النسيج العضلي Muscular Tissue

يعد أكثر أنواع النسج انتشاراً إذ يوجد حوالي 600 عضلة في الجسم ، وهوالنسيج المسؤول عن الحركة بسبب احتواء خلاياه على بروتينات متقلصة contractile proteins تعطي القوة الضرورية للتقلص الخلوي الذي يقود لإيصال الحركة في الأعضاء المعنية وبالتالي يؤدي إلى حركة الجسم ككل.

تنشأ الخلايا العضلية myocytes من الأديم المتوسط ، وبسبب طولها الفارع تسمى الألياف العضلية muscular fibers تتخللها شعيرات دموية كثيرة ، وبسبب درجة التخصص العالية للخلايا العضلية فإن هناك مصطلحات خاصة تستخدم معها مثل:

- ❖ الخلايا العضلية myocytes - تسمى الألياف العضليةmuscle fibers
- ❖ سايتوبلازم الألياف العضلية يسمى sarcoplasm
- ❖ الغشاء البلازمي لليف العضلي يسمىsarcolemma .
- ❖ الشبكة البلازمية الداخلية الملساء تسمىsarcoplasmic reticulum .

وتحاط الخلية العضلية بصفحة قاعدية غراويةcollagenous basal lamina متميزة وشبكة دقيقة من الألياف الشبكية.

ويمكن تصنيف النسج العضلية تصنيفاً وظيفياً استناداً الى نوع السيطرة العصبية – (ارادية voluntary ، * لا ارادية involuntary) او تصنيفاً تركيبياً استناداً الى وجود او عدم وجود التخطيط العرضي (مخططة striated ، غير مخططة ملساء non striated or smooth) او تصنيفاً تركيبياً وظيفياً الى * هيكلية skeletal مخططة وارادية توجد غالبا متصلة بالهيكل العظمي ، ملساء smooth احشائية visceral لا ارادية توجد غالبا في جدران الاعضاء المجوفة والاوعية ، * قلبية cardiac مخططة لا ارادية تؤلف اغلبية جدران القلب .

تصنيف العضلات نسبة إلى تركيبها ووظيفتها:

يمكن تمييز ثلاثة أنواع من النسج العضلية استناداً إلى ميزاتها الشكلية والوظيفية ، وكل نوع له تركيب متكيف مع دوره الوظيفي أو الفسيولوجي:

العضلات المخططة الإراديةVoluntary striated muscle (الهيكلية skeletal)

العضلات الملساء اللاإرادية Involuntary muscle (الأحشائية visceral)

العضلات المخططة اللاإرادية Involuntary striated muscle (القلبية cardiac)

Voluntary striated Muscle (الهيكليةskeletal)

1-تمثل العضلات المتصلة بالهيكل العظمي وتكوّن اللحم flesh ، يكون تقلصها تحت سيطرة
الفرد.
2-تتألف من خلايا أو ألياف يتراوح طولها بين 1 – 40 ملم وقطرها 10 – 100 مايكرون.
3- كثيرة النوى (35 نواة لكل 1 ملم من طول الليف العضلي) وتكون بيضوية الشكل ومحيطية الموقع.
4-تتجمع الألياف في حزم وعائية fascicles وبتجمعها مع بعض تتكون العضلة الهيكلية.

