments épais : la myosine et de filaments fins : l'actine. La contraction musculaire est permise grâce à l'interaction entre les deux types de filaments : elle est réalisée par le raccourcissement des "fibres" musculaires. Elle résulte du glissement actif des filaments épais de myosine entre les filaments fins d'actine³.

Cellule musculaire striée en coupe longitudinale : mise en évidence de la striation



Kühnel W, Roos J (trad.). Atlas de poche d'Histologie. Paris : Flammarion Médecine Sciences ; 1991.

I.1 EMBRYOLOGIE

Au cours de l'**embryogenèse**, chaque cellule musculaire est formée par la fusion de plusieurs centaines de myoblastes qui s'allongent formant des faisceaux parallèles multinucléés. Les noyaux initialement centraux dans chaque myoblaste se déplacent vers la périphérie et les myofibrilles apparaissent dans le cytoplasme de telle sorte que, chez l'adulte, chaque cellule musculaire constitue un syncytium contenant des centaines de noyaux situés immédiatement sous la membrane plasmique⁴.

I.2 STRUCTURE GÉNÉRALE

Les muscles striés sont formés de cellules musculaires juxtaposées parallèlement, organisées en faisceaux. Le muscle est entouré de tissu conjonctif vasculaire : l'**épimysium** d'où partent des travées conjonctives (formant le **périmysium**) qui divisent le muscle en faisceaux. Ce tissu conjonctif est le support du **réseau vasculaire** et entoure l'ensemble des **éléments nerveux**.

Chaque fibre musculaire est également entourée de tissu conjonctif : l'**endomysium**, provenant du périmysium.

Les cellules musculaires ne se divisent pas. En cas de lésion, elles sont remplacées par division des **cellules satellites**, cellules souches inactives qui ne sont pas visibles en microscopie optique. En microscopie électronique, elles apparaissent petites et fusiformes, situées entre la lame basale et la membrane plasmique des myocytes.

I.3 MICROSCOPIE OPTIQUE

En microscopie optique, les "fibres" musculaires apparaissent comme des éléments allongés, plurinucléés qui présentent une striation transversale régulière. Ces cellules mesurent 10 à 100 μm de diamètre et ont une longueur variable de quelques centaines de μm (muscles oculaires) à plusieurs centimètres pour certains muscles squelettiques.

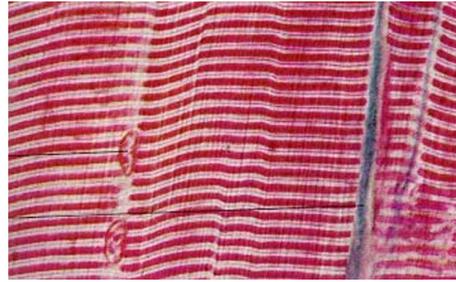
La membrane plasmique

La membrane plasmique entoure la cellule et est doublée d'une lame basale : l'ensemble forme le **sarcolemme**.

Les noyaux

Plusieurs centaines de noyaux sont en périphérie de la cellule contre la membrane plasmique. Ils sont ovoïdes allongés dans le sens de la fibre.

Aspect en microscopie optique de plusieurs faisceaux de cellules musculaires striées apparaissant soit en coupe transversale, soit en coupe longitudinale



Le sarcoplasme

Il est caractérisé notamment par les myofibrilles ainsi que par l'abondance des mitochondries, la présence d'un réticulum sarcoplasmique lisse organisé de façon spécifique.

