

فسلجة العضلات

تعد العضلات نسيجاً متخصصاً للتقلص والحركة. كما ان الحركة ميزة مهمة في الكائنات الحية اذ تقترن بتقلص العضلات. وتعتمد الحركة على وجود البروتينات المتخصصة للقيام بالتقلص ومن اهم هذه البروتينات بروتين الاكتين والمايوسين لذا تعد العضلات اجهزة متخصصة لتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية.

انواع العضلات

1- العضلات الهيكلية Skeletal Muscles : عضلات مخططة Striated تمتلك القدرة على التقلص القوي

والسريع ولكنها تتعب بسرعة. وهي عضلات ارادية اذ تقع عادة تحت سيطرة المراكز القشرية في الدماغ (مع امكانية تقلصها لا اراديا كما يحدث في حالة الأفعال الأنعكاسية الشوكية التي تتطلب سرعة كبيرة فضلا عن تقلص العضلات التنفسية كعضلة الحجاب الحاجز والعضلات بين الأضلاع بدون تدخل ارادي), وتحتاج هذه العضلات الى الأعصاب لتؤدي عملها (اي اصل التقلص فيها عصبي المنشأ) اي انها تصاب بالشلل والضمور عند قطع او تلف العصب المرتبط بها لكونها لا تمتلك القدرة على التقلص ذاتيا . يكون التقلص مسبقا بجهد فعل ويستمر جهد الفعل الذي يسبق تقلص العضلة الهيكلية فترة قصيرة حوالي (10-8) ملي ثانية وهذه الفترة أقصر بكثير من الفترة التي يستغرقها جهد الفعل في العضلة القلبية. تكون قيمة جهد الغشاء عند الراحة حوالي (-90) ملي فولت وتتملك شبكة ساركوبلازمية جيدة التكوين .

2- العضلات القلبية Cardiac Muscles : تكون الياف العضلات القلبية اسطوانية متفرعة تحتوي على

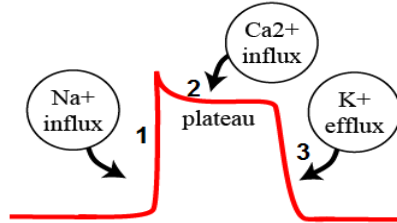
نواة مركزية الموقع وهي عضلات مخططة لا ارادية تمتلك القدرة على التقلص الذاتي اي اصل النبض فيها عضلي المنشأ كما انها مزودة باعصاب ذاتية تعمل على تحويل التقلص وفق الحالة الفسلجية وتتميز العضلات القلبية بخاصيتين هما:

1- النسقية اذ انها تتقلص وتنسبط بالتعاقب 2- التوصيل اذ ان اليافها المتفرعة المتشابكة تسهل انتقال جهود الفعل فيما بينها انتقالا كهربائيا مما يؤدي الى انتشار النشاط الكهربائي في العضلة ككل. ويتميز جهد الفعل الذي يسبق تقلص العضلات القلبية بالمراحل الآتية:

1- زوال استقطاب سريع (بسبب الزيادة السريعة في نفاذية ايونات الصوديوم الى الداخل Na^+ influx) .

2- هضبة plateau (ناتجة عن زيادة بطيئة وطويلة في نفاذية ايونات الكالسيوم الى الداخل Ca^{++} influx) .

3- عودة استقطاب بطيئة (بسبب الزيادة المتأخرة في نفاذية ايونات البوتاسيوم الى الخارج K^+ influx) . وبذلك قد تصل فترة جهد الفعل الذي يسبق تقلص هذه العضلات الى حوالي (300) ملي ثانية وتكون قيمة جهد الغشاء عند الراحة حوالي (-80) ملي فولت.