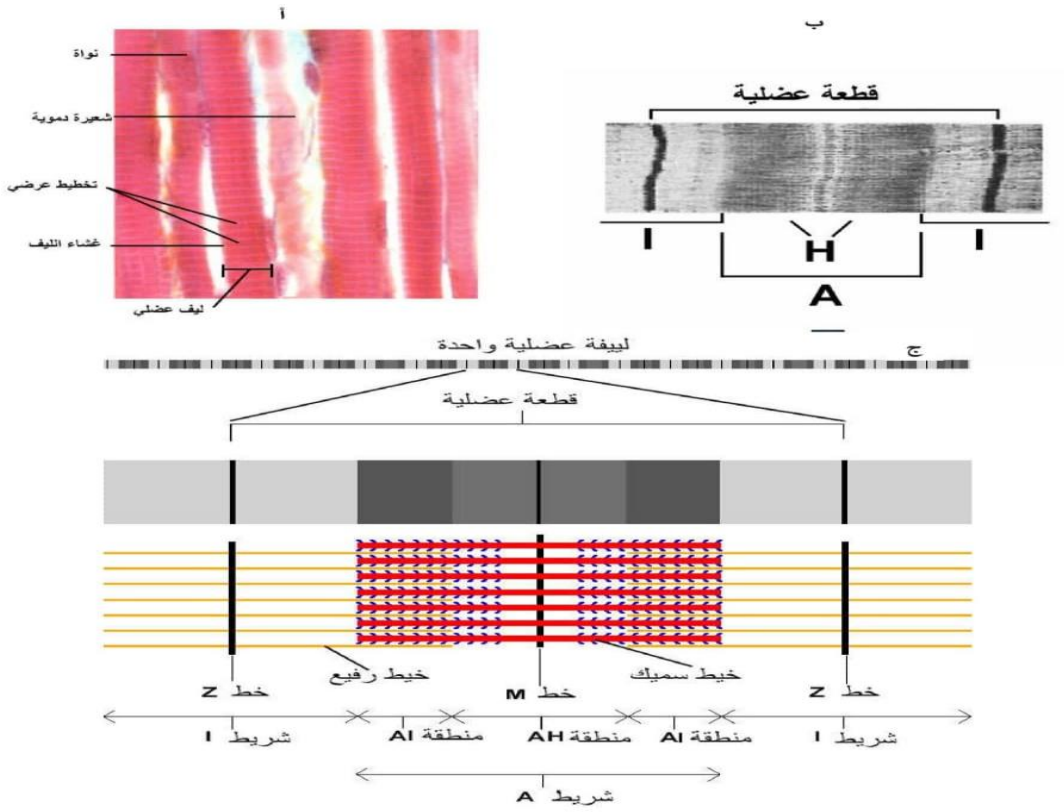
5- تحاط العضلة بأكملها بطبقة من نسيج ضام ليفي كثيف غير منتظم يسمى اللفافة العضلية الخارجية epimysium التي تظهر للعين المجردة بشكل غمد أبيض اللون.

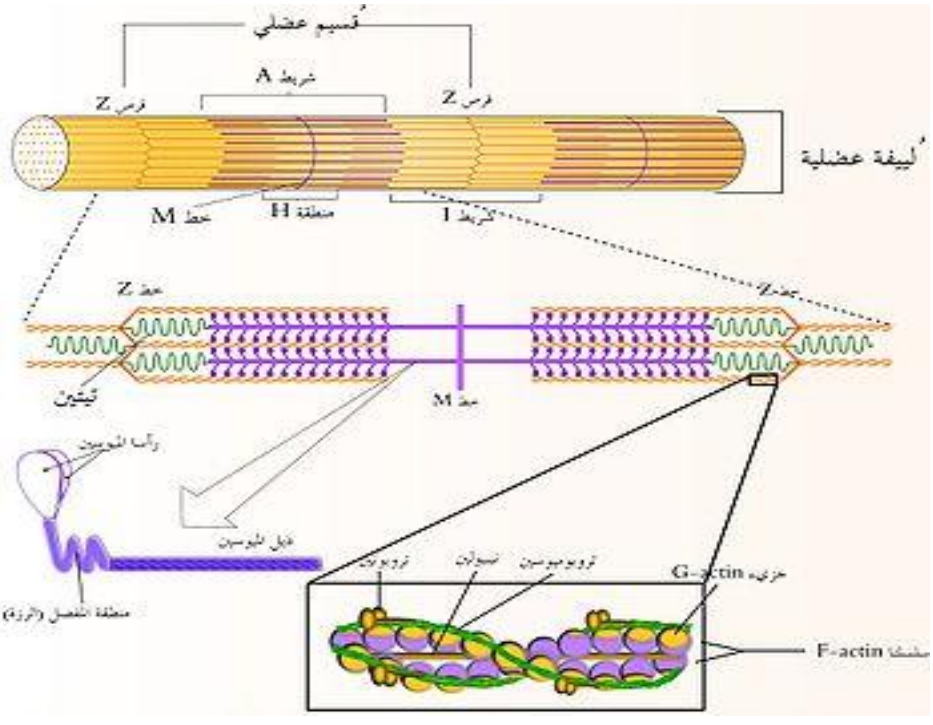
6-وتحاط كل حزمة بطبقة من نسيج ضام أرق من الأول وأقل كثافة منه يدعى اللفافة العضلية المحيطية perimysium تمتد من اللفافة العضلية الخارجية.