Les myofibrilles

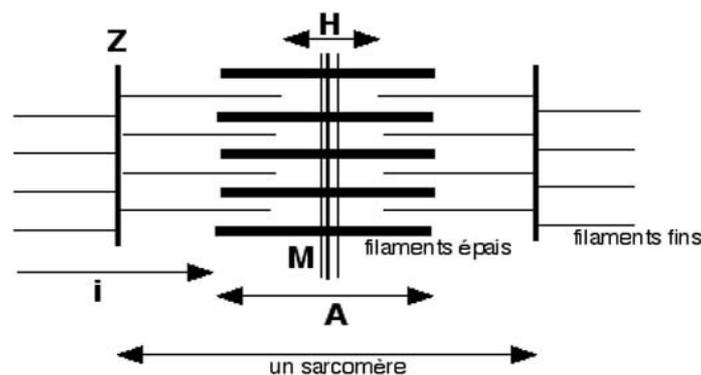
Elles occupent la majeure partie du cytoplasme et se groupent en faisceaux qui forment en coupe longitudinale des colonnes (les colonnes de Leydig) et des polygones en coupe transversale (les champs de Cohnheim). Entre les myofibrilles, des bandes étroites de sarcoplasme contiennent les organites de la cellule. La striation apparaît comme une alternance de bandes claires et de bandes sombres.

I.4 MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE

Les myofibrilles s'organisent des cylindres disposés parallèlement et présentant une striation périodique caractérisée par l'alternance de **bandes sombres A** (anisotropes) et de **bandes claires I** (isotropes). La partie centrale des disques I est marquée par la **strie Z**. La zone plus claire qui apparaît au milieu du disque A est la **strie H** elle même centrée par la **ligne M**.

L'élément répétitif et fonctionnel de base est le **sarcomère** délimité par deux stries Z.

Microscopie électronique



Le réticulum sarcoplasmique est un réticulum lisse disposé en tubules longitudinaux dont l'extrémité est dilatée en regard de la jonction disque A - disque I. Les tubules sont reliés les uns aux autres par des tubules transversaux en regard des stries Z.

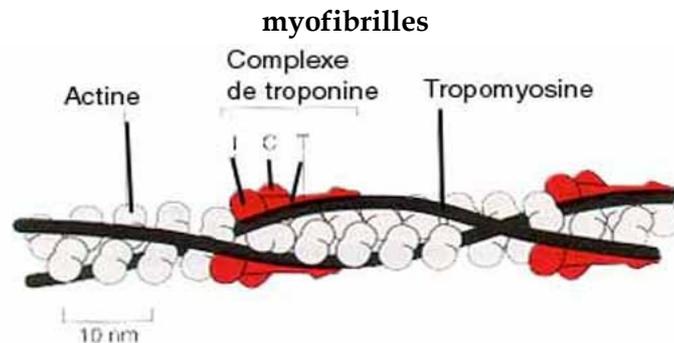
Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

Le système T est un ensemble de canalicules transversaux qui sont des invaginations tubulaires de la membrane plasmique entourant les myofibrilles aux jonctions bande A - bande I. A ce niveau, le système T, associé aux extrémités dilatées du réticulum, forme les **triades**. La lame basale passe en pont au dessus des système T .

Les mitochondries sont nombreuses, entre les myofibrilles et sous la membrane plasmique. Elles assurent l'énergie nécessaire à la cellule.

Le glycogène est relativement abondant, apparaissant sous la forme de particules dispersées dans les bandes de sarcoplasme.

Schéma montrant l'organisation du réticulum sarcoplasmique et du système T autour des myofibrilles

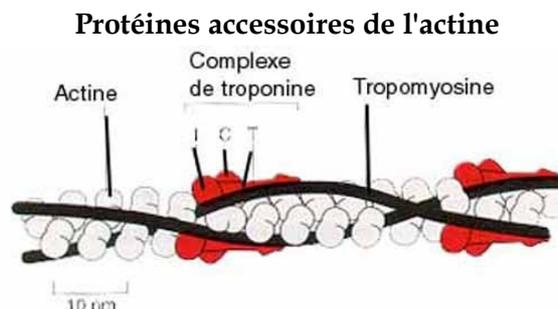


Poirier J, Ribadeau-Dumas JL, Catala M, Gherardi RK, Bernaudin JF. *La contractilité cellulaire. Histologie moléculaire. 5e éd. Paris : Masson ; 1997.*

I.5 STRUCTURE MOLÉCULAIRE

Myofilaments fins

Les myofilaments fins ont un diamètre de 8 nm et sont composés principalement d'actine : chaque filament (actine F) est formé par la polymérisation de nombreuses molécules d'actine globulaire (actine G)⁴.

