اسم المادة : علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

اسم المحاضرة : فسيولوجيا الجهاز العضلي- الجزء الثاني

رقم المحاضرة : (6)

المراجع المعتمدة/

١. العلوجي ، صباح ناصر (٢٠١٤) . علم وظائف الاعضاء ، الطبعة الثالثة.

٢. زيتون ، عايش . (٢٠٠٨) . علم حياة الانسان ، الطبعة الاولى – الاصدار الرابع.

٣. يوسف محمد عرب ، صباح ناصر العلوجي ، فاروق ناجي كرماشة ، مروان عبد الرحيم . (١٩٩٨) فسيولوجيا الحيوان . جامعة بغداد.

٤. ضياء حسن الحسني ، صادق محمد امين الهيتي (١٩٩٠) . فسلجة الحيوان . جامعة بغداد

٥. بعض المواقع الالكترونية للتعزيز بالاشكال والمخططات التوضيحية.

MUSCLE SYSTEM الجهاز العضلي

- **بروتينات الليفات العضلية:** يوجد في الليفات العضلية اربعة انواع من البروتينات هي :

١) **المايوسين Myosin** :

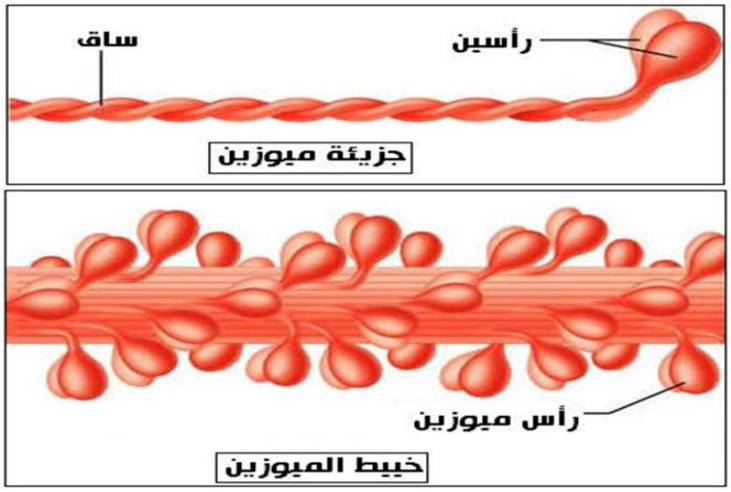
a) يؤلف نصف مجموع البروتين الليفي ، وهو المكون الرئيسي للخيوط السميكة داخل الليف العضلي وكذلك الجسور العضلية .

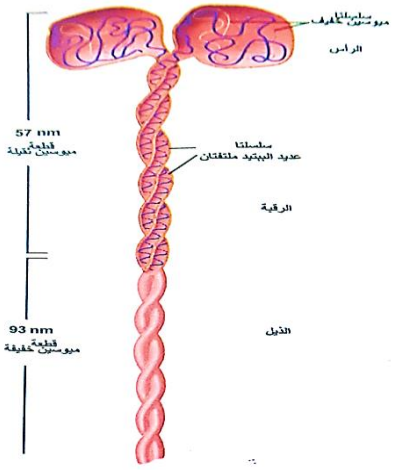
b) تتالف جزيئة المايوسين من عدة سلاسل ببتيدية تشكل خيطا حلزونيا ذو نهاية راسية مزدوجة وذيل .

c) يمكن ان تنفصم هذه الجزيئة باستخدام انزيم التربسين الى جزيئتين ، جزء امامي يضم الراس وقليل من الذيل ويسمى الميرومايسين الثقيل Heavy meromysine (Hmm) .

d) وجزء ثاني يمثل بقية الجزيئة يسمى الميرومايسين الخفيف Light meromysine (Lmm) .

e) يرتبط الـ ATP مع المايوسين وان القدرة على دفع التفاعل تعود الى الجزء الثقيل Hmm اي انه يعمل بمثابة انزيم .

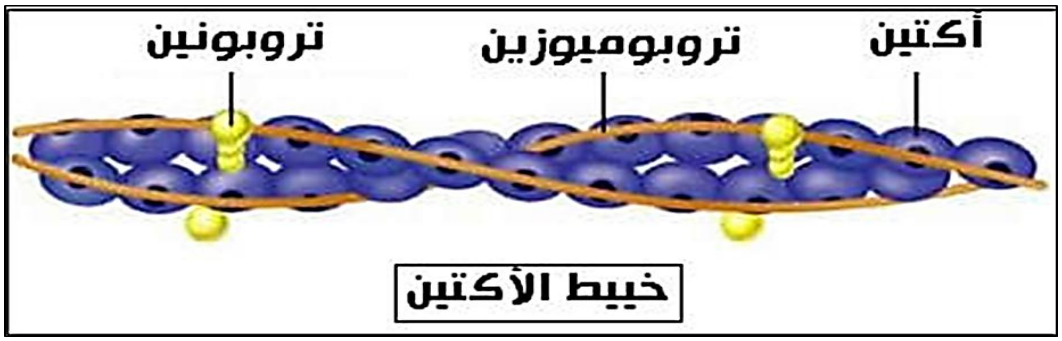




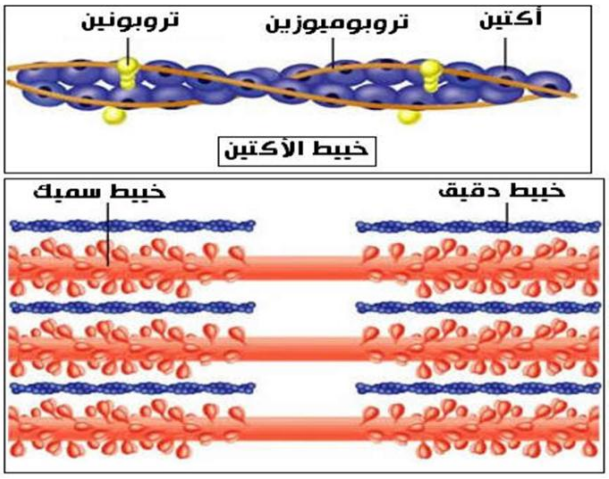
٢) **الأكتين Actin** :

a) هو بروتين حلزوني مزدوج (يتكون من جزيئات كروية مجتمعة مع بعض ، يوجد على كل جزئ واحد مواقع نشطة لارتباط رؤوس المايوسين) .

b) عند ازالته تختفي الخيوط الدقيقة وكذلك المناطق المنيرة مما يدل على انه المكون الاساسي للخيوط الدقيقة .



٣) التروبومايسين Tropomyosin :



a) بروتين ليفي خيطي (قضيبي الشكل) يتمركز في ثنايا حلزون الاكتين .

b) يلتف كل اثنان من خيوط التروبومايسين حول خيط الاكتين المزدوج السابق الذكر ليعطيانه دعما وصلابة.

c) في حالة انبساط العضلة تغطي خيوط التروبومايسين مواقع ارتباط المايوسين الموجودة على جزيئات الاكتين الكروية فلا يتمكن المايوسين من الارتباط بالاكتين (الخطوط الرفيعة) .

d) مما سبق وظيفة التروبومايسين هي الدعم وكذلك وظيفة تنظيمية Regulatory .

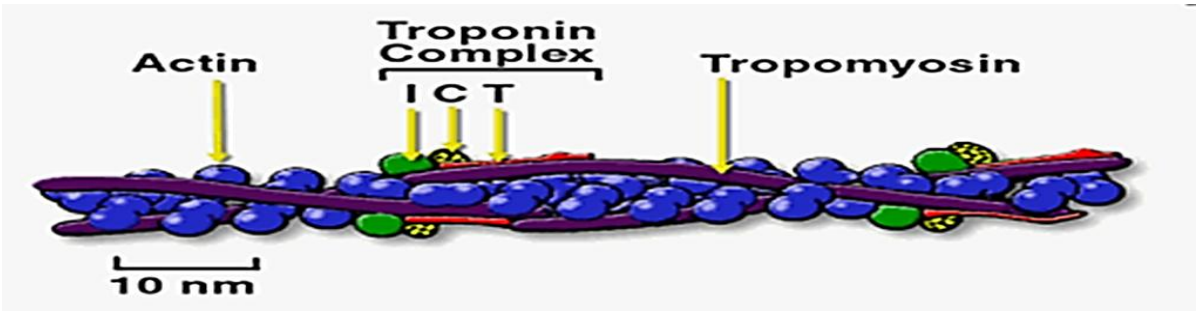
٤) التروبونين Troponin :

هو معقد من ثلاث جزيئات بروتينية كروية **تقع في اخاديد حلزون الاكتين** ... وهي كما يلي :

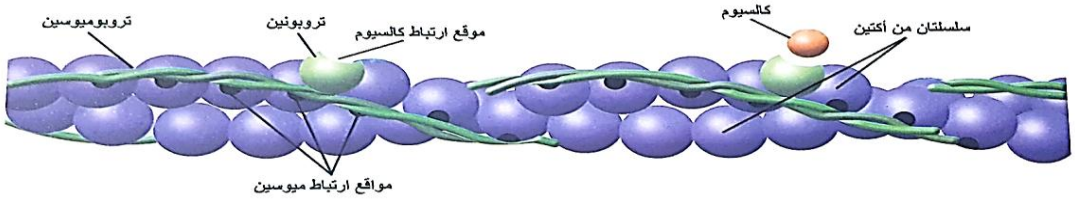
a) **TnI** : وهي مثبطة Inhibitory ، حيث انها ترتبط بجزيئات الاكتين وتساعد في استقرار التروبومايسين على مواقع ارتباط المايوسين (تغطيها) وبذلك تمنع الاتصال وبهذا تثبط الانقباض العضلي .

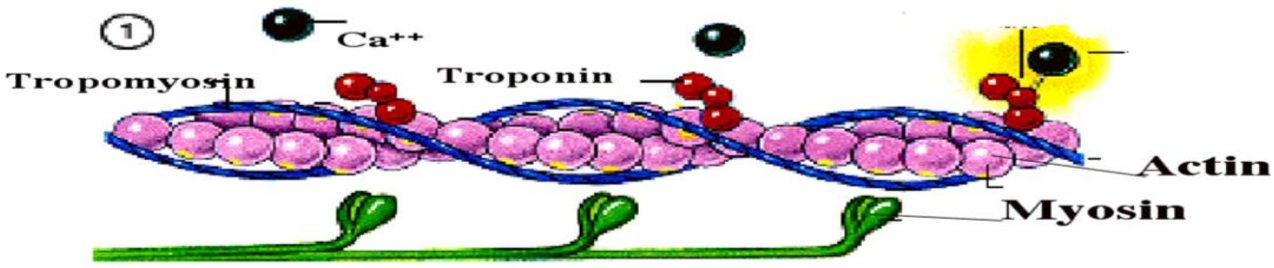
b) **TnT** : وهي ترتبط التروباميسين وتساعد في تثبيته بموقعه على الاكتين (تثبيت ودعم) .

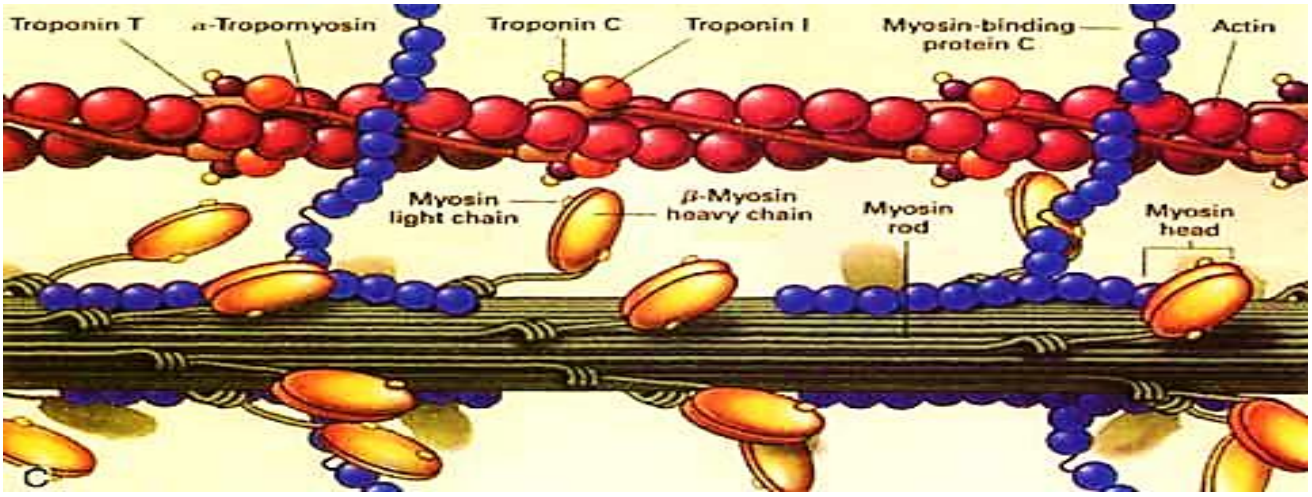
c) **TnC** : تعمل على الارتباط بايوني كالسيوم Ca^{+2} ، مما ينشطها ويجعلها قادرة على الارتباط بايوني كالسيوم اخرين ليصبح مجموع ايونات الكالسيوم المرتبط بجزيء **TnC** **اربعة ايونات** .



ارتباط **TnC** مع اربعة ايونات كالسيوم يحدث تغيير في شكل معقد التروبونين مما يعمل على ازاحة التروبوماسين جانبا عن موقع ارتباط المايوسين الموجود على خيط الاكتين ، الامر الذي يسمح لراس المايوسين بالارتباط بالاكتين وبالتالي حودث عملية انزلاق الخيوط على بعضها وبالتالي حدوث عملية الانقباض .







❤ أنواع التقلص العضلي Muscle contraction :

مهمة العضلات هي إنتاج الشد ، و طرق إنتاج الشد معروفة بالتقلص العضلي و المهام الرئيسية للتقلص العضلي هي: * الاحتفاظ بالهيئة (الشكل). * تحريك الجسم. * إنتاج حرارة الجسم.

يوجد نوعان رئيسيان من التقلص العضلي:

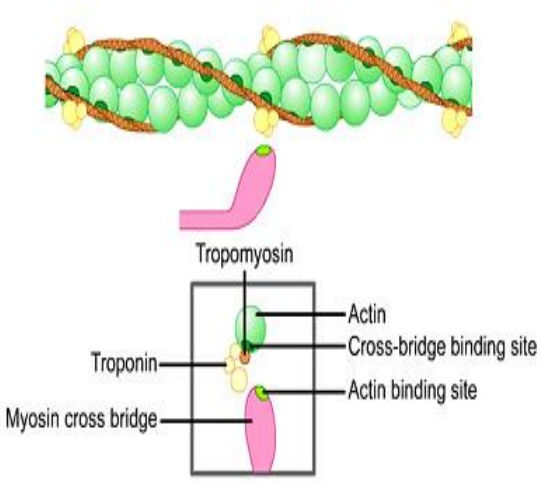
١) التقلص متساوي (ثابت) الطول **Isometric contraction** : وفيه لايحدث تغيير في طول العضلة وانما يزداد الضغط او التوتر بداخلها (تثبت نهايتي العضلة و لا يوجد تحريك للمفصل) كما هو الحال عند فشل العضلة في رفع ثقل معين .

٢) التقلص متغير الطول **Isotonic contraction** : ويحدث تغير في طول العضلة بنشاطها العضلي لإنتاج قوة معينة .

❤ خطوات التقلص العضلي

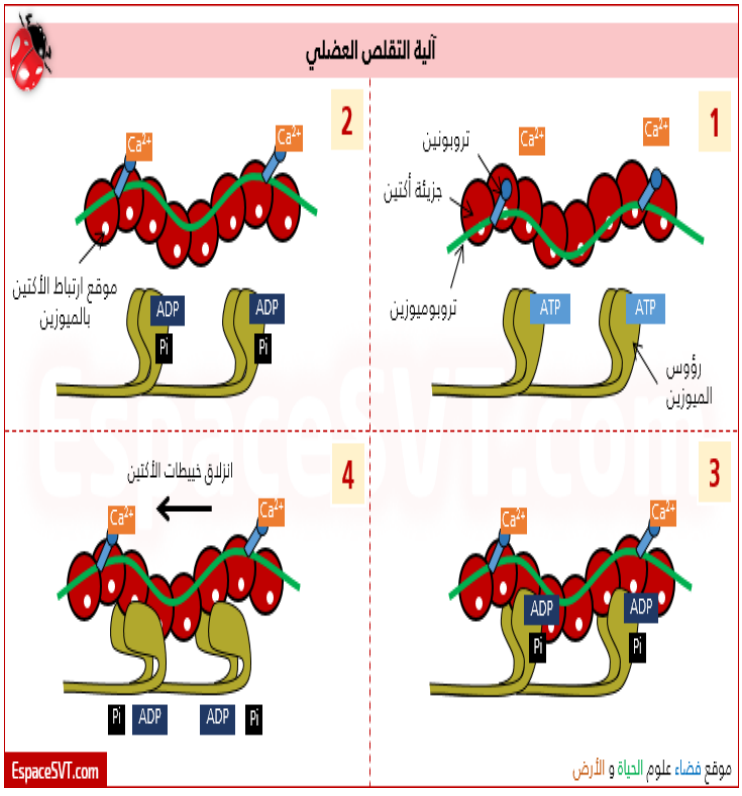
ان اكثر النظريات قبولا لتفسير الية التقلص العضليهي نظرية الانزلاق الخيطي **Sliding filament theory** وهي نظرية العالم هكسلي ١٩٥٤. ويعزى فيها التقلص الى انزلاق وتحرك خيوط الاكتين (الرفيعة) فوق خيوط المايوسين (السميكة) باتجاه المنطقة المعتمة وبما ان الخيوط الدقيقة (الاكتين) متصلة مع خيوط (Z) فانها عندما تنزلق تجذب معها خيوط (Z) فيقصر الليف .

نظرية الانزلاق الخيطي Sliding filament theory : يمكن تلخيص هذه النظرية بالخطوات التالية :



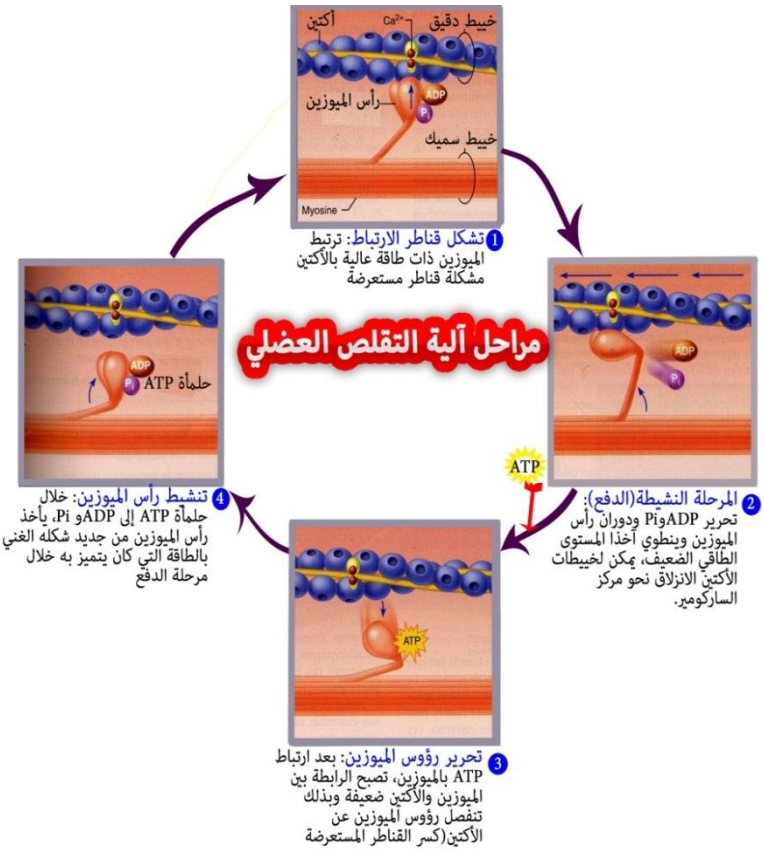
١) تكون خيوط الاكتين والمايوسين موازية لبعضها ، وتمتد الجسور العرضية نحو خيوط الاكتين ولكنها (في حالة الراحة او الانبساط) لاترتبط مع المواقع الفعالة في الاكتين لكون هذه المواقع مغطاة ببروتين التروبومايسين.

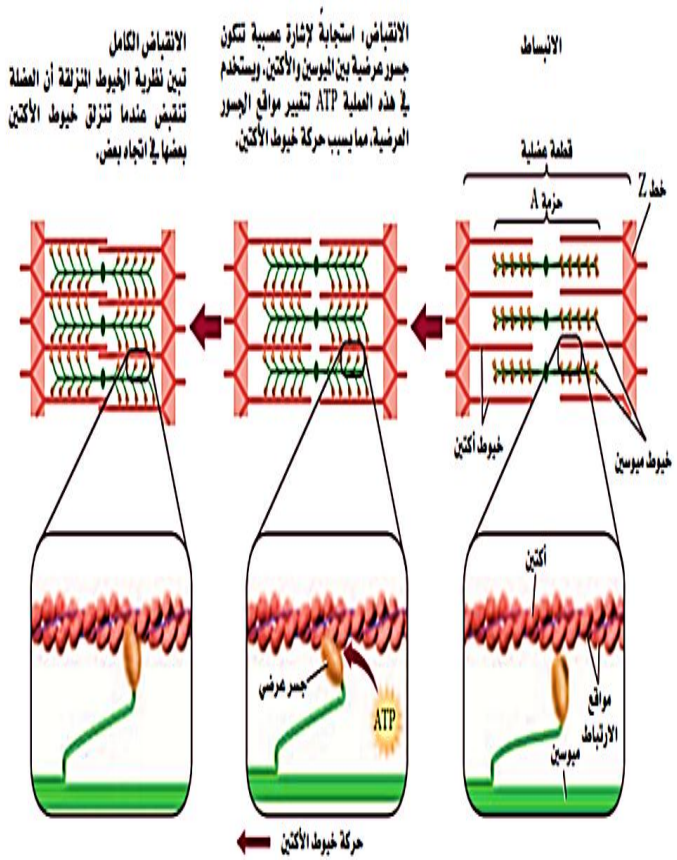
٢) عند تنبيه العضلة الهيكلية يسري جهد الفعل في غشاء الليف العضلي الى الداخل عن طريق انبوب T حتى يصل الى نبيبات الشبكة الساركوبلازمية فيتسبب في تحرر ايونات الكالسيوم Ca^{+2} والتي ستتحد مع بروتين التروبونين TNC والذي سيعاني تغيرا في شكله مما يجعله يقوم بازاحة التروبونين TNI من مكانه وسحب التروبومايوسين فتتكشف المواقع الفعالة على خيط الاكتين فيحدث الارتباط بين رؤوس الجسور العرضية وخيط الاكتين.



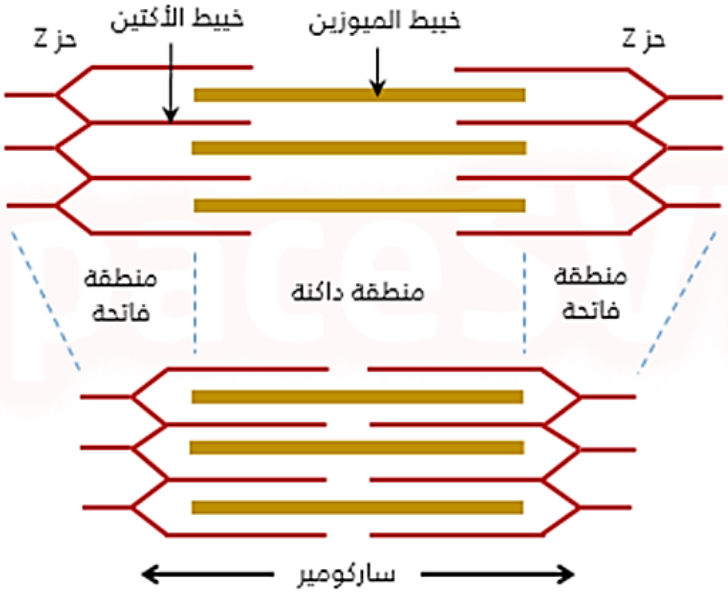
٣) يمتلك راس الجسر العرضي العديد من المواقع الفعالة القادرة على الارتباط مع الاكتين ، وبعد الاتصال يقوم راس الجسر العرضي بالانتقال من موقع لاخر على طول خيط الاكتين وفي نفس الوقت يدور حول نفسه فيولد شدا في الجسر وينتقل هذا الشد الى الخيط السميك (المايوسين) فيسحب خيط الاكتين وينزلق فوق خيط المايوسين ساحبا معه خطي Z المرتبطة اصلا بخيوط الاكتين فيقصر الليف العضلي وتختفي المناطق المنيرة وهذا هو التقلص .

٤) ولكي يحدث الانبساط العضلي وتستعيد العضلة طولها الاصلي ، يتحلل مركب - ATP لتوفير الطاقة لفك ارتباط الجسر مع الاكتين ليعود الراس حرا من جديد ، كما تعود ايونات الكالسيوم الى داخل نبيبات الشبكة الساركوبلازمية تاركة بروتين التروبونين TNC ليعود الى شكله الاصلي فيرجع التروبونين بكل انواعه والتروبومايوسين الى مواقعها الاصلية قبل التقلص ليمنعا راس الجسر العرضي من الارتباط بخيط الاكتين فتعود بالنتيجة خيوط الاكتين الى سابق وضعها وتظهر المناطق النيرة من جديد ويستعيد الـــ Sarcomere طوله الاصلي وتعود العضلة الى حالة الانبساط.