7-ويحاط كل ليف عضلي بغلاف من شبكة دقيقة من الألياف الشبكية تدعى اللفافة العضلية الداخلية endomysium
8- تتبع الأوعية الدموية والأعصاب هذه الأغلفة في تفرعاتها.

تركيب الليف العضلي الهيكلي/ يتركب من غشاء عضلي sarcolemma ونوى بيضوية محيطية الموقع وسايتوبلازم عضلي sarcoplasm يحوي لييفات عضلية myofibrils(قطرها 1 – 3 مايكرون) ، تظهر الليفات العضلية مخططة بشكل مستعرض بمناطق غامقة تتبادل مع أُخرى فاتحة يمكن تمييزها باستعمال المجهر الضوئي.. وتكون كل المناطق الغامقة والفاتحة في الليف الواحد على مستوى واحد في موقعها لذا يظهر الليف بأكمله مخطط عرضياً ، تسمى المنطقة الغامقة بشريط أو قرص A-band or disc (A) لكونها غير متساوية الانكسار ضوئياً anisotropic تحت المجهر المستقطب polarized microscope ، أما المنطقة الفاتحة فتسمى شريط أو قرص (I) I-band or discلكونها متساوية الانكسار ضوئياً isotropic تحت المجهر المستقطب. فضلاً عن ذلك تظهر في وسط القرص A منطقة فاتحة تدعى شريط H

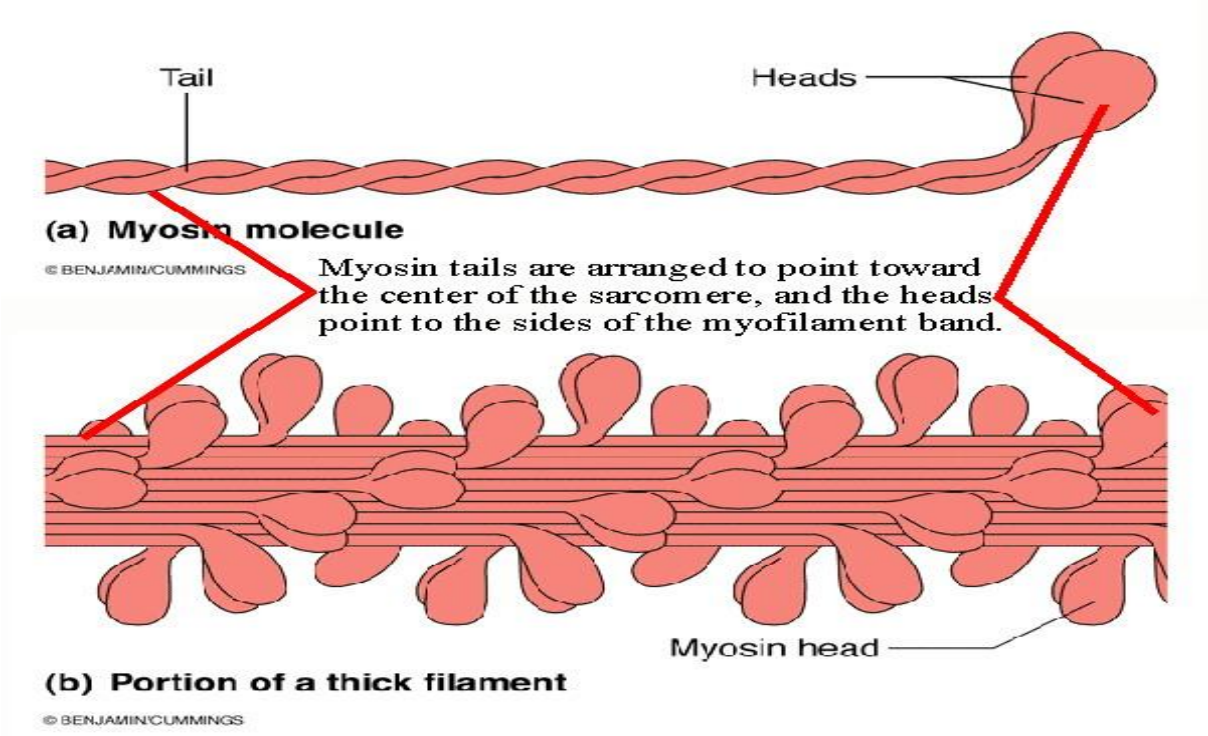
ووسطه منطقة ضيقة جداً غامقة تدعى شريط أو خط (M-band or line) M في حين تظهر في وسط القرص I منطقة غامقة تدعى بخط Z-line (Z) والوحدة التركيبية والوظيفية المحصورة بين خطين متعاقبين من خطوطZ تسمى بالقسيم العضلي sarcomereويبلغ طولها حوالي 2 – 3 مايكروميتر.