شكل (1): مراحل جهد الفعل في العضلة القلبية

3- العضلات الملساء Smooth Muscles : وهي عضلات غير مخططة لا ارادية تدخل في تركيب

الاحشاء الداخلية وهي ذات الياف مغزلية الشكل تقسم الى نوعين هما:

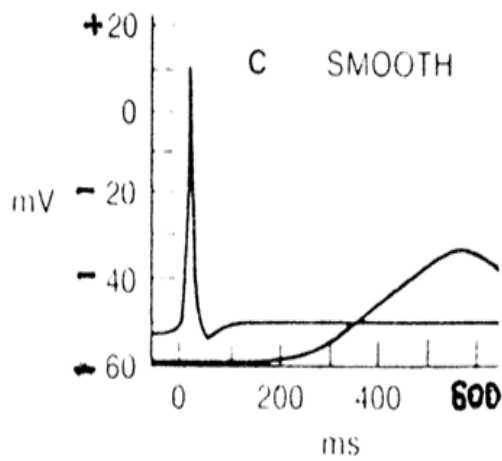
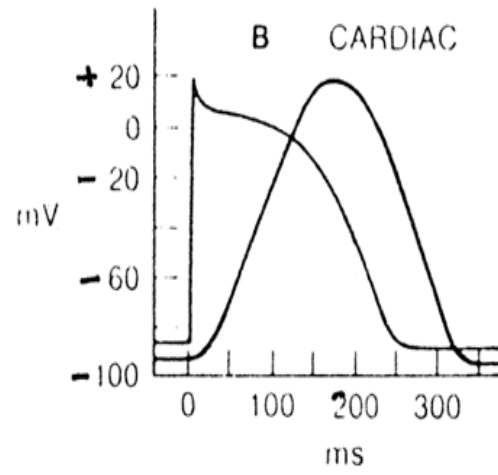
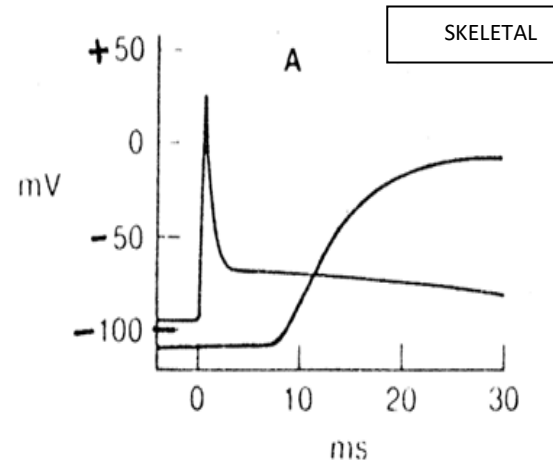
أ- العضلات الملساء الوحديوية Unitary Smooth Muscles : توجد بهيئة صفائح كبيرة تعمل كوحدة

واحدة و تدخل في بناء جدران الأعضاء المجوفة في الأحشاء كالقناة الهضمية والمثانة والحالبين والرحم لذلك تدعى ايضا بالعضلات الملساء الحشوية Visceral Smooth Muscles. تمتلك هذه العضلات القدرة على التقلص الذاتي وهي مجهزة بأعصاب من الجهاز العصبي الذاتي تعمل على تنظيم تقلصها.

ب- العضلات الملساء متعددة الوحدات Multiunit Smooth Muscles : تترتب بهيئة وحدات حركية

لا تتقلص ذاتيا بل تتقلص بتنبيه عصبي وهي بذلك تشبه العضلات الهيكلية وتوجد في جدران الأوعية وفي قزحية العين .

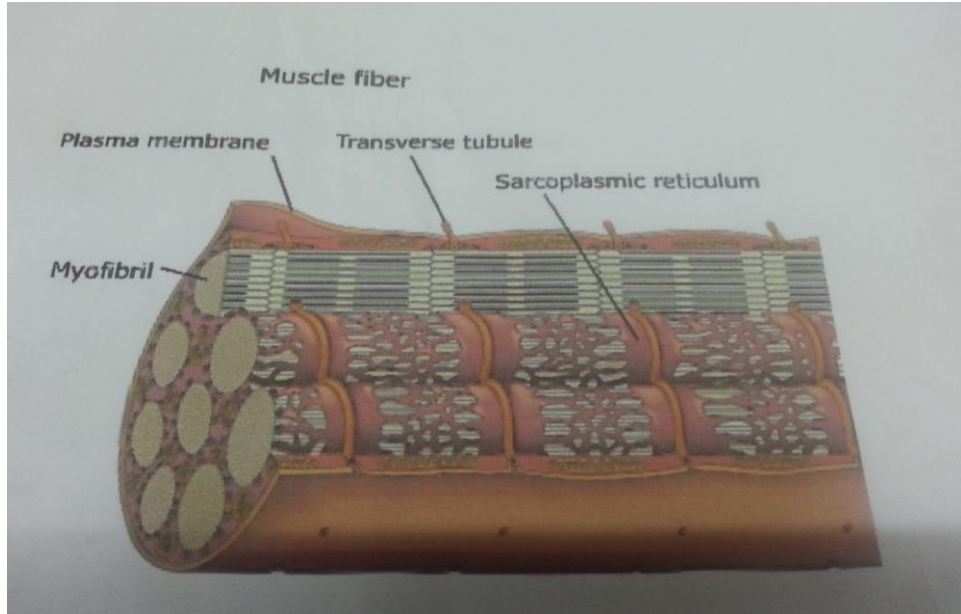
يستغرق تقلص العضلات الملساء وقتا طويلا وتتميز ايضا بالنسقية والتوصيل. وقد تصل قيمة جهد الغشاء عند الراحة في هذه العضلات الى (-50) ملي فولت.