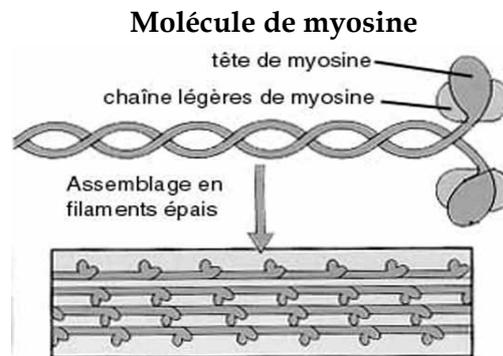


Poirier J, Ribadeau-Dumas JL, Catala M, Gherardi RK, Bernaudin JF. *La contractilité cellulaire. Histologie moléculaire. 5e éd. Paris : Masson ; 1997.*

Ces myofilaments sont fixés deux par deux par leur extrémité caudale sur les stries Z à de l'alpha-actinine et forment une hélice sur laquelle se logent des molécules de tropomyosine (protéine longue en forme de bâtonnet qui s'enroule autour d'un filament d'actine pour le stabiliser et le raffermir) et des complexe de troponine (complexe composé de trois polypeptides différents fixé sur la tropomyosine).

Myofilaments épais

Les filaments épais de myosine sont constitués par l'association de 200 à 300 molécules de myosine native. Chaque molécule a un poids moléculaire d'environ 470 000 daltons et présente une longueur de 140 à 170 nm. Chaque molécule est composée de deux chaînes lourdes en forme de club de golf dont les queues s'enroulent l'une autour de l'autre et de quatre chaînes légères fixées sur les têtes des chaînes lourdes. Plusieurs molécules se rassemblent en rangées régulières pour former le filament.



Stevens A, Lowe J, Copin H (trad.), Collet A (trad.), Validire P (trad.) Cellules contractiles. Histologie. Paris : Éditions Pradel, 1993.

Protéines accessoires

Le fonctionnement du muscle squelet-tique dépend de l'alignement précis des myofilaments d'actine et de myosine dans la myofibrille. Ceci est permis grâce à des protéines qui lient entre eux les myofilaments et leur confère l'élasticité nécessaire qui leur permet de retrouver leur forme initiale après la contraction7 :o L'alpha-actinine qui est située sur la strie Z

- La myoméline qui fixe la myosine dans la région de la strie M
- La titine est une protéine élastique très longue (1 μm) parallèle aux myofilaments qui fixe les extrémités des filaments épais à la strie Z. La titine a des propriétés élastiques.
- La nébuline est également une longue protéine qui s'étend le long des filaments fins dont elle maintient la structure hélicoïdale.
- La desmine (qui fait partie du cytosquelette) lie entre elles les myofibrilles et à la membrane plasmique.
- La protéine C lie la myosine.

Protéines du sarcolemme

Différentes protéines jouent un rôle important dans les relations entre le cytosquelette des cellules musculaires et la matrice extra-cellulaire :

- La dystrophine qui intervient dans les relations entre les myofilaments et un complexe glycoprotéique membranaire.
- Les complexes des dystroglycanes et des sarcoglycanes
- La laminine qui fait le lien avec les éléments de la matrice extracellulaire.

I.6 CONTRACTION MUSCULAIRE

La contraction musculaire se traduit par un **raccourcissement** des "fibres" musculaires qui est visible uniquement au niveau des bandes I alors que les disques sombres gardent une longueur constante⁷ (*Bibliographie : Tissus musculaires. Cours d'Histologie. Paris : Ellipses ; 1996.*). Lors de la contraction musculaire, les myofilaments d'actine glissent entre les myofilaments de myosine. Ce mouvement est commandé par les têtes des molécules de myosine qui se lient puis se détachent de la molécule d'actine et "marchent" ainsi sur les filaments d'actine⁴. Le déplacement de la myosine sur l'actine est possible grâce à l'hydrolyse de molécules d'ATP.