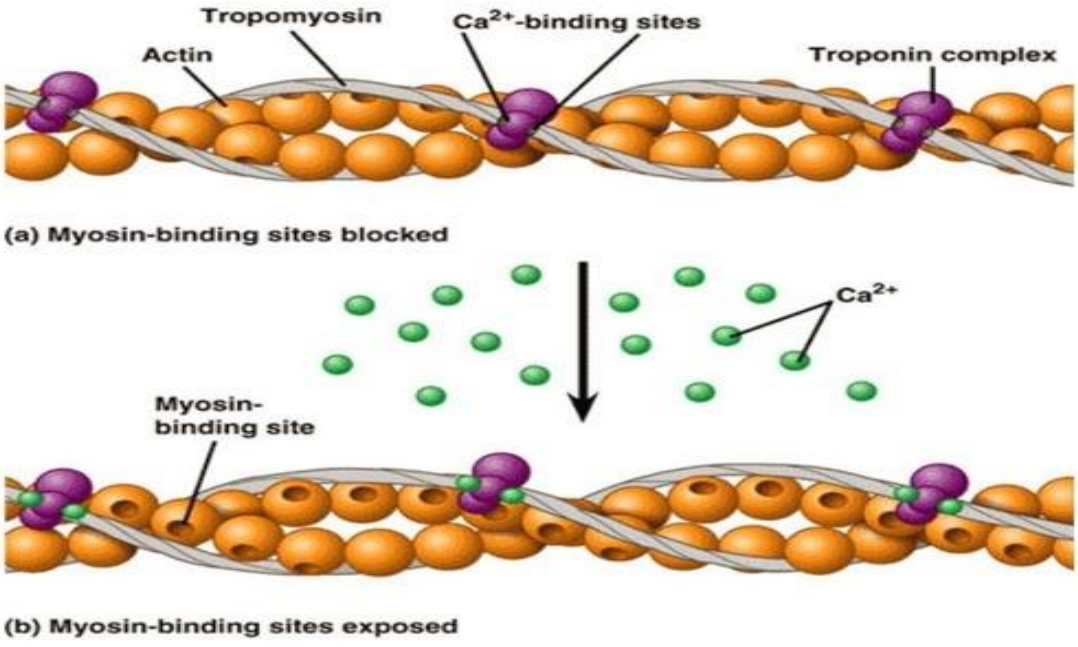


التركيب الدقيق لليف العضلي الهيكلي/ يتركب الليف الواحد من وحدات أصغر تدعى
الخيوط العضلية myofilaments والتي تكون على نوعين: سميكة ونحيفة.