شكل (2): جهود الفعل وتقلص أنواع العضلات المختلفة

العضلات الهيكلية Skeletal Muscles

تتألف العضلة الهيكلية من حزم من الألياف العضلية Muscle Fibers تمتد بطول العضلة وكل ليف عضلي يمثل خلية متعددة الأنوية تحوي لبيفات عضلية Myofibrils والليفات تحوي خيوط Filaments والتي تتألف من بروتينات تقلصية .



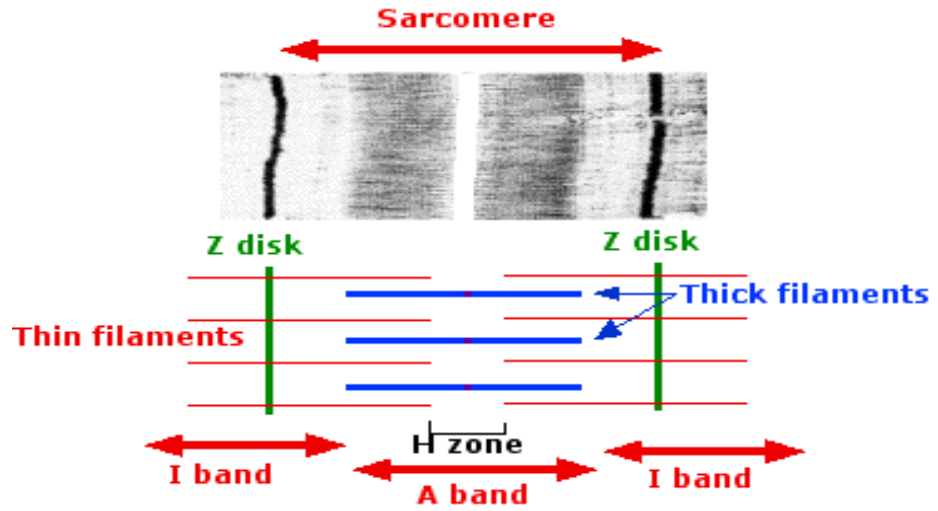
شكل (3): تركيب الليف العضلي Muscle Fiber

*- باستخدام المجهر الضوئي تلاحظ:

- مناطق غامقة تتبادل مع مناطق فاتحة على امتداد الليف العضلي وتدعى المناطق الداكنة بالأشرطة غير المتجانسة ضوئيا Anisotropic Bands (A-bands) أما المناطق الفاتحة فتدعى بالأشرطة المتجانسة ضوئيا Isotropic Bands (I-bands).
- يقسم شريط I في وسطه بغشاء يدعى خط-Z (Z-line) و يدعى أيضا قرص-Z (Z-disk) والمنطقة المحصورة بين خطي Z متجاورين تدعى بالقطعة العضلية Sarcomere. (الحرف Z مشتق من كلمة المانية تعني بين الأقراص (Zwischenschieben)
- هناك منطقة فاتحة نسبيا تقع وسط شريط A تدعى Hensen Zone (H-Zone).