La **régulation** de la contraction musculaire est réalisée par les molécules associées à la molécule d'actine : la **tropomyosine**, au repos masque le site de la liaison actine - myosine ; la libération de ce site est sous l'influence des **ions Ca⁺⁺** initialement contenus dans les citernes du réticulum sarcoplasmique. L'**influx nerveux**, provoque une dépolarisation de la membrane plasmique qui s'étend le long des membranes du système T puis est transférée au réticulum par l'intermédiaire des triades. La dépolarisation du réticulum provoque la libération du Ca⁺⁺ qui active la contraction musculaire⁵.

II EMBRYOLOGIE

Les cellules musculaires lisses possèdent des myofibrilles homogènes, moins organisées que celles des muscles striés. Elles sont groupées en faisceaux pour former les **tuniques** musculaires des **organes creux** (appareil digestif, voies urinaires, appareils génitaux...), les **parois des vaisseaux** sanguins. Elles sont soumises à des contractions lentes et soutenues, non contrôlées par la volonté.

II.1 EMBRYOLOGIE

Les cellules musculaires lisses sont d'origine mésenchymateuse. Au cours de la différenciation, les cellules mésenchymateuses s'allongent et s'effilent puis s'enrichissent progressivement en myofilaments¹.

II.2 STRUCTURE GÉNÉRALE

II.2.1 Microscopie optique

La cellule musculaire lisse est **fusiforme** avec un corps cellulaire renflé et deux extrémités effilées. Sa longueur varie de 15 (au niveau des petits vaisseaux sanguins) à 500 μm (au niveau de l'utérus). Chaque cellule possède un **noyau central** de forme elliptique situé dans un fuseau sarcoplasmique axial dépourvu de myofibrilles et où se trouvent les organites de la cellule notamment de nombreuses mitochondries^{4,7}. Chaque cellule est entourée du sarcolemme formé de la membrane sarcoplasmique et de la lame basale et contient des **myofilaments** orientés selon le grand axe de la cellule.

II.2.1.1 Microscopie électronique

La cellule musculaire lisse ne présente pas de myofilaments hautement organisés comme dans la cellule musculaire striée mais elle possède un ensemble de faisceaux irréguliers de **protéines contractiles (myofilaments fins et épais)** qui s'entrecroisent dans le sarcoplasme et s'insèrent sur des points d'ancrage (**corps denses**) situés soit au niveau de la membrane plasmique, où ils sont comparables à des systèmes de jonctions adhérentes, soit au sein du sarcoplasme.

Les cellules musculaires lisses communiquent entre elles par des **jonctions communicantes** (appelées aussi nexus) qui permettent notamment la diffusion de l'excitation entre les cellules.

Le sarcolemme est le siège de nombreuses **invaginations** qui forment des structures semblables aux vésicules d'endocytose qui seraient l'équivalent des triades du système T des cellules musculaires striées.

Coupe longitudinale de cellules musculaires lisses : noyaux en position centrale, myofilaments)



La fibre musculaire lisse possède d'autre part un **cytosquelette** formé de filaments intermédiaires à prédominance de **desmine** dans les tuniques des viscères et de **vimentine** au niveau des vaisseaux sanguins. Les filaments intermédiaires s'insèrent sur les corps denses.

Le **réticulum sarcoplasmique** est peu développé. Il intervient dans les mouvements intracellulaires du Ca^{++} .

II.2.1.2 Structure moléculaire

Myofilaments fins

Ce sont des filaments d'actine (isoforme spécifique du muscle lisse) qui s'insèrent au niveau des corps denses du sarcolemme. Ils sont liés à de la tropomyosine mais il n'y a pas de troponine.

Myofilaments épais

Les myofilaments épais sont composés de myosine qui est d'un type différent de celui des cellules musculaires striées. Ces filaments sont instables et ne se formeraient que lorsque la fibre subit une excitation, par polymérisation des molécules de myosine dispersées dans le sarcoplasme. Les myofilaments épais sont beaucoup moins nombreux que dans la cellule striée (environ 1 pour 12 myofilaments fins)⁷.