الخيوط العضلية السميكة / thick myofilaments - تكون سميكة بالنسبة للنوع الثاني وتحوي بروتين الميوسين myosin ، توجد في وسط القسيم العضلي في القرص Aفقط ويظهر فيها تثخن وسطي طفيف من خلاله ترتبط الخيوط العضلية السميكة بعضها ببعض بروابط نحيفة مرتبة شعاعياً ونتيجة لذلك يظهر الشريط M وسط الشريط H، ويكون الجزء الوسطي من الخيط العضلي السميك أملس أما جانبيه فتظهر عليهما بروزات صغيرة لها أهمية في ميكانيكية التقلص. تشبه جزيئة الميوسين مضرب كرة الكولف بساق ورأس ، وتتألف من وحدتين ثانويتين هما light meromyosinيكوّن معظم الساق و heavy meromyosin يكوّن بقية الساق مع الرأس. وتترتب الرؤوس بشكل حلزوني على طول الخيط العضلي السميك ، أما سيقانها فهي تؤلف الجزء الأملس من الخيط العضلي السميك.



الخيـوط العضـلية النحيفـة / thin myofilaments - خيـوط دقيقـة ورفيعـة جـداً وتحتـوي علـى بـروتين الأكتين actin ، تمتد مـن خـط Z إلـى مسـافة مـا فـي القـرص A متداخلـة مـع الخيـوط العضـلية السـميكة وهـي توجـد فـي منطقـة القـرص I بصـورة رئيسـة. بـروتين الأكتـين يتـألف مـن شـريطين ملتفـين حلزونيـاً مكـونين مـن وحـدات ثانويـة كرويـة تسـمىG-actin يظهـر فـي المقطـع المسـتعرض لإحـدى نهـايتي القـرص A أن كـل خـيط سميك محاط بستة خيوط نحيفة ، وكل خيط نحيف محاط بثلاثة خيوط سميكة.



ميكانيكية التقلص

فُسـرت هـذه الآليـة نسـبة إلـى فرضـية انـزلاق الخيـوط العضـلية sliding النحيفـة والسميكة على بعضها. ويحدث التقلص العضلي بالتسلسل الآتي:

- تتماس الرؤوس البارزة للميوسين في الخيط السميك مع جزيئات الأكتين .
- يسـبب مـيلان هـذه الـرؤوس باتجـاه واحـد سـحب الخيـوط النحيفـة والسـميكة باتجـاهين متعاكسين .
- تنزلق هذه الخيوط وبذلك تقصر الليفات العضلية .
- تنفـك رؤوس الميوسـين مـن الأكتـين ويرجـع النوعـان مـن الخيـوط إلـى وضـعهما الأصـلي وتبدأ الدورة من جديد.

- ونتيجة لانزلاق الخيوط النحيفة ضمن الشريط A واقترابها من بعضها تدريجياً

خلال التقلص يحدث الآتي:

- ✓ يصبح الشريط H أضيق مما كان عليه ثم يختفي تدريجياً.
- ✓ يقصر الشريط I في الطول.
- ✓ يتقارب خطا Z من بعضهما وبذلك يقصر القسيم العضلي في الطول.

محتويات السايتوبلازم العضلي

توجد المايتوكوندريا الكبيرة الحجم والتي تدعى هنا بالجسيمات العضلية sarcosomes بأعداد كبيرة ، وتحوي أعراف cristae متقاربة من بعضها وهذا متوقع بسبب متطلبات الطاقة العالية للتقلص العضلي.. وتتركز المايتوكوندريا عند أقطاب النوى الطويلة وتتخذ صفوف متوازية بين الليفات العضلية ، كما يوجد جهاز كولجي صغير ، وتنتشر حبيبات صغيرة كثيفة يُعتقد أنها كلايكوجين ، وقد توجد أيضاً كتل صغيرة من المادة الدهنية ، وشبكة بلازمية عضلية لا ترافقها رايبوسومات.

أنواع الليف العضلي الهيكلي

يمكن تمييز نوعين من الألياف العضلية استناداً إلى مظهرهما التركيبي وسرعة تقلصهما:

الألياف العضلية الحمر/ تحوي كمية كبيرة من الكلوبين العضلي myoglobin الذي يضفي عليها اللون الأحمر ، فضلاً عن شبكة كثيفة من الشعيرات الدموية ، والألياف الحمر رفيعة وليفاتها غير متميزة بوضوح وذات أقطار متغايرة وتحوي عدداً كبيراً من المايتوكوندريا الكبيرة الحجم وذات أعراف متقاربة من بعضها. وتتخصص الألياف الحمر للتقلص العضلي البطيء المتكرر.

الألياف العضلية البيض/ تكون ذات أقطار أكبر وليفات عضلية أكثر وأوضح وتحوي شبكة بلازمية عضلية واسعة ومايتوكوندريا أصغر حجماً وأقل عدداً. وتتخصص الألياف البيض للتقلص العضلي السريع فيكون التعب فيها أسرع نسبياً عند مقارنتها بالألياف الحمر.

* Involuntary muscle (الأحشائية visceral)

1-توجد بشكل صفاحات أو طبقات كما في جدران القناة الهضمية والممرات التنفسية والأوعية الدموية ، وفي الجلد بشكل حزم صغيرة)مثل العضلة الموقفة للشعرة(، أو توجد

بشكل متفرق كما في النسيج الضام للبروستات والحويصلة المنوية وكيس الصفن. ولا يكن تقلصها تحت سيطرة الفرد.

2-تتألف من خلايا طويلة مغزلية)تظهر مستديرة أو مضلعة في المقطع المستعرض.)

3-تترتب الخلايا أو الألياف العضلية في الحزم والصفاحات بشكل منتظم تقريباً إذ يظهر الجزء الوسطي المتوسع لليف الواحد مجاور للجزء المستدق للألياف الأُخرى ، لذا تظهر النوى في بعض الألياف في المقطع المستعرض ولا تظهر في بعضها الآخر.

4-تختلف الخلية في طولها بين 20 – 200 مايكرون وقد يصل إلى 500 مايكرون في جدار رحم الأُم الحامل.. أما القطر فيتراوح بين 5 – 10 مايكرون ، تحوي الخلية نواة بيضوية أو قضيبية مركزية الموقع.

5-يحوي السايتوبلازم المحيط بالنواة على مايتوكوندريا والقليل من الشبكة البلازمية الداخلية الحبيبية وبعض الرايبوسومات الحرة وجهاز كولجي صغير وكلايكوجين وبعض القطيرات الدهنية ، وباقي السايتوبلازم يحوي على خيوط عضلية تتكون من ليفات عضلية.. وتختلف هذه الخيوط عما في العضلة الهيكلية بأنها غير مرتبة بنظام خاص ، وتكون بثلاثة أحجام: سميكة (الميوسين) ونحيفة (الأكتين) ومتوسطة تكون متموضعة بشكل مستعرض بين الاثنين.

6-تحاط الخلية العضلية بغشاء عضلي sarcolemma ويغطى الغشاء العضلي خارجيا بصفحة قاعدية ، في حين تشغل الألياف الشبكية والبيض والمطاطة الفسحات بين الخلايا الضيقة.

7-وتوجد مناطق تتقارب فيها أجزاء من الأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة مكونة الروابط الفسحية gap junctions أو الوصلات nexuses تسهل المرور السريع للدفعات الكهربائية من خلية عضلية إلى أُخرى.

8-ميكانيكية التقلص تتبع عملية انزلاق الخيوط العضلية وبذلك يقل طول الخلية عند التقلص. أي أن وحدة التقلص هنا هي الخلية وليس القسيم العضلي الذي لا وجود له هنا.

*** Involuntary striated muscle (القلبية cardiac)**

- توجد في القلب وتمتد إلى قواعد الأوعية الدموية الكبيرة المتصلة بالقلب. لا يكون

تقلصها تحت سيطرة الفرد إذ تزودها أعصاب تعود للجهاز العصبي المستقل.

- تتألف من ألياف عضلية محاطة بغشاء عضلي .
- يتألف كل ليف عضلي قلبي من ليفات مرتبة طولياً ومخططة عرضياً بصورة تشبه ما في العضلة الهيكلية.
- توجد بين الألياف العضلية فسح ضيقة مملوءة بالنسيج الضام المفكك المحتوي على شعيرات دموية.

الفروقات بين الألياف العضلية القلبية والألياف العضلية الهيكلية تركيبياً:

- تحت المجهر الضوئي في المقطع الطولي على مسافات غير منتظمة تُظهر الالياف القلبية مناطق غامقة مستعرضة إما مستقيمة أو مدرجة في منطقة خط Zتسمى الأقراص البينية intercalated discs وتحت المجهر الالكتروني ظهر بأن هذه الأقراص البينية هي مناطق متخصصة لربط الوحدات الخلوية ببعضها ، لذا فهي مناطق التصاق الخلايا القلبية إذ تتقابل فيها الأغشية البلازمية ونمط الالتصاق هذا يتيح التوصيل السريع لدفعات التقلص بين الخلايا المتجاورة.
- تحوي الألياف القلبية غالباً نواة واحدة مركزية ، بينما الألياف الهيكلية دائماً متعددة النوى ومحيطية الموقع.
- تتفرع الألياف القلبية وتلتقي هي وما يجاورها من الألياف العضلية الأُخرى ، بينما لايحدث ذلك في الهيكلية.
- الألياف القلبية أصغر قطراً من الهيكلية .
- تظهر الليفات القلبية لليف الواحد أقل عدداً وأكثر سمكاً من الهيكلية .
- الليفات القلبية في الليف العضلي تبتعد قليلاً عن النواة لتكوّن منطقة حولها يتجمع فيها السايتوبلازم العضلي ، ولا تكن هذه الحالة موجودة في الليفات الهيكلية. كما تترسب صبغة الفكسين الدهني lipofucsin البنية المصفرة في سايتوبلازم العضلة القلبية حول النواة بتقدم العمر.
- التخطيط المستعرض في الليف القلبي أقل وضوح مما في الهيكلي.
- يحوي سايتوبلازم الخلية القلبية على مايتوكوندريا أكثر عدداً من غيرها وذا أعراف أكثر مما في الهيكلية.
- يحوي الليف القلبي على شبكة بلازمية عضلية أقل وضوحاً مما في الهيكلية.

ألياف بركنجي:

هي ألياف عضلية متخصصة لها علاقة بإيصال دفعات التقلص من قسم إلى آخر في القلب إذ تكون أسرع من الألياف العضلية القلبية الاعتيادية. وتوجد تحت الشغاف القلبي الداخلي endocardium قرب عضل القلب myocardium لاسيما في جدار البطين مكونة جزءاً من جهاز نقل دفعات التقلص impulse conducting system . تترتب بشكل مجاميع صغيرة وهي أكبر وأكثر سمكاً من غيرها ، وتظهر في

المقاطع الملونة أفتح لوناً من الألياف العضلية القلبية الاعتيادية. كما تختلف عنها في أن الليفات في كل ليف قليلة العدد وتقع في محيط الليف تاركة المنطقة الوسطية مملوءة بالسايتوبلازم العضلي وغنية بالكلايكوجين. يظهر التخطيط المستعرض في ليفات ألياف بركنجيPurkinje fibers كالتخطيط الموجود في الليفات العضلية القلبية الاعتيادية، كما أن ألياف بركنجي تشكل شبكة من وحدات خلوية منفصلة كما في الألياف القلبية الاعتيادية ، والأقراص البينية موجودة لكن لا تُرى بوضوح غالباً. ويحوي ليف بركنجي على نواتين غالباً ذواتي شكل كروي تقريباً.