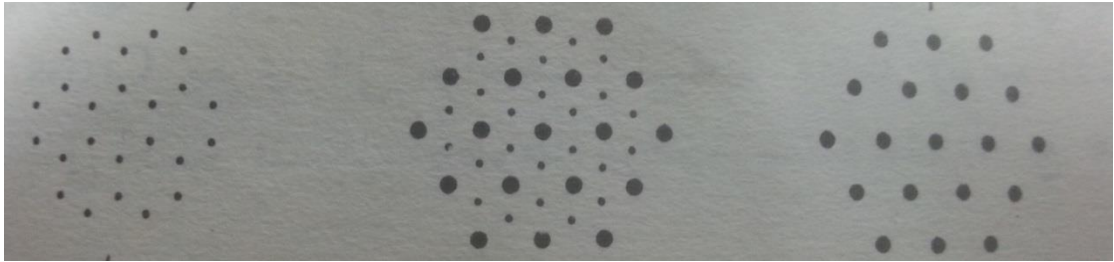
عند فحص اللييف العضلي باستخدام المجهر الإلكتروني تلاحظ:

- كل قطعة عضلية تحوي خيوط نحيفة Thin Filaments تمتد من كل خط Z باتجاه منتصف القطعة وخيوط غليظة Thick Filaments بين الخيوط النحيفة وهذه لا تتصل بخطوط Z.
- ان الشريط A يحوي كلا النوعين من الخيوط (النحيفة والسميكة) والشريط I يحوي النحيفة فقط بينما تحوي المنطقة H الخيوط السميكة فقط.



شكل (4): القطعة العضلية Sarcomere

- كل خيط سميك في اللييف العضلي يكون محاط بـ 6 خيوط نحيفة وكل خيط نحيف محاط بـ 3 خيوط سميكة كما في الشكل الآتي.



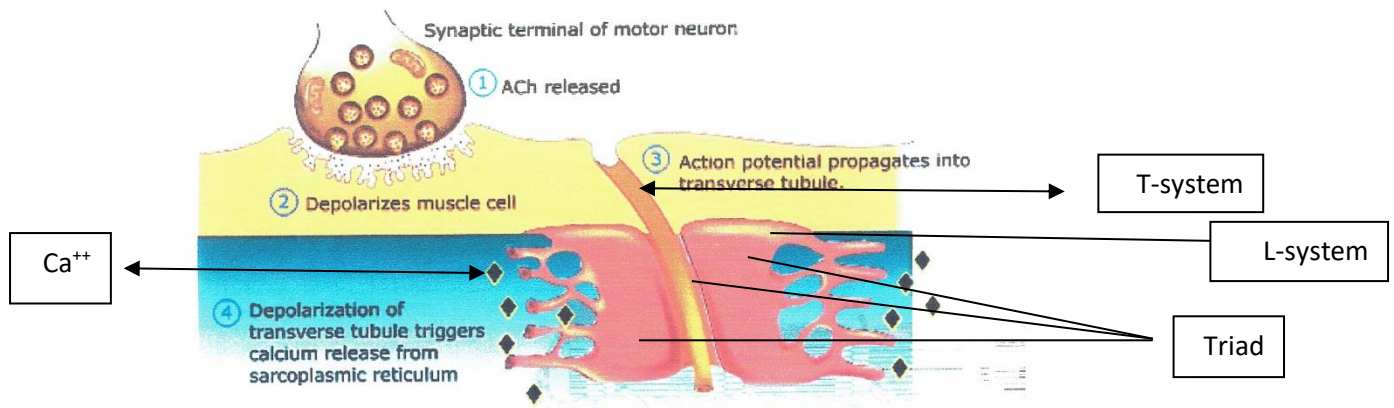
شكل (5): ترتيب الخيوط السميكة والخيوط النحيفة في اللييف العضلي

- تمتد من الخيوط الغليظة باتجاه الخيوط النحيفة امتدادات تدعى بالجسور العرضية Cross Bridges .

*- يحتوي الساركوبلازم Sarcoplasm (أي سايتوبلازم الليف العضلي) على جهاز نبيبي عضلي Sarco-tubular System وهو عبارة عن مجموعة من النبيبات الغشائية التي تقسم الى مجموعتين:

1- الجهاز المستعرض (T-System) Transverse System : الذي يتألف من مجموعة من النبيبات الناشئة عن انبعاجات في غشاء الليف العضلي وتكون هذه النبيبات عمودية على المحور الطولي لليف العضلي. ويقوم هذا الجهاز بنقل جهد الفعل من غشاء الليف العضلي الى كافة اللييفات الموجودة داخل الليف العضلي.

2- الجهاز الطولي (L-System) Longitudinal System : ويعرف ايضا بالشبكة الساركوبلازمية Sarcoplasmic Reticulum ويشمل مجموعة من النبيبات الغشائية تمتد بين النبيبات المستعرضة . وتندمج نبيبات الجهاز الطولي مع بعضها بالقرب من الجهاز المستعرض لتكوين اكياس كبيرة بحيث يقع كل كيس على احد جانبي النبيب المستعرض ليكون الثلاثة معا مايعرف بالنظام الثلاثي أو الثلاث Triad . وتتميز الشبكة الساركوبلازمية بقابليتها على تجميع ايونات الكالسيوم Ca^{++} .



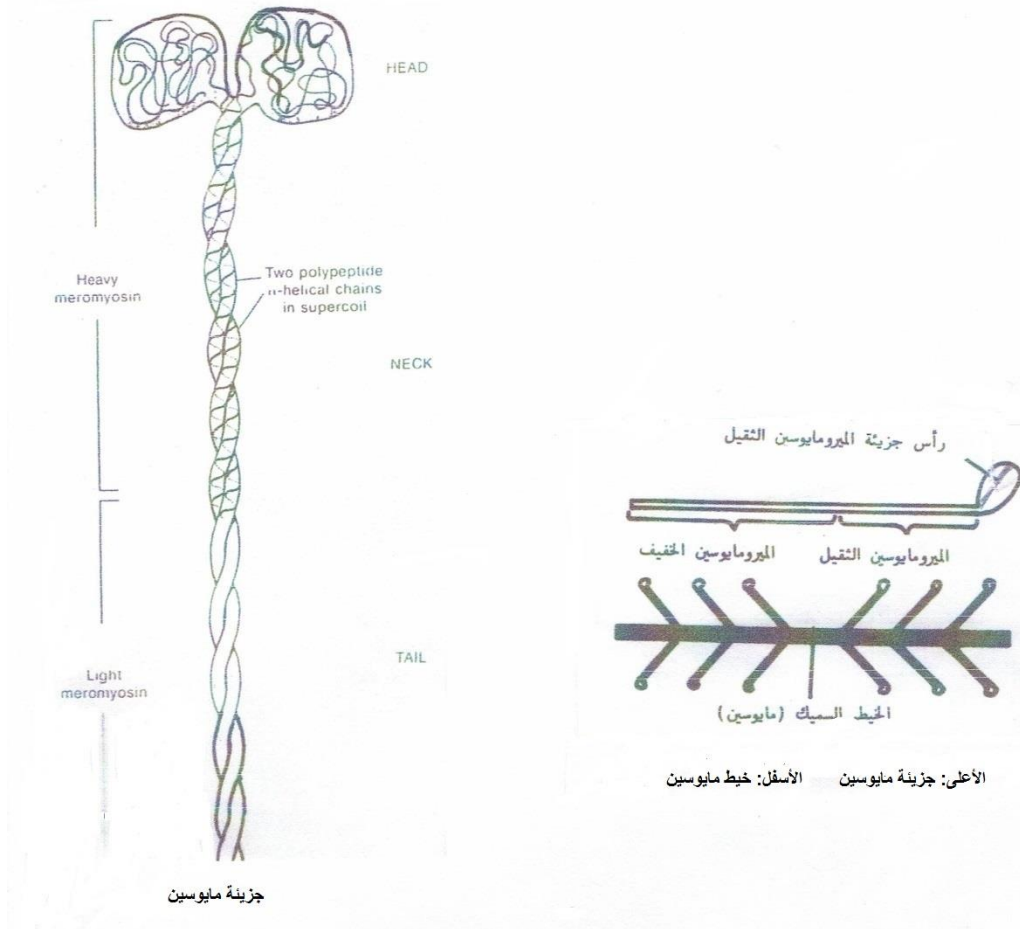
شكل (6): الجهاز النبيبي العضلي Sarco-tubular System

الخصائص الكيميائية للعضلة

هناك اربعة انواع من البروتينات في القطعة العضلية تشارك في عملية التقلص العضلي وهي:

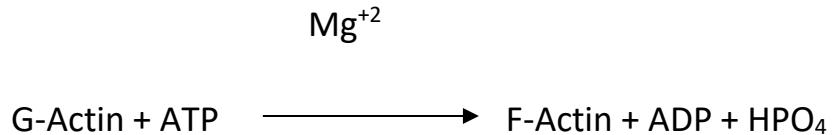
1- **المايوسين Myosin**: وهو الذي يشكل مادة الخيوط الغليظة وتتألف جزيئة المايوسين من سلاسل ببتيدية تلتف بشكل حلزون ذو رأس مزدوج وذنب وبأستخدام انزيم التربسين تتجزأ الجزيئة الى جزئين احدهما يحوي الرأس وجزء من الذنب ويدعى بالميرومايوسين الثقيل (HMM) Heavy Meromyosin والآخر يحوي ماتبقى من الذنب ويدعى بالميرومايوسين الخفيف (LMM) Light Meromyosin.

*- يعمل الميرومايوسين الثقيل بمثابة ATPase حيث يحلل الـ ATP لتحرير الطاقة , كما يأتي:



شكل (7): جزيئة وخيوط المايوسين

2- الأكتين **Actin**: ويشكل مادة الخيوط النحيفة وهو بروتين خيطي ملتف بشكل حلزون مزدوج Double Helix يتألف من وحدات بروتينية كروية , حيث انه ينشأ عن بلمرة الأكتين الكروي (G-Actin) Globular Actin الى اكتين ليفي (F-Actin) Fibrous Actin وتدعى هذه العملية بالتحول الكروي – الليفي وتتم بوجود ايونات المغنسيوم (Mg^{+2}) وجزيئات ATP كما في المعادلة الآتية :



- يحوي خيط الأكتين مواقع مهيئة للارتباط مع رؤوس الجسور العرضية الممتدة من خيط المايوسين.

3- التروبومايوسين Tropomyosin

وهو بروتين ليفي يمتد في ثنايا حلزون الأكتين وفي وضع الراحة يعمل هذا البروتين على تغطية المواقع الموجودة على خيط الأكتين والمهيئة للارتباط برؤوس الجسور العرضية للمايوسين.

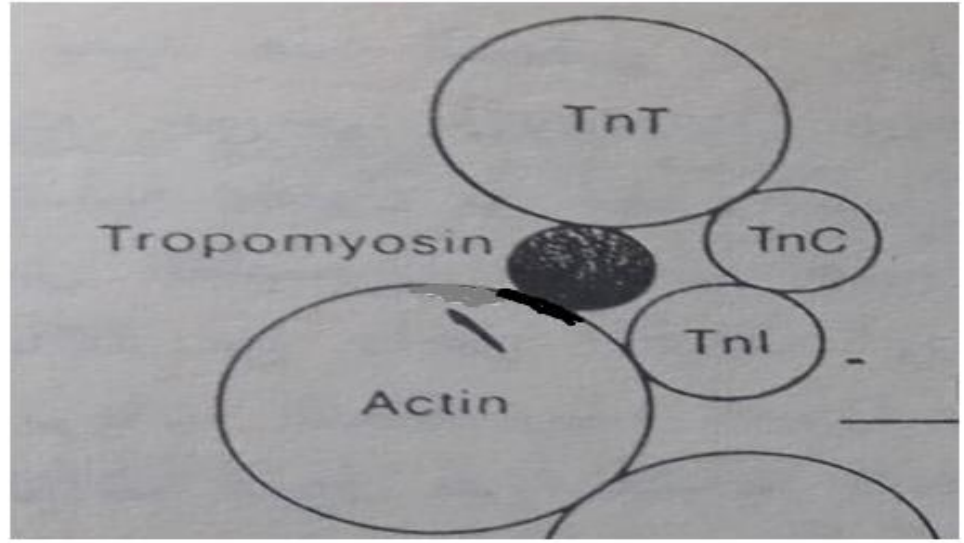
4- التروبونين Troponin

ويتألف هذا البروتين من ثلاث وحدات كروية ثانوية تقع في احاديذ حلزون الأكتين وهي :

- Troponin-T ويرتبط بالتروبومايوسين لذلك يدعى T .

- Troponin-I ويقوم بتنشيط فعالية الـ ATPase لذلك يدعى I نسبة الى كلمة Inhibitor لكونه (في الألياف المستريحة) يوجد بوضع يمنع الجسور العرضية للمايوسين من الاتصال بالمواقع الخاصة الموجودة على خيط الأكتين , وهو مثبط لفعل الميرومايوسين الثقيل

- Troponin-C ويحوي مواقع للارتباط بأيونات الكالسيوم Ca^{++} لذلك يدعى C .



شكل (8) : مواقع التروپومايوسين و الوحدات الثانوية للتروپونين على خيط الأكتين