II.3 CONTRACTION MUSCULAIRE

La contraction du tissu musculaire lisse est différente de celle du muscle strié. Elle est dépendante des ions Ca^{++} mais le contrôle des mouvements calciques est différent du muscle strié : les ions Ca^{++} libres sont sequestrés dans le réticulum sarcoplasmique puis sont libérés au moment de l'excitation de la membrane cellulaire. Dans le sarcoplasme, ils se lient à une protéine appelée calmoduline. Le complexe ainsi formé active une enzyme située sur la chaîne légère de la myosine qui peut ainsi se lier à l'actine. Les deux protéines peuvent ensuite interagir d'une manière identique à ce qui se passe dans le muscle strié⁴.

II.3.1 Variétés de cellules musculaires lisses

Myocytes viscéraux

Les cellules musculaires lisses qui forment les parois des organes creux (tube digestif, voies excrétrices urinaires, utérus) sont identiques à la cellule décrite ci-dessus. Il peut cependant exister des variations en fonction des localisations : les myocytes de la vessie ne comportent que de très rares jonctions communicantes. Celles-ci apparaissent en fin de grossesse dans les myocytes utérins³.

Myocytes des parois vasculaires

Les cellules musculaires que l'on trouve dans la paroi des vaisseaux sont sensiblement différentes notamment par leurs protéines du cytosquelette (vimentine / desmine). Sur le plan morphologique, ce sont des cellules aux extrémités trapues qui présentent des prolongements destinés à leur insertion sur les lames élastiques des parois artérielles.

Péricytes

Ce sont également des cellules fusiformes que l'on trouve autour des capillaires et des veinules. Elles sont entourées d'une lame basale et possèdent des filaments d'actine et de

myosine dans leur cytoplasme⁴.

Cellules myoépithéliales

Ce sont des cellules aplaties entourant les acinus et les canaux excréteurs des glandes exocrines. contenant des protéines contractiles et des filaments intermédiaires de desmine. Autour des acinus, elles ont une forme étoilée et forment un réseau contractile qui enserre les cellules sécrétrices ; autour des canaux, elles sont fusiformes et entourent les cellules excrétrices comme les cercles d'un tonneau⁴.

Myofibroblastes

Les myofibroblastes sont des cellules fusiformes semblables aux fibroblastes. Elles sécrètent du collagène mais ont des propriétés contractiles grâce à l'actine et à la desmine mises en évidence dans leur cytoplasme⁴.

III LE TISSU MUSCULAIRE CARDIAQUE

Comme les cellules musculaires striées, les cellules du muscle cardiaque (ou cellules **myocardiques**) possèdent des myofilaments d'**actine** et de **myosine** mais elles diffèrent des précédentes par différents points :

- les cellules musculaires cardiaques sont **mononucléées**
- elles sont beaucoup **plus courtes systèmes de jonction**
- les cellules satellites n'existent pas et de ce fait, la **régénérescence impossible**

III.1 MICROSCOPIE OPTIQUE

Les cellules myocardiques sont allongées s'associent les unes aux autres pour former des travées anastomosées séparées les unes des autres par du **tissu conjonctif très vascularisé**. Sur ces travées, on retrouve une striation identique à celle du muscle strié liée à la présence des myofibrilles d'**actine** et de **myosine**. Il existe également des densifications transversales : les **traits scalariformes** d'Eberth qui correspondent aux systèmes de jonction liant les extrémités des cellules entre elles.

III.2 MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE

Photographie en MET qui montre deux cellules myocardiques avec de très nombreuses mitochondries

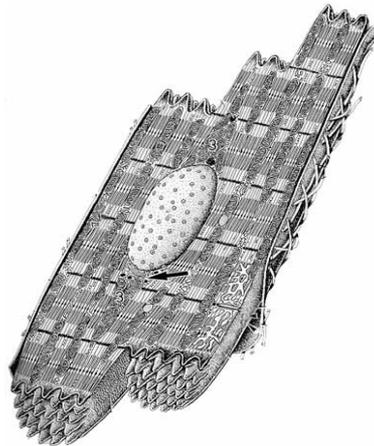


A noter un capillaire dans le tissu conjonctif séparant les deux cellules

La cellule musculaire cardiaque mesure 15 à 20 μm de diamètre et environ 100 μm de longueur. Elle possède un noyau central et est entourée d'un **sarcolemme**.

- La majeure partie du sarcoplasme est occupée par les **myofibrilles**

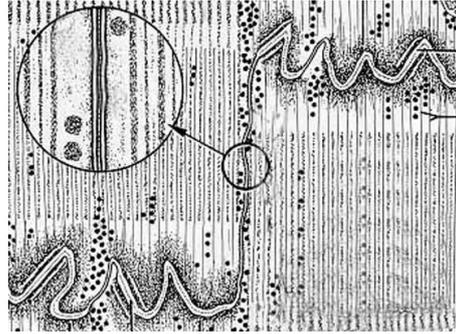
Vue tridimensionnelle d'une cellule myocardique isolée avec ses extrémités en marches d'escalier



- *Les traits scalariformes*

L'extrémité de la cellule est en "marche d'escalier" formant une succession de segments longitudinaux situés entre les faisceaux de myofibrilles et de segments transversaux situés à la place des stries Z. Les filaments d'actine viennent se terminer à ce niveau et s'associent au sarcolemme par une plaque dense formant une **jonction adhérente** s'accrochant ainsi à chaque extrémité de la cellule.

La partie transversale du trait scalariforme montre des prolongements qui s'imbriquent avec ceux des cellules voisines. La partie longitudinale est le siège de jonctions de type nexus



Sur la partie longitudinale du trait scalariforme, se trouvent des **jonctions communicantes** ou nexus qui facilitent le passage de l'excitation membranaire.

- Le système en T

Le sarcolemme s'invagine pour donner naissance à des tubules T beaucoup plus larges que dans la cellule striée et situés en regard des stries Z. Ils sont reliés entre eux par des tubes longitudinaux et s'associent aux tubules du réticulum sarcoplasmique, qui ne possèdent pas de citernes terminales. Il se forme ainsi des diades.

III.3 CONTRACTION MUSCULAIRE

La contraction du muscle cardiaque est contrôlée par la concentration en ions Ca^{++} d'une façon identique à celle de la cellule musculaire striée mais :

- Le système T est formé d'invaginations plus volumineuses
- Le réticulum sarcoplasmique est moins régulier et moins bien organisé
- Les diades sont en regard des stries Z et non pas en regard de la jonction A-I
- La propagation de l'onde de contraction dans l'ensemble du myocarde est assurée par les jonctions de type nexus des traits scalariformes.

L'activité contractile permanente nécessite un besoin énorme d'énergie et donc une **vascularisation** importante. Celle-ci est apportée par les artères coronaires droite et gauche : A gauche, l'artère coronaire se divise en deux branches principales qui irriguent la face antérieure du coeur. L'artère coronaire droite irrigue la face postérieure.

IV ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Dadoune JP, Hatt PY. : Le muscle. In : Coujard R, Poirier J, Racadot J. Précis d'Histologie humaine. Paris : Masson ; 1980.
- (2) Kühnel W, Roos J (trad.). : Atlas de poche d'Histologie. Paris : Flammarion Médecine Sciences ; 1991.
- (3) Poirier J, Ribadeau-Dumas JL, Catala M, Gherardi RK, Bernaudin JF. : La contractilité cellulaire. Histologie moléculaire. 5e éd. Paris : Masson ; 1997.
- (4) Stevens A, Lowe J, Copin H (trad.), Collet A (trad.), Validire P (trad.) : Cellules contractiles. Histologie. Paris : Éditions Pradel, 1993.
- (5) Poirier J, Ribadeau-Dumas JL. : Les tissus musculaires. Histologie. Paris : Masson ; 1993.
- (6) Krstic RV. : Atlas d'Histologie Générale. Paris : Masson ; 1988.
- (7) Grignon G. : Tissus musculaires. Cours d'Histologie. Paris : Ellipses ; 1996.