الفصل السادس Chapter VI

النسيج العضلي Muscular Tissue

وهو النسيج المسؤول عن حركة مختلف اجزاء الجسم بسبب قابليته على التقلص. ينشأ النسيج العضلي من طبقة الاديم المتوسط في الجنين ويتكون من خلايا تدعى بالخلايا العضلية myocytes وبسبب طولها الفارغ تدعى بالالياف العضلية muscle fibers تتخللها شعيرات دموية كثيرة ولبعض عضيات الخلية العضلية اسماء تختلف عن نضائرها في الخلايا الاخرى فيدعى سايتوبلازم الخلية العضلية مثلا باسم السايتوبلازم العضلي sarcoplasm وتدعى الشبكة البلازمية الداخلية الملساء باسم الشبكة البلازمية العضلية sarcoplasmic reticulum ويدعى الغشاء البلازمي باسم الغشاء العضلي sarcolemma

وتحاط الخلية العضلية بصفيحة قاعدية غراوية collagenous basal lamina متميزة وشبكة دقيقة من الالياف الشبكية.

تصنف العضلات بالنسبة الى تركيبها ووظيفتها على ثلاثة انواع :

١- العضلات المخططة الارادية (الهيكلية)

Striated voluntary muscles (skeletal)

٢- العضلات الملساء اللاارادية (الاحشائية)

Smooth involuntary muscles (visceral)

٣- العضلات المخططة اللاارادية (القلبية)

Striated involuntary muscles (cardiac)

العضلات المخططة الارادية (الهيكلية)

تشكل هذه العضلات كل العضلات المتصلة بالهيكل العظمي تقريباً وتكون لحم الحيوانات. يكون تقلص هذا النوع من العضلات تحت سيطرة ارادة الفرد كثيرا. تتميز العضلة الهيكلية بلونها الوردي في حالة الطراوة ويرجع ذلك الى الصبغة التي تحتوي عليها من جهة والى كثافة الشعيرات الدموية فيها من جهة اخرى. وتتألف العضلة من خلايا او الياف عضلية اسطوانية الشكل طويلة جدا ويكون طولها بين ١ و ٤٠ ملم ويكون قطرها نحو ١٠-١٠٠ مايكرومتر وتكون كثيرة النوى (٢٥ نوى لكل ١ ملم طولا) ذات شكل بيضوي وتقع عند محيط الليف. وتتجمع هذه الالياف في مجاميع تسمى الحزم fascicles وبتجمعها بعضها مع بعض تكون العضلة الهيكلية. وتحاط العضلة باكملها بطبقة من نسيج ضام ليفي كثيف غير منتظم يدعى باللفافة العضلية الخارجية epimysium التي تظهر للعين المجردة بشكل غمد ابيض اللون. وكل حزمة تحاط ايضا بطبقة من نسيج ضام ارق من الاول واقل كثافة منه يدعى باللفافة العضلية المحيطية perimysium ويمتد من اللفافة العضلية الخارجية.

ويحاط كل ليف عضلي ايضا بغلاف من شبكة دقيقة من الالياف الشبكية يدعى باللفافة العضلية الداخلية endomysium (شكل ٦-١). وتتبع الاوعية الدموية والاعصاب هذه الاغلفة في تفرعاتها.

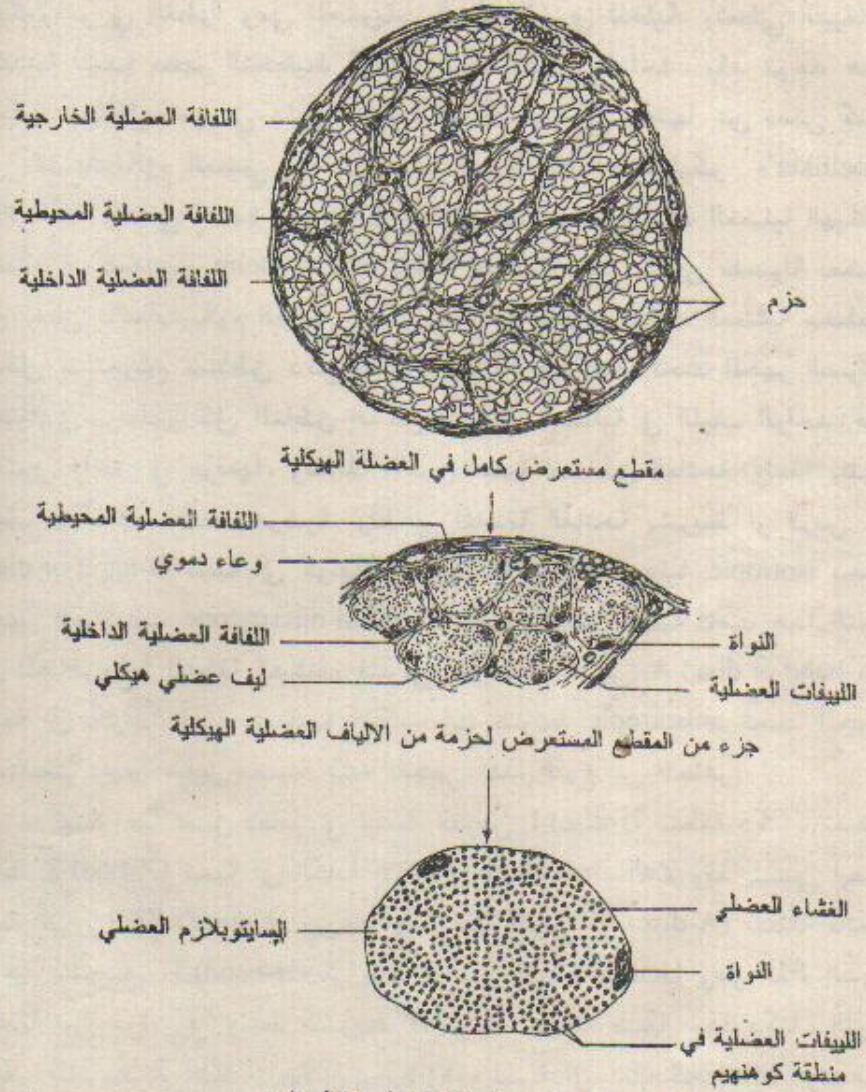
يمكن ملاحظة الشعيرات الدموية في اللفافة العضلية الداخلية endomysium بين الالياف العضلية.

تركيب الليف العضلي الهيكلي:

يدعى الغشاء البلازمي لليف العضلي الهيكلي كما ذكر سابقا باسم الغشاء العضلي sarcolemma. وتكون نوى الالياف العضلية بيضوية او طويلة وتقع في الجزء المحيطي لليف غالباً. ويحتوي الليف العضلي على سايتوبلازم عضلي sarcoplasm، يحوي بدوره الليفات العضلية myofibrils (١-٢

مايكرومتر في القطر) وعلى المحتويات الحية الاخرى للخلية. وتعطي الليفات العضلية لليف مظهر التخطيط الطولي لليف العضلي الواحد. وقد توجد هذه الليفات بشكل حزم في داخل الليف الواحد يفصلها بعضها عن بعض كمية من السايتوبلازم العضلي وتدعى هذه الحزم باعمدة كوليكر Koelliker's columns. وتدعى اعمدة كوليكر في المقاطع المستعرضة للالياف العضلية الهيكلية بساحات كوهنهيم areas or fields of Cohnheim التي تكون مفصولة بعضها عن بعض بالسايتوبلازم العضلي (شكل ٦-١). وتظهر الليفات العضلية مخططة بشكل مستعرض بمناطق دكن تتبادل مع اخرى فاتحة تحت المجهر الضوئي الاعتيادي. وتظهر كل المناطق الدكن لليفات العضلية في الليف الواحد على مستوى واحد في موقعها، وكذلك الامر بالنسبة للمناطق الفاتحة. ولهذا يظهر الليف باكمله مخططا عرضيا. وتدعى المنطقة الفاتحة بشريط او قرص I (I-band or disc) نسبة الى كونها متساوية الانكسارات ضوئيا isotropic تحت المجهر المستقطب polarized microscope ولهذا تظهر معتمة تحت هذا النوع من المجاهر. اما المنطقة الدكناء فتدعى شريط او قرص A (A-band or disc) نسبة الى كونها غير متساوية الانكسارات ضوئيا anisotropic تحت المجهر المستقطب ولهذا تظهر مضيئة عند الفحص بهذا النوع من المجاهر.

فضلا عما سبق تظهر في وسط القرص I (I-disc) منطقة دكناء تدعى بخط Z (Z-line) نسبة الى الكلمة الالمانية Zwischenschiebe وقد تسمى ايضا بخط كراوز Krause's line. ويوجد في وسط القرص A (A-disc) منطقة فاتحة تدعى بشريط H (H-band) او خط هنسن Hensen's line وهو العالم الذي وصفها اول مرة. وفي وسط الشريط H توجد منطقة ضيقة جدا دكناء اللون تدعى بشريط او خط M (M-band or line)، نسبة الى Mittleschiebe. وتدعى الوحدة التركيبية والوظيفية المحصورة بين خطين متعاقبين من خطوط Z بالقسيم العضلي sarcomere (٢-٣ مايكرومترات طولا).



شكل ٦-١ المقطع المستعرض للعضلة الهيكلية ومكوناتها

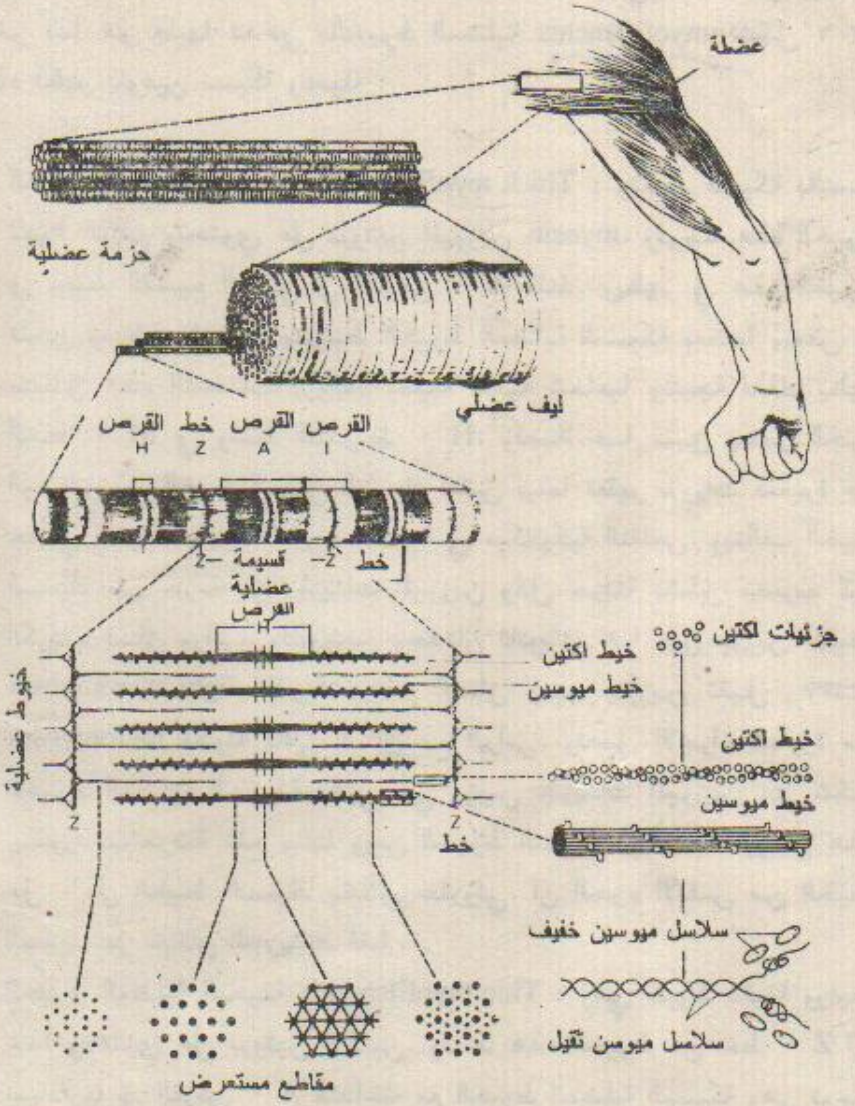
التركيب الدقيق لليف العضلي المخطط كما يظهر تحت المجهر الالكتروني :
The ultrastructure of the striated muscle fibril

يظهر الليف الواحد تحت المجهر الالكتروني مكونا من وحدات اصغر مما هو عليها تدعى بالخيوط العضلية myofilaments (شكل ٦-٢). وهذه تظهر بنوعين سميكة ونحيفة :

١- الخيوط العضلية السميكة Thick myofilaments : وتكون سميكة بالنسبة للنوع الثاني وتحتوي على بروتين الميوزين myosin. وتوجد هذه الخيوط في وسط القسيم العضلي في القرص - A فقط. ويظهر في هذه الخيوط تثخن وسطي طفيف. وترتبط الخيوط العضلية السميكة بعضها ببعض في مناطق هذه التثخنات بروابط نحيفة مرتبة شعاعيا ونتيجة لذلك يظهر الخط - M في وسط الشريط - H. وفضلا عما سبق يظهر الجزء الوسطي من الخيط العضلي السميك املس بينما تظهر بروزات صغيرة على جانبي الخيط. ولهذه البروزات اهمية في ميكانيكية التقلص. ويتالف الخيط السميك من حزمة من جزيئات الميوزين وكل جزيئة بشكل مضرب كرة الگولف بساق ورأس. وللميوزين وحدتان ثانويتان هما ميروميوزين خفيف light meromyosin مكونا معظم الساق وميروميوزين ثقيل heavy meromyosin مكونا باقي الساق مع الرأس. وتعمل الاجزاء البارزة من الخيوط العضلية السميكة والتي هي رؤوس جزيئات الميوزين على شكل جسور مستعرضة تقع بينها وبين الخيوط النحيفة. وتترتب الرؤوس هذه على طول الخيط السميك بشكل حلزوني. ان الجزء الاملس من الخيط السميك هو سيقان الجزيئات فقط.

٢- الخيوط العضلية النحيفة Thin myofilaments : وهي خيوط دقيقة ورفيعة جدا وتحتوي على بروتين الاكتين. وتمتد هذه الخيوط من خط - Z الى مسافة ما في القرص - A متداخلة مع الخيوط العضلية السميكة وهي توجد

في منطقة القرص - I بصورة رئيسة. يتكون الخيط النحيف من بروتين خيطي (F-actin) يتألف من شريطين من وحدات ثانوية كروية تدعى (G-actin) ويكون هذان الشريطان ملتفين حلزونيا.



شكل ٦-٢ رسوم تخطيطية للالياف العضلية الهيكلية توضح تركيبها الحياتي والدقيق

(عن بلوم وفوست)

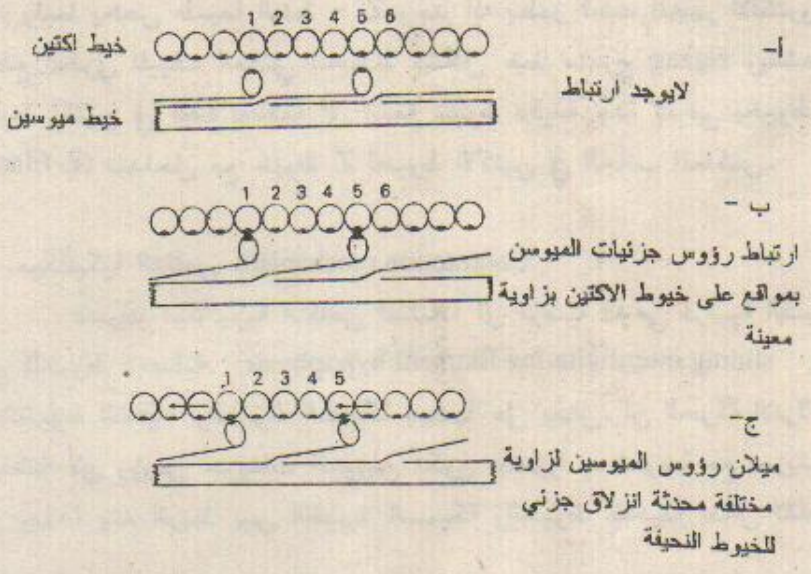
يظهر في المقطع المستعرض لاحدى نهايتي القرص - A ان كل خيط سميك محاط بستة خيوط نحيفة وكل خيط نحيف يظهر محاطا بثلاثة خيوط سميكة. وفيما يخص طبيعة الخط - Z وجد انه يظهر تحت المجهر الالكتروني في المقطع الطولي لليف العضلي المخطط بشكل خط متعرج zigzag ويتشعب كل خيط اكتين في هذه المنطقة الى اربعة خيوط دقيقة جدا تدعى بخيوط Z (Z-filaments) تتداخل مع خيوط Z لخيوط الاكتين في الجانب المعاكس.

ميكانيكية التقلص Contraction mechanism

فُسرت ميكانيكية التقلص استنادا الى فرضية تدعى فرضية القوت الانزلاقي للخيوط العضلية sliding interdigitating filament hypophysis اذ تنزلق الخيوط النحيفة والخيوط السميكة بعضها على بعض. ان الحركة الانزلاقية هذه ممكنة لان رؤوس جزيئات الميوزين تكون جسورا مستعرضة مع جزيئات الاكتين وبهذا يتم الربط بين الخيوط السميكة والخيوط النحيفة خلال تقلص العضلة.

لقد اعتقد ان هناك مناطق مرنة عند منطقة اتصال الميروميوزين الثقيل مع بقية جزيئة الميوزين (ميروميوزين خفيف). وتكون حركة المنطقة المرنة هذه باتجاه واحد بحيث تعمل على انزلاق الخيوط النحيفة على الخيوط السميكة وبهذا تتقلص العضلة بحسب التسلسل الاتي (شكل ٦-٢).

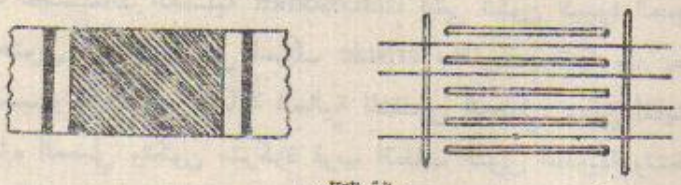
١- تتماس الرؤوس البارزة للميوزين في الخيط السميك مع جزيئات الاكتين.
٢- يسبب ميلان هذه الرؤوس باتجاه واحد سحب الخيوط النحيفة والسميكة باتجاهين متعاكسين.
٣- تنزلق هذه الخيوط وبذلك تقصر الليفات العضلية.
٤- تنفك رؤوس الميوزين من الاكتين ويرجع النوعان من الخيوط الى وضعهما الاصلي وتبدأ الدورة من جديد.



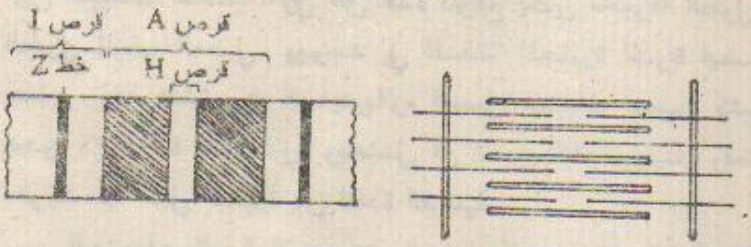
شكل ٦-٣ مخطط يوضح نظرية انزلاق الخيوط العضلية

نتيجة لأنزلاق الخيوط النحيفة ضمن الشريط A واقترابها بعضها من بعض تدريجيا خلال عملية التقلص يحصل مايأتي :

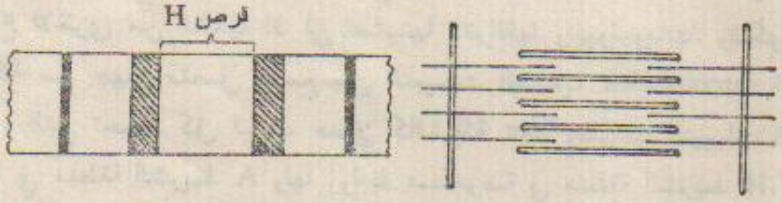
١- يصبح الشريط H اضيق مما كان عليه ثم يختفي بصورة تدريجية (شكل ٦-٤).
٢- يقصر الشريط I في الطول.
٣- يتقارب خطا Z بعضهما من بعض وبذلك يقصر القُسيم العضلي في الطول.



حالة التقلص



حالة السكون



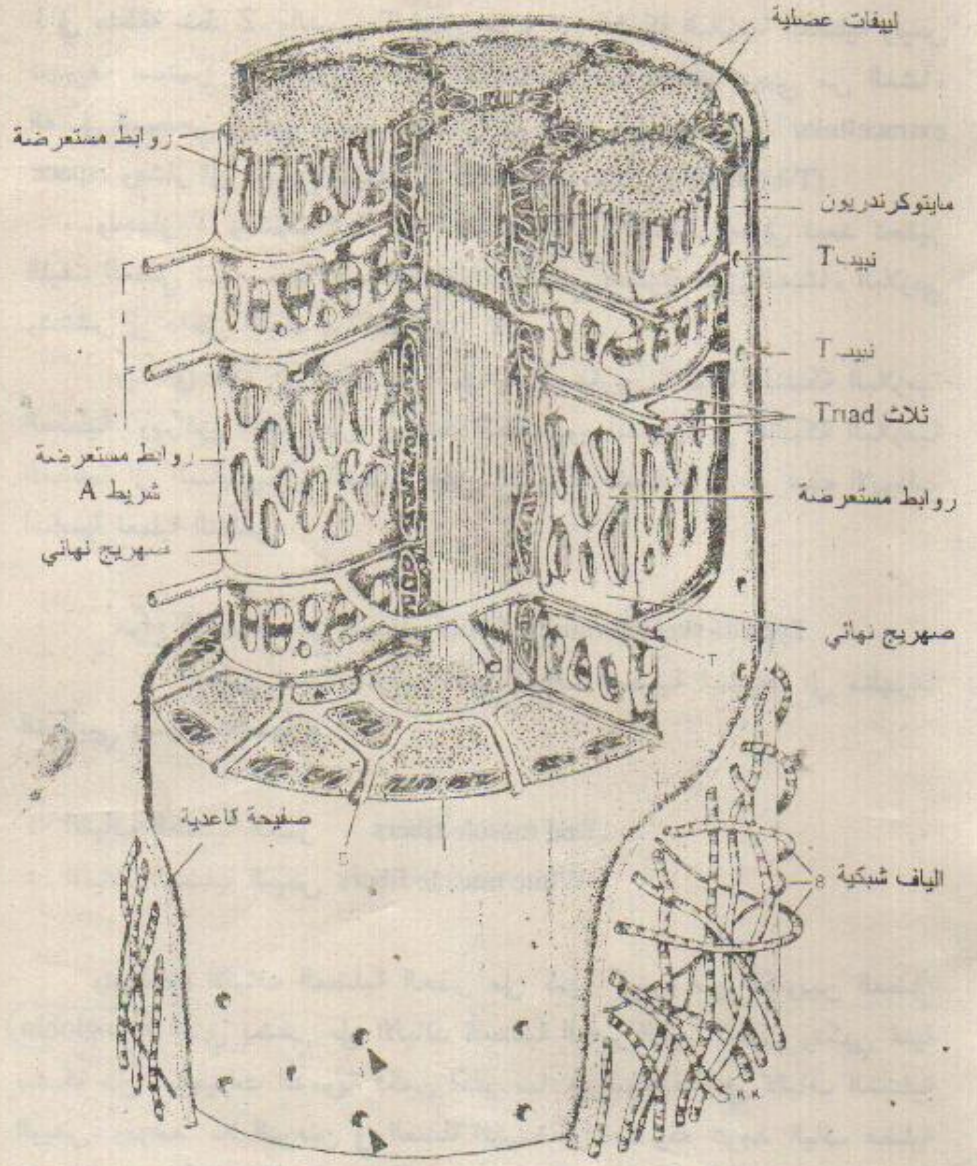
حالة الامتداد او الانبساط

شكل ٦-٤ رسوم تخطيطية توضح نظرية انزلاق الخيوط العضلية في حالة تقلص وارتخاء الالياف العضلية المخططة (عن بلوم وفوست بتصرف)

السايتوبلازم العضلي ومحتوياته

يوجد في السايتوبلازم العضلي sarcoplasm المايتوكوندريا (تدعى في هذه الحالة الجسيمات العضلية sarcosomes) التي تكون كبيرة الحجم وكثيرة العدد. ويحتوي كل منها على اعراف cristae متقاربة بعضها من بعض وهذا مانتوقعه بسبب متطلبات الطاقة العالية للتقلص العضلي. وتقع المايتوكوندريا تحت الغشاء العضلي وتكون متركزة قرب اقطاب النوى الطويلة وتتخذ صفوفا متوازية بين الليفات العضلية، وفي كل هذه المواقع يكون محورها الطولي باتجاه المحور الطولي لليف العضلي. ويوجد في المنطقة المجاورة للنواة ايضا جهاز كولجي صغير. وقد تنتشر في السايتوبلازم العضلي حبيبات صغيرة كثيفة يبلغ قطرها نحو ٢٠٠-٤٠٠ انكستروم ويحتمل ان تكون كلايكوجينا. وفضلا عن ذلك قد توجد فيه كتل صغيرة من المادة الدهنية.

ومن المحتويات الحية الاخرى في السايتوبلازم العضلي الشبكة البلازمية العضلية sarcoplasmic reticulum التي تطابق الشبكة البلازمية الداخلية الملساء للانواع الاخرى من الخلايا اذ ان اغشيتها لاترافقها رايبوسومات. وتتكون هذه الشبكة من جهاز متصل واسع من النبيبات العضلية sarcotubules المحددة بغشاء التي تحيط كل ليف عضلي كالشبكة net. وتترتب النبيبات العضلية طوليا في منطقة الشريط A ولها روابط مستعرضة في منطقة الشريط H. وهناك ترتيب مشابه في منطقة الشريط I. عند اقتراب النبيبات الطولية من منطقة الاتصال بين الشريط A والشريط I (A-I junction) في كل جانب، تتصل بصهاريج cisternae عرضية متوسعة تدعى بالصهاريج النهائية terminal cisternae. وينفصل الصهريجان المتقاربان من الصهاريج النهائية بعضهما عن بعض بنبيب مركزي مستعرض اصغر قطرا مما هو عليه يدعى بنبيب T (T-tubule) (شكل ٦-٥) يقع في منطقة الاتصال A-I. ويدعى هذا الترتيب لصهريجين من الصهاريج النهائية الخارجية للشبكة البلازمية العضلية ونبيب T المركزي بالثلاث triad. ويوجد اثنان من نظام الثلاث (triad) لكل قسيم عضلي



شكل ٦-٥ مخطط يوضح الشبكة البلازمية العضلية في الالياف العضلية الهيكلية(عن جنكورا وجماعته)

في العضلة الثديية بينما يوجد في عضلة البرمائيات ثلاث واحد يحيط بالشريط I في منطقة خط Z. والنبيب T ليس جزءا من الشبكة البلازمية العضلية وليس تجويفه مستمرا مع تجويف تلك الشبكة بل هو انبعاج نبيبي من الغشاء العضلي السطحي ويكون تجويفه مستمرا مع الحيز الخارج خلوي extracellular space. ويشار الى مجموع نبيبات T عادة باسم جهاز T (T-system).

ولجهاز T والشبكة البلازمية العضلية علاقة بالتقلص العضلي فبعد تحفيز الليف العضلي تمر موجة الاستقطاب الغشائي بسرعة فوق الغشاء البلازمي وتنتشر الى داخل الليف بوساطة جهاز T.

ويؤدي هذا الى تغير في نضوحية الصهاريج النهائية للشبكة البلازمية العضلية. ويرافق ذلك تحرر ايونات الكالسيوم المتجمعة في الشبكة البلازمية العضلية الى السايتوبلازم العضلي حول الليفات العضلية اذ ان هذه الايونات اساسية لعملية التقلص.

انواع الليف العضلي الهيكلي Type of skeletal muscle fibers

يمكن تمييز نوعين من الالياف العضلية استنادا الى مظهرها التركيبي وسرعة تقلصها :

١- الالياف العضلية الحمر Red muscle fibers.

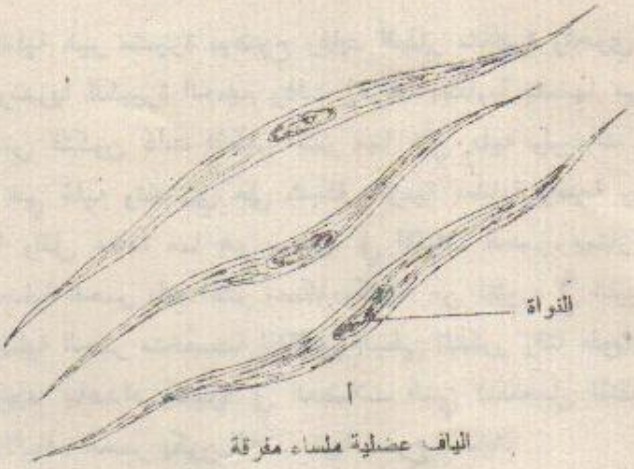
٢- الالياف العضلية البيض White muscle fibers.

وتحتوي الالياف العضلية الحمر على كمية كبيرة من الكلوبين العضلي myoglobin الذي يضفي على الالياف العضلية الحمر اللون الاحمر. وتكون غنية بشبكة من الشعيرات الدموية تكون اكثر مما هو موجود في الالياف العضلية البيض. ويوجد كلا النوعين في العضلة المفردة الواحدة وقد توجد الياف عضلية وسطية بين الالياف الحمر والبيض ايضا. وتكون الالياف الحمر رفيعة وتكون

لييفاتها العضلية غير متميزة بوضوح وذات اقطار متغايرة وتحوي عددا كبيرا من المايتوكوندريا الكبيرة الحجم وذات اعراف متقاربة بعضها من بعض. اما الالياف البيض فتكون ذات اقطار اكبر مما هلي عليه ولييفات عضلية اكثر واوضح مما هي عليه وتحتوي على شبكة بلازمية عضلية واسعة ومايتوكوندريا اصغر حجما واقل عددا مما هو موجود في الالياف الحمر. يمتاز الخط Z في الليفات العضلية الحمر بانه اكثر سمكا وكثافة من نظيره في الليفات البيض. والالياف العضلية الحمر متخصصة للتقلص البطئ المتكرر وقتا طويلا، اما الالياف البيض فتوجد باعداد كبيرة في العضلات التي تستعمل للتقلص السريع وبمقارنتها بالالياف الحمر يكون التعب فيها اسرع نسبيا.

العضلات الملساء اللاارادية او الاحشائية

توجد الالياف العضلية الملساء بشكل صفاحات او طبقات كما في جدران القناة الهضمية وجدران الممرات التنفسية وجدران الاوعية الدموية وتوجد ايضا في الجلد بشكل حزم صغيرة كالعضلة المُقنة للشعرة وقد توجد بشكل متفرق كما في النسيج الضام لغدة البروستات والحويصلة المنوية والنسيج ماتحت الجلدي للحلمة وكيس الصفن. ان تقلص هذه العضلات لايكون تحت سيطرة ارادة الفرد ولهذا سميت باللاارادية. وتتالف العضلة الملساء من خلايا طويلة مغزلية الشكل تظهر مستديرة او مضلعة في المقطع المستعرض. وتترتب الخلايا او الالياف العضلية في الحزم والصفاحات بشكل منتظم تقريبا اذ يظهر الجزء الوسطي المتوسع لليف الواحد مجاورا للجزء المستدق النهائي للالياف الاخرى المجاورة ولهذا تظهر النوى في بعض الالياف في المقطع المستعرض ولا تظهر في بعضها الاخر. وتحتوي الخلية العضلية الملساء على نواة بيضوية او قضيبية مركزية الموقع (شكل ٦-٦). وتختلف الخلايا العضلية الملساء في الطول حيث يكون طولها بين ٢٠ مايكرومترا و ٢٠٠ مايكرومترا وقد يصل الى ٥٠٠ مايكرومترا او اكثر في جدار رحم الام الحامل. اما قطر الخلية فيكون بين



أ

ألياف عضلية ملساء مفرقة

ب

مقطع طولي في الألياف العضلية الملساء

جـ

مقطع مستعرض في الألياف العضلية الملساء

شكل ٦-٦ الألياف العضلية الملساء

٥ مايكرومترات و ١٠ مايكرومترات. يظهر السايتوبلازم العضلي المحيط بالنواة ولا سيما عند قطبيها تحت المجهر الالكتروني محتويا على مايتوكوندريا وعلى عناصر قليلة من الشبكة البلازمية الداخلية الحبيبية وبعض الرايبوسومات الحرة وجهاز كولجي صغير وكلايكوجين وعلى بعض القطيرات الدهنية. ومايبقى من السايتوبلازم العضلي يشغل بخيوط عضلية myofilaments تشاهد تحت المجهر الضوئي بشكل لييفات عضلية myofibrils تتكون من تجمعات الخيوط العضلية او حزمها. وتختلف هذه الخيوط العضلية عن الخيوط التي في الالياف العضلية الهيكلية بانها غير مرتبة بنظام خاص. وتكون هذه الخيوط بثلاثة احجام :

أ- خيوط سميكة (خيوط الميوزين).
ب- خيوط نحيفة (خيوط الاكتين).
جـ- خيوط متوسطة intermediate. وتكون متوضعة بشكل مستعرض بالنسبة لخيوط الاكتين والميوزين.

وفضلا عن ذلك توجد بين هذه الخيوط اجسام كثيفة يعتقد ان عملها مشابهة لخطوط Z حيث ترتكز عليها الخيوط النحيفة.

وتحاط الخلية العضلية الملساء بغشاء عضلي sarcolemma يوجد بقربه من الداخل شبكة بلازمية داخلية ملساء وعدد من الحويصلات المنبعجة منه المسماة بـ caveolae. ان عمل هذه الحويصلات ربما يكون مشابها لنبيبات T الموجودة في الالياف العضلية الهيكلية.

ويغطى الغشاء العضلي خارجيا بصفيحة قاعدية في حين تُشغل الفسحات بين الخلايا الضيقة بالياف شبكية وبيض ومطاطة. وتوجد ايضا مناطق تتقارب فيها اجزاء من الاغشية البلازمية للخلايا المتجاورة مكونة مايسمى بالروابط الفسحية gap junctions او الوصلات nexuses حيث تسهل هذه المناطق المرور السريع للدفعات الكهربائية من خلية عضلية الى اخرى اما

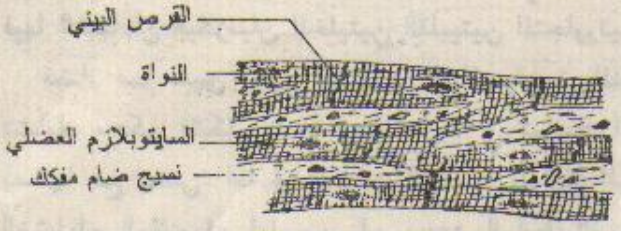
ميكانيكية التقلص فهي تتبع تقريبا عملية انزلاق الخيوط العضلية التي مر ذكرها سابقا وبذلك يقل طول الخلية الملساء عند حدوث التقلص. ومن هنا يُفهم ان وحدة التقلص هي الخلية وليس القسيم العضلي sarcomere الذي لا وجود له في الخلية العضلية الملساء.

العضلة المخططة اللاإرادية (العضلة القلبية Cardiac muscle)

توجد هذه العضلات في القلب وتمتد الى قواعد الاوعية الدموية الكبيرة المتصلة بالقلب. وتتألف العضلة من الياف عضلية محاطة بغشاء عضلي. ويتألف كل ليف عضلي قلبي من ليفات مرتبة طوليا ومخططة عرضيا بصورة تشبه فيه ليفات الليف العضلي الهيكلي. ويوجد بين الالياف العضلية القلبية فُسح ضيقة مملوءة بالنسيج الضام المفكك والمحتوي على الشعيرات الدموية. ولا يكون تقلص العضلات القلبية تحت سيطرة ارادة الفرد ولهذا فهي غير ارادية وظيفيا اذ تزودها اعصاب تعود للجهاز العصبي المستقل.

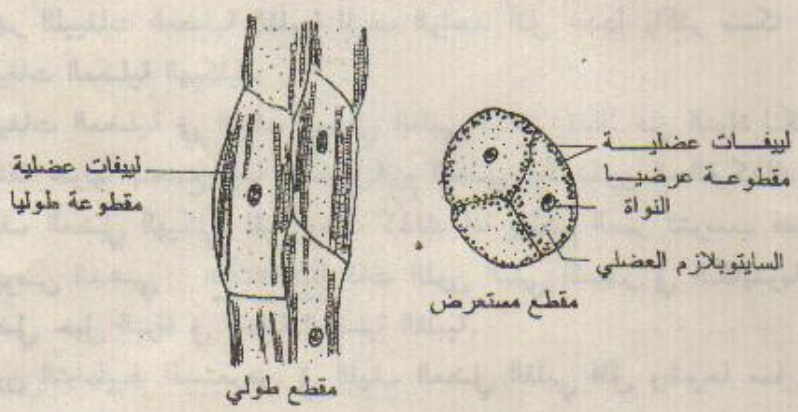
تختلف الالياف العضلية القلبية عن الالياف العضلية الهيكلية تركيبيا (شكل ٦-٧ أ و ب) بما يأتي :

١- تحت المجهر الضوئي تُظهر الالياف العضلية القلبية في المقطع الطولي على مسافات غير منتظمة مناطق دُكن مستعرضة وتكون اما مستقيمة او مُدرجة في منطقة خط Z، تدعى بالاقراص البينية intercalated discs. ولقد اظهر المجهر الالكتروني ان الاقراص البينية مناطق متخصصة لربط الوحدات الخلوية بعضها ببعض لذا فتكون هذه الاقراص مناطق التصاق الخلايا القلبية حيث تتقابل فيها الاغشية البلازمية لها. يَظهر في هذه الاقراص في حالة الشكل المدرج وعلى مستوى المجهر الالكتروني نوعان من المناطق النوع الاول مستعرض وعمودي على الليفات العضلية ويتميز بوجود جسيم رابط ونطيقة الالتصاق zonula adherens اما النوع الثاني فيكون جانبيا وموازيا



أ- مقطع طولي في الالياف العضلية القلبية الاعتيادية

ب- مقطع مستعرض في الالياف العضلية القلبية الاعتيادية



ج- الياف بركنجي

شكل ٦-٧ الالياف العضلية القلبية

لليفات العضلية ويتميز بوجود الرابط الفسحي gap junction حيث يتقارب فيها الغشاءان البلازميان للخليتين القلبيتين المتجاورتين تقاربا شديدا.

فضلا عما سبق يكون الغشاءان البلازميان في المناطق المستعرضة ذوي تشابك محكم (شكل ٦-٨) وهذا يزيد في تماسك الخلايا العضلية القلبية بعضها مع بعض. اما في المناطق الجانبية الموازية لليفات العضلية فيكون الغشاءان البلازميان املسين. ان وجود الرابط الفسحي في هذه المناطق يتيح التوصيل السريع لدفعات التقلص بين الخلايا المتجاورة.

٢- تحتوي الالياف العضلية القلبية غالبا على نواة واحدة مركزية الموقع بينما تكون الالياف العضلية الهيكلية دائما متعددة النوى وتكون غالبا محيطية الموقع.

٣- تتفرع الالياف العضلية القلبية وتلتقي هي وما يجاورها من الالياف العضلية الاخرى بينما لا يحدث ذلك في الالياف العضلية الهيكلية.

٤- الالياف العضلية القلبية اصغر قطرا من الالياف العضلية الهيكلية.

٥- تظهر الليفات العضلية القلبية لليف الواحد اقل عددا واكثر سمكا من الليفات العضلية الهيكلية.

٦- الليفات العضلية في الليف العضلي القلبي تبتعد قليلا عن النواة لتكون منطقة حولها يتجمع فيها السايتوبلازم العضلي. ولا تكون الحالة كذلك في الليف العضلي الهيكلي. لقد وجد كذلك انه بتقدم العمر تترسب صبغة الفيوسن الدهني lipofucsin ذات اللون البني المصفر في السايتوبلازم العضلي حول النواة في الخلية العضلية القلبية.

٧- يكون التخطيط المستعرض في الليف العضلي القلبي اقل وضوحا مما هو عليه في الليف العضلي الهيكلي.

٨- يحتوي سايتوبلازم الخلية العضلية القلبية على مايتوكوندريا اكثر عددا من غيرها ويكون ذا اعراف اكثر مما هو عليه في الالياف العضلية الهيكلية.

٩- يظهر الليف العضلي القلبي تحت المجهر الالكتروني محتويا على شبكة

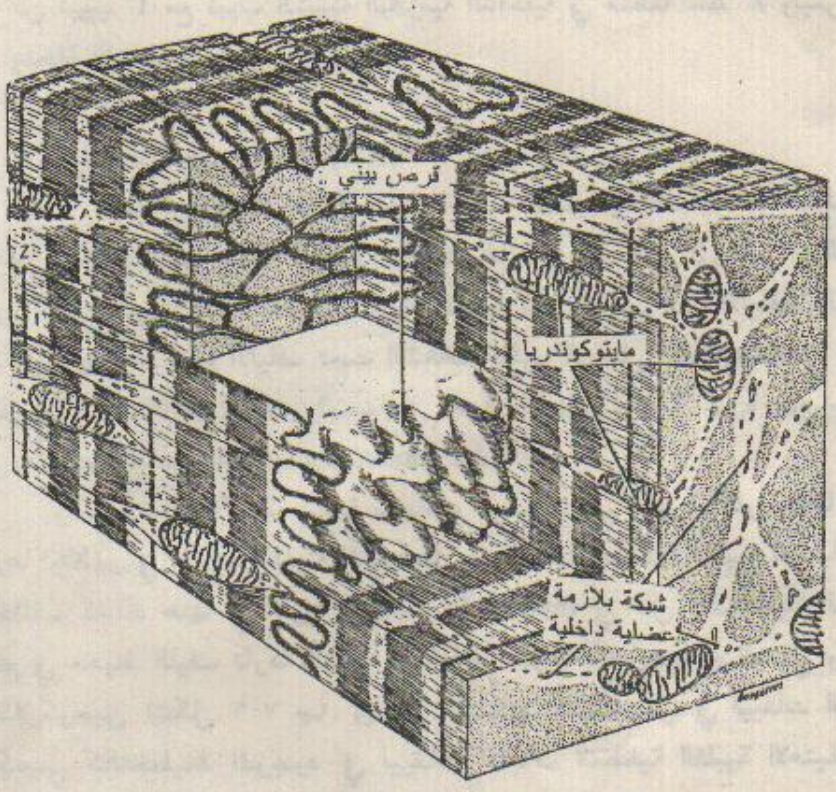
بلازمية عضلية اقل وضوحا مما هي عليه في الليف العضلي الهيكلي كما ان ثلاثات نموذجية لا توجد فيه بل استعيض عنها بثنائيات diads تتكون من نبيب T مع نبيب الشبكة البلازمية الداخلية في منطقة خط Z وليس في منطقة الارتباط A-I.

الياف بركنجي Purkinje fibers :

فضلا عن الالياف العضلية القلبية الاعتيادية السابقة هناك الياف عضلية متخصصة لها علاقة بايصال دفعات التقلص من قسم الى اخر في القلب تكون اسرع من الالياف العضلية القلبية الاعتيادية. وتدعى هذه الالياف بالياف بركنجي. وتوجد هذه الالياف تحت الشغاف القلبي الداخلي endocardium قرب عضل القلب myocardium ولاسيما في جدار البطين مكونة جزءا من جهاز نقل دفعات التقلص impulse conducting system.

وتكون هذه الالياف مرتبة بمجاميع صغيرة وهي اكبر واكثر سمكا من غيرها وتظهر في المقاطع الملونة افتح لونا من الالياف العضلية القلبية الاعتيادية. وتختلف كذلك عنها في كون الليفات myofibrils في كل ليف قليلة العدد وتقع في محيط الليف تاركة المنطقة الوسطية مملوءة بالسايتوبلازم العضلي وغنية بالكلايكوجين (شكل ٦-٧ جـ). ويظهر التخطيط المستعرض في ليفات الياف بركنجي كالتخطيط الموجود في ليفات الالياف العضلية القلبية الاعتيادية. والياف بركنجي كالالياف العضلية القلبية تشكل شبكة مكونة من وحدات خلوية منفصلة. والاقراص البينية موجودة ولكنها لاترى بوضوح غالباً.

يحتوي ليف بركنجي على نواتين غالبا ذواتي شكل كروي تقريبا.



شكل ٦-٨ التركيب الدقيق للالياف العضلية القلبية في منطقة القرص البيني
(عن جنكورا وجماعته)