الأنسجة العضلية Muscular tissues

- **تتكون من خلايا تسمى بالألياف العضلية Muscle fibers .**
- **تنشأ الخلايا العضلية من الخلايا المكونة لها Myoblastsفي المرحلة الجنينية.**
- **تنشأ الألياف العضلية من الميزودرم فيما عدا القليل منها مثل عضلات قزحية العين التي تنشأ من الإكتودرم.**
- **لها عدة وظائف فهي المسؤولة عن حركة الحيوان وحركة الأحشاء وحركة عضلة القلب وحركة اللسان في الإنسان.**
- **ومن وظائفها انتاج قدر من الحرارة الناتجة من تقلصها تسهم في ثبات حرارة الجسم .**
- **تعتبر المصدر الرئيسي والهام للبروتين الحيواني للإنسان.**

- للألياف العضلية غشاء خلوي يسمى الغشاء اللحمي Sarcolemma وسيتوبلازم لحمي Sarcoplasm وتحتوي على خيوط عضلية دقيقة Myofilaments يتكون بعضها من المايوسين Myosine والبعض الآخر من الأكتين Actin التي تعتبر عناصر التقلص في الليفة وقد تنتظم في لييفات عضلية Myofibrils كما في العضلات المخططة أو غير منتظمة كما في العضلات الملساء .

- يوجد في سيتوبلازم الليفة العضلية كميات كبيرة من الشبكة الإندوبلازمية التي تكون منتظمة في الألياف العضلية المخططة مكونة أكماما حول الليفات وتسمى بالشبكة اللحمية Sarcoplasmic reticulum .
- يوجد في الألياف العضلية مادة صبغية تسمى المايوجلوبين علاوة على باقي العضيات الأخرى (الميتوكوندريا – أجسام جولجي – الريبوسومات – الليسوسومات) كما تحتوي على الجليكوجين وبعض الحبيبات الدهنية .

- تصنف حسب وجود أو عدم وجود خطوط عرضية إلى ما يلي :

١- ألياف عضلية مخططة وهي نوعان :

أ- ألياف هيكلية : ترتبط بالهيكل الداخلي (إرادية) .

ب- ألياف قلبية : توجد في جدار القلب (غير إرادية) .

٢- ألياف غير مخططة (ملساء) وتوجد في جدر الأحشاء (غير إرادية) .

الألياف الهيكلية : Skeletal muscle fibres

- هي ألياف اسطوانية الشكل طويلة تظهر بالمجهر الضوئي مخططة بخطوط داكنة بالتبادل مع خطوط مضيئة وتوجد عادة مرتبطة بالعظام أو الغضاريف أو أنسجة ليفية قوية ويتحكم الكائن في تقلص هذه الألياف .

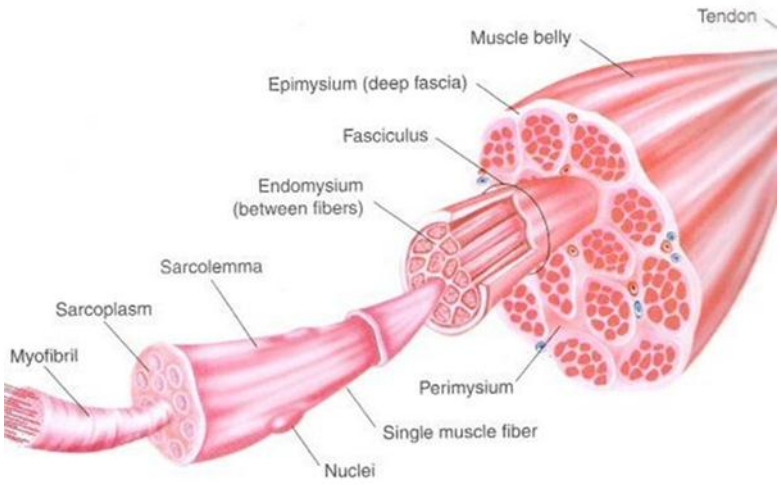
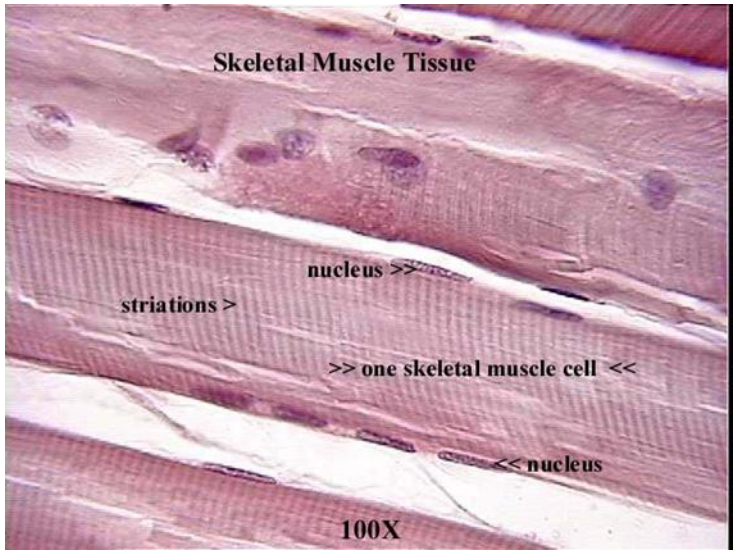


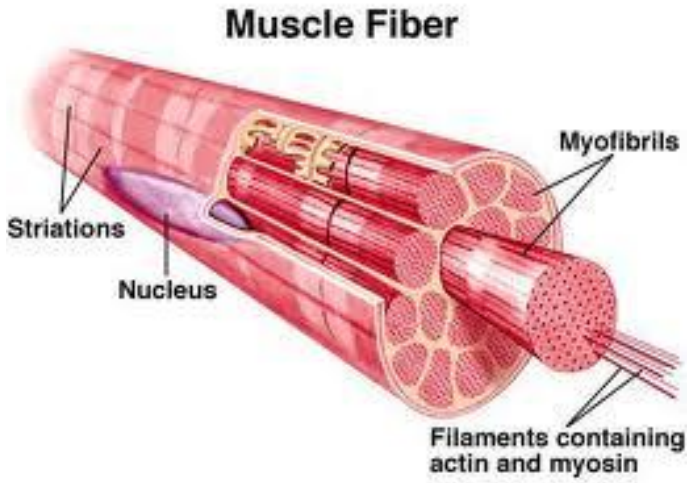
Figure 1: Muscle belly split into various component parts (from Essentials of Strength Training & Conditioning, National Strength & Conditioning Association)

- تغلف الليفة بطبقة رقيقة من النسيج الضام الفجوي يسمى غلاف الليفة Endomysium يفصل بين الألياف المتجاورة ويحتوي على الشعيرات الدموية ونهايات الأعصاب الحركية.
- تتجمع الألياف لتكون حزما مختلفة السمك يحاط كل منها بطبقة من النسيج الضام الليفي الذي يسمى غلاف الحزمة Perimysium .
- تتجمع الحزم مع بعضها لتكون العضلة والتي تحاط بنسيج ضام ليفي يسمى غلاف العضلة Epimysium.
- تتجمع الأغلفة في نهايتي العضلة لتكون الأوتار Tendons والتي تتحد مع غلاف العظم وألياف شاربي عند منشأ ومندغم العضلة.

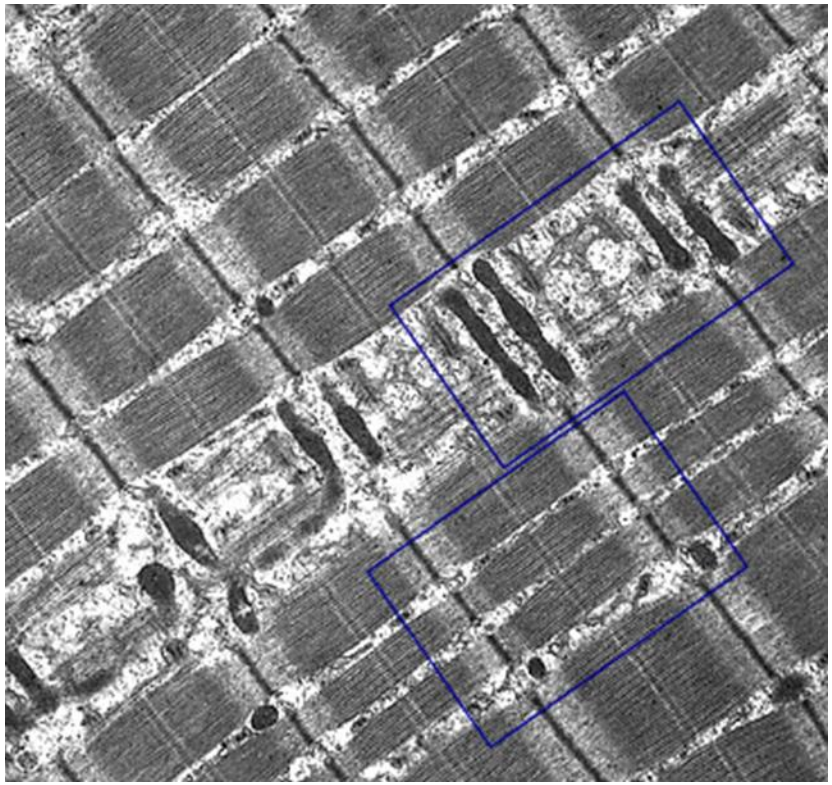
التركيب المجهري لليفة العضلية الهيكلية

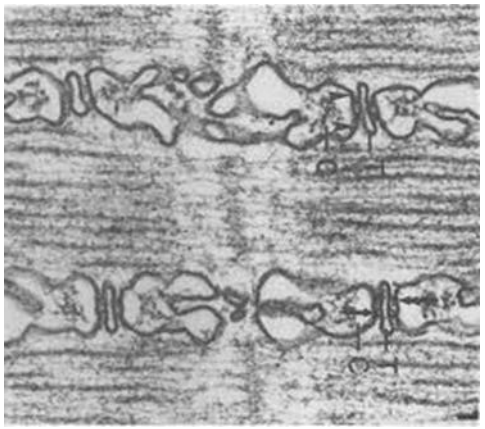
- تتكون من الليفات العضلية التي توجد في السيتوبلازم في مجموعات مرتبة بطول الليفة تسمى أعمدة كونهيم Conheim`s columns يوجد فيما بينها كمية قليلة من السيتوبلازم.
- يوجد في الليفة العضلية عدد من الأنوية والأنوية طويلة اسطوانية داكنة الاصطباغ توجد أسفل غشاء الخلية ويحيط بها كمية من السيتوبلازم الذي يحتوي على عضيات الخلية .





- تحيط الشبكة الاندوبلازمية الملساء بكل ليفة وتتراص معظم الميتوكوندريا بين الليفات لذلك هي طويلة ورفيعة .
- يحتوي السيتوبلازم على كميات متفاوتة من مادة المايوجلوبين الحمراء.





- **تقسم الألياف العضلية الهيكلية إلى ثلاثة أنواع حسب كمية المايوجلوبين الموجودة بها :**

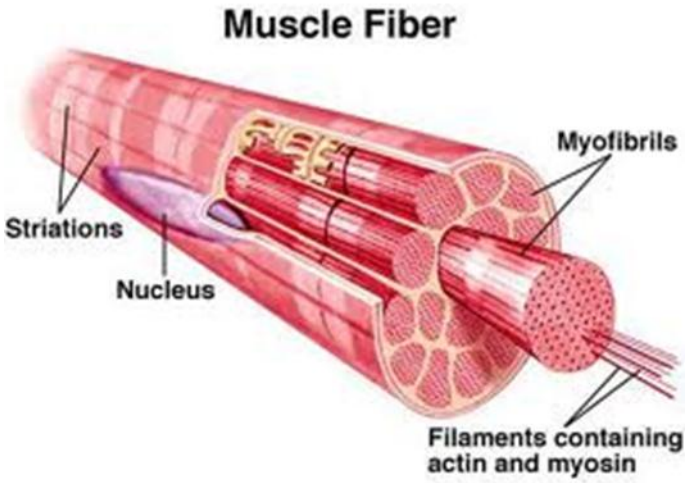
١- ألياف حمراء (داكنة) :
هي ألياف رفيعة داكنة تحتوي على أعداد كبيرة من الميتوكوندريا النشطة ذات الأعراف الأنبوبية كما تحتوي على كمية كبيرة من المايوجلوبين والجلايكوجين وعدد أقل من الليفات . تنقبض هذه الألياف ولا تصاب بالتعب سريعاً ومن أمثلتهاعضلات الصدر في الطيور الطائرة .

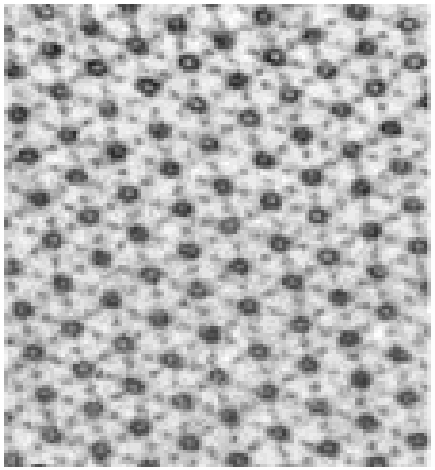
٢- ألياف بيضاء (فاتحة) :
هي ألياف اكثر سمكاً يمتلئ سيتوبلازمها بالليفات لذلك تظهر مخططة بشكل أكثر انتظاما ولكن تحتوي على كمية قليلة من المايوجلوبين والجليكوجين وأعداد قليلة من المايتوكوندريا . تنقبض بقوة لكثافة عدد الليفات لكنها تصاب بالتعب سريعاً لقلة الطاقة المتاحة لها . ومن أمثلتها العضلات الصدرية في الطيور الداجنة.

٣- ألياف وسط بين النوعين :
وهي بين الألياف الحمراء والالياف البيضاء من حيث التركيب والوظيفة.

تتركب عضلات الإنسان من خليط من الأنواع الثلاثة وتختلف نسبها من عضلة إلى أخرى حسب وظيفة العضلة .

التركيب الدقيق للألياف الهيكلية :





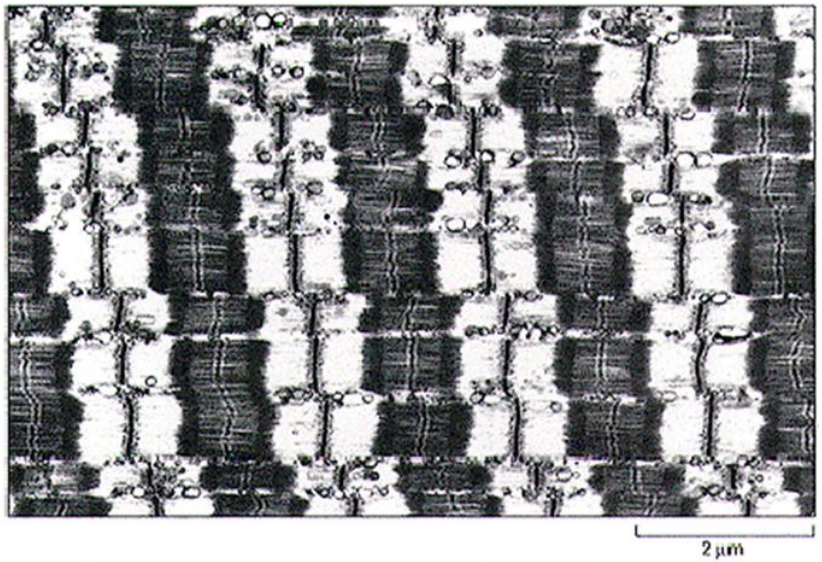
- الليفة هي المسؤولة عن التقلص في الألياف العضلية المخططة.

- تتكون الليفة من نوعين من الخيوط البروتينية تترتب طوليا بطريقة منظمة ودقيقة .

- تظهر الخيوط في المقطع العرضي منتظمة في شكل سداسي بحيث يحيط بكل خيط سميك (مكون من المايوسين وقطره ١٥ نانومتر)ستة خيوط رفيعة (مكونة من الأكتين وبروتينات أخرى وقطره ٥ نانومتر) على أركان مسدس متساوي الأضلاع يكون الخيط السميك في مركزه ، وكل خيط رفيع يقع في مركز مثلث متساوي الأضلاع يقع عند كل رأس من رؤوسه الثلاثة خيط سميك .

- تنقسم الليفة طوليا إلى قطع عضلية sarcomeres متساوية الطول بواسطة أقراص Z وهذه القطع تمثل الوحدات التقلصية في الليفة .

- تتكون القطعة من منطقة وسطى داكنة تسمى المنطقة A (غير المتجانسة Anisotropic طولها 1.5 ميكرون يوجد على كل من جانبيها منطقة مضيئة تسمى المنطقة I (المتجانسة Isotropic) وطولها 2 ميكرون ويقع القرص Z في منتصفها .



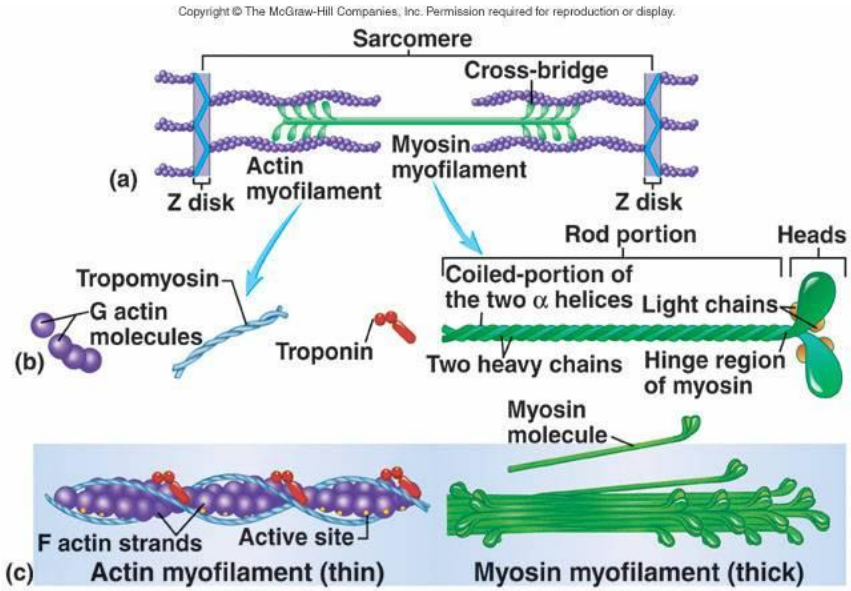
- تتكون المنطقة I كلية من الخيوط الرفيعة لذلك فهي متجانسة .

- تتكون المنطقة A من الخيوط السميكة وأطراف الخيوط الرفيعة التي تتداخل معها إلى مسافة على كل جانب لذا يكون الجزء الأوسط من المنطقة A أقل دكانة ويسمى المنطقة H وتوجد به خيوط سميكة فقط .

- ترتبط الخيوط الرفيعة بالقرص Z وتترابط الخيوط السميكة مع بعضها في وسط المنطقة H بخيوط بروتينية عرضية كثيفة مكونة الخط M .

الخيوط السميكة

- تتكون من المايوسين .
- يشبه جزئ المايوسين مضرب الهوكي رأسه البيضاوي لديه القدرة على التحرك على الساق الرفيعة .
- تلتف جزيئات الميوسين لتكون الخيط السميك بحيث تكون المنطقة H منه خالية من الرؤوس.
- تبرز الرؤوس عند طرفي الخيط في اتجاه الخيوط الرفيعة مكونة الخطاطيف .
- تحتوي الرؤوس على إنزيم ATPase .



الخيوط الرفيعة

- تتكون من حبيبات بروتينية هي الأكتين التي تكون سلسلتين ملتفتين على بعضهما . ويوجد في تجويف الالتفاف بروتين بشكل عصي متساوية الأطوال (tropomyosin) يوجد عند أطرافها بروتين كروي (troponin). وتتأثر العلاقة بين هذه البروتينات بوجود أو غياب أيونات الكالسيوم.

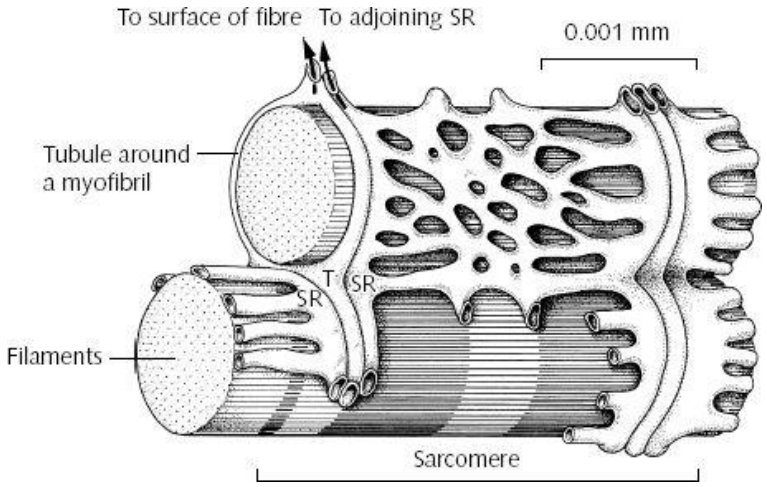
sarcomere
myofibril
mitochondria
myofibril
A-band
Z-line
A-band
A-band
I-band
I-band

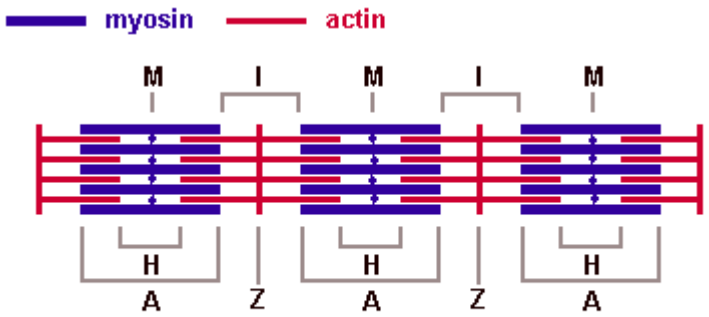
الشبكة الاندوبلازمية اللحمية Sarcoplasmic reticulum

- هي شبكة اندوبلازمية تتكون من أكمام ممزقة تحيط بالليفات العضلية وتتكون من أغشية ملساء تحيط بتجويف يحتوي على أيونات الكالسيوم .

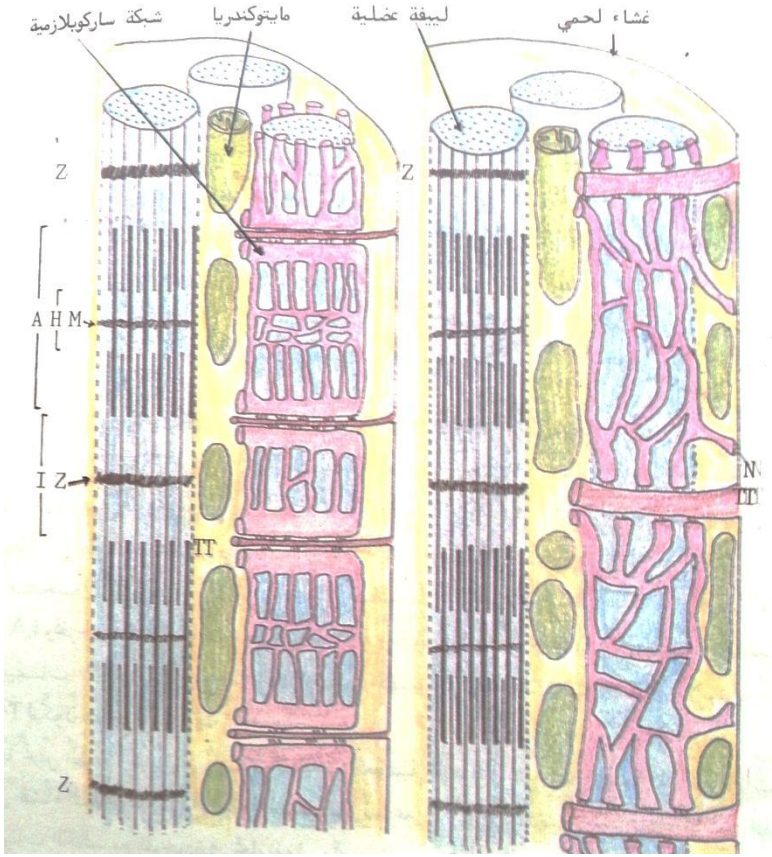
دورها في انقباض العضلة :

- تنتشر السيالات العصبية نتيجة حفز الليفة العضلية بواسطة النهايات العصبية المحركة على غشاء الليفة ومنه إلى الأنيبيبات المستعرضة ثم عبر الازدواج الكهربي إلى غشاء الأكمام الذي يصبح منفذا لأيونات الكالسيوم التي تخرج إلى سيتوبلازم الليفة .
- تتحد أيونات الكالسيوم مع بعض بروتينات الخيوط الرفيعة فيحدث إعادة ترتيب باقي بروتيناتها بحيث تصبح حبيبات الأكتين مقابلة وقريبة من خطاطيف الخيوط السميكة التي تتحد معها وتتحرك في اتجاه المنطقة H وتجر الخيوط الرفيعة في هذا الاتجاه لتتداخل أكثر مع الخيوط السميكة وأثناء ذلك تتفكك جزيئات ATP لنتج جزيئات ADP والطاقة اللازمة لعملية الانقباض.
- بتداخل الخيوط الرفيعة داخل المنطقة A تقصر القطعة العضلية وتقصر تبعا لها الليفة والليفة والعضلة ككل.
- عند انتهاء الحفز العضلي تسحب أغشية الشبكة أيونات الكالسيوم من السيتوبلازم ثم تتحرر الخيوط الرفيعة وتعود الليفة إلى طولها الأصلي وترتخي العضلة.



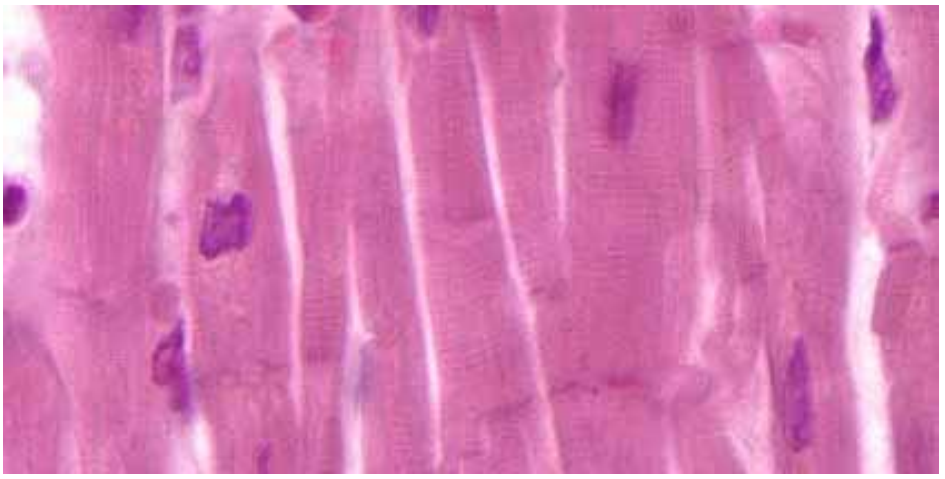


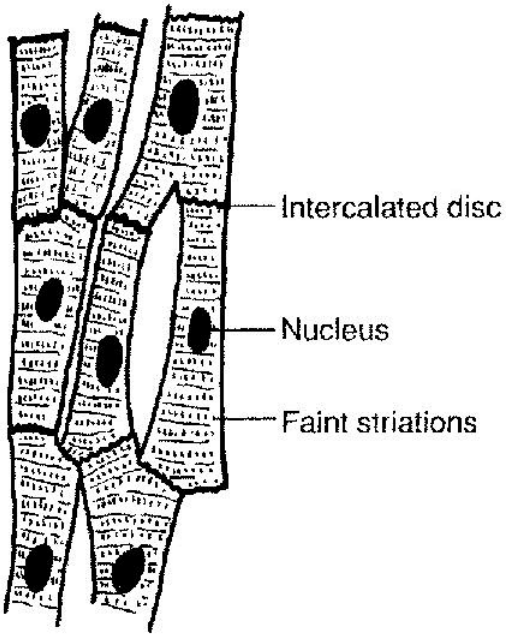
Bands and lines in the contractile apparatus of skeletal muscle



الألياف العضلية القلبية Cardiac muscle fibers

- يكون هذا النوع من الألياف عضلة القلب.
- تتفرع وتتشابك لتكون شبكة متصلة من الخلايا حتى يمكن للسيال العصبي الانتشار إلى جميع الخلايا لتتقلص في آن واحد.
- الليفة العضلية قصيرة واسطوانية الشكل وأقل قطرا من الليفة الهيكلية وتحتوي على نواة واحدة أو اثنتان في المنتصف يحيط بها كمية من السيتوبلازم يحتوي على العضيات الأساسية .
- يحتوي السيتوبلازم على الليفات المخططة بينها أعداد كبيرة من الميتوكوندريا الطويلة ويحيط بها الشبكة الاندوبلازمية اللحمية .
- تحتوي الألياف على كمية كبيرة من الميوجلوبين كما في الألياف الهيكلية.
- يفصل بين الألياف المتتابعة خط متدرج يسمى القرص البيني intercalated disc عبارة عن غشائي الخليتين المتتاليتين والمادة البنية بينهما.ويرتبط الغشاءان مع بعضهما بروابط بين خلوية مثل نقاط التصاق قوية ومناطق التحام وازدواجات كهربية تعمل جميعها على ربط الخلايا ببعضها بقوة والسماح للسيال العصبي بالانتقال بين الخلايا بسرعة كبيرة .
- يتم تقلص الألياف القلبية بنفس الطريقة في الألياف الهيكلية وتختلف عنها في أنها تنقبض نظميا وبقدرتها على الانقباض التلقائي.

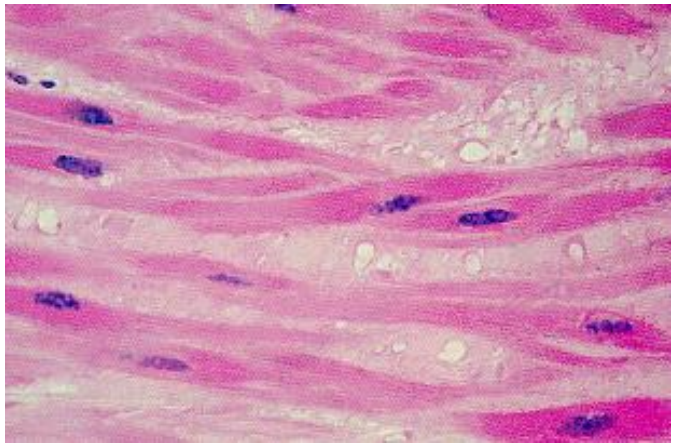


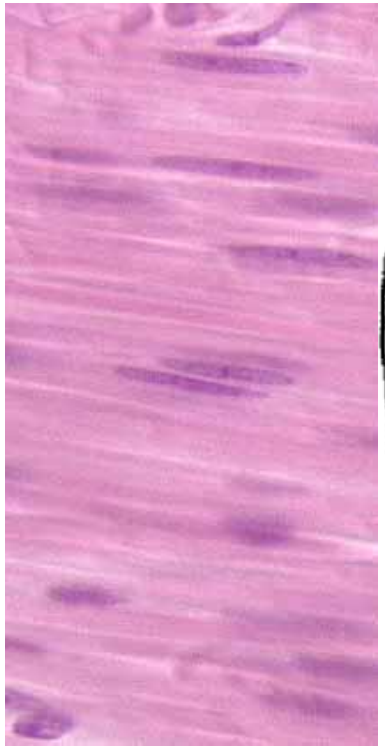

Intercalated disc
Nucleus
Faint striations

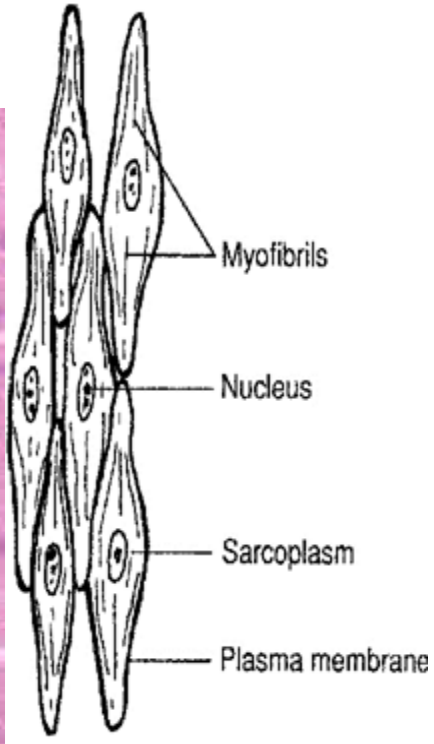
200 nm

الألياف العضلية الملساء Smooth muscle fibers

- توجد في الأحشاء خاصة في جدران الأعضاء الأنبوبية .
- تترتب في اتجاهات مختلفة على هيئة طبقات .
- لا تخضع تقلصاتها لارادة الكائن وتغذى بالياف عصبية غير ذاتية Autonomic nerves .
- الليفة مغزلية الشكل .
- تتماسك الألياف مع بعضها عن طريق ازدواجات كهربية لتسهيل نقل السيالات العصبية من ليفة إلى أخرى في الطبقة العضلية .
- يختلف طول الليفة من ٢٠ ميكرون في جدران الأوعية الدموية إلى ٥٠٠ ميكرون في جدار الرحم الحامل.
- تفصل مجموعات الألياف العضلية عن بعضها مناطق من النسيج الضام الفجوي الذي يمدها بالأوعية الدموية والأعصاب.
- يحتوي السيتوبلازم على العضيات العادية تتجمع حول النواة في منتصف الليفة ويشغل باقي السيتوبلازم بالخيوط العضلية myofilaments غير المنتظمة لذلك لا تظهر الليفة مخططة .



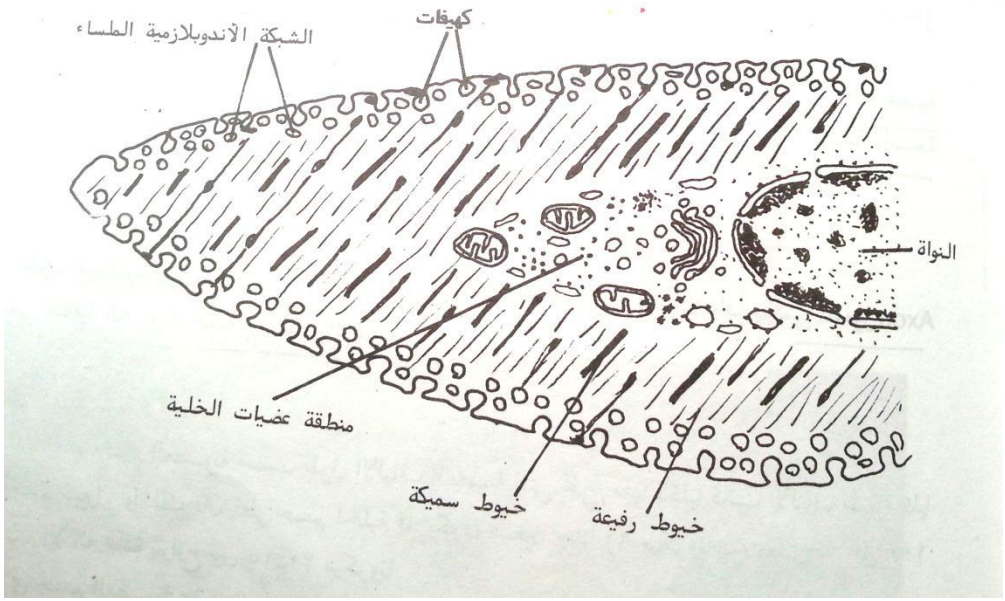



Myofibrils
Nucleus
Sarcoplasm
Plasma membrane

- **يوجد في السيتوبلازم ٣ أنواع من الخيوط : السميكة (الميوسين) والرفيعة (الأكتين) وخيوط متوسطة في سمكها بين النوعين وتتصل بمناطق سميكة على غشاء الليفة الخارجي وكذلك بحبيبات داكنة في السيتوبلازم بحيث تكون شبكة تمثل هيكل الليفة .**

- **يحتوي غشاء الليفة العديد من الكهيفات التي ربما تقوم بدور الأنيبيبات المستعرضة في الألياف المخططة .**

- **يوجد أسفل غشاء الليفة عدد كبير من الفجوات التي تحتوي على أيونات الكالسيوم وبذلك تقوم بدور الشبكة الاندوبلازمية اللحمية في الألياف المخططة .**



- **يحدث الانقباض عندما تحفز الليفة العضلية فتنطلق أيونات الكالسيوم فيحدث تفاعل بين الميوسين والأكتين فتنزلق خيوط الأكتين على الميوسين . وكون خيوط الأكتين مثبتة في الحبيبات الداكنة فتشدها ويحدث تقلص لليفة والألياف المجاورة . ولأن التقلص يكون بطيئا لذا تتقلص العضلات الملساء في موجات تنتشر على العضو فتسبب الحركة الدودية .**

- **تتميز الليفة الملساء عن الألياف المخططة بقدرتها على الإنقسام كما في جدار الرحم أثناء نموه في فترة الحمل . كما تقوم بتصنيع البروتينات خاصة في جدر الأوعية الدموية حيث تقوم بتصنيع وافراز مكونات الألياف الصفراء وكذلك مكونات المادة البينية وفي ذلك تشبه الخلية الليفية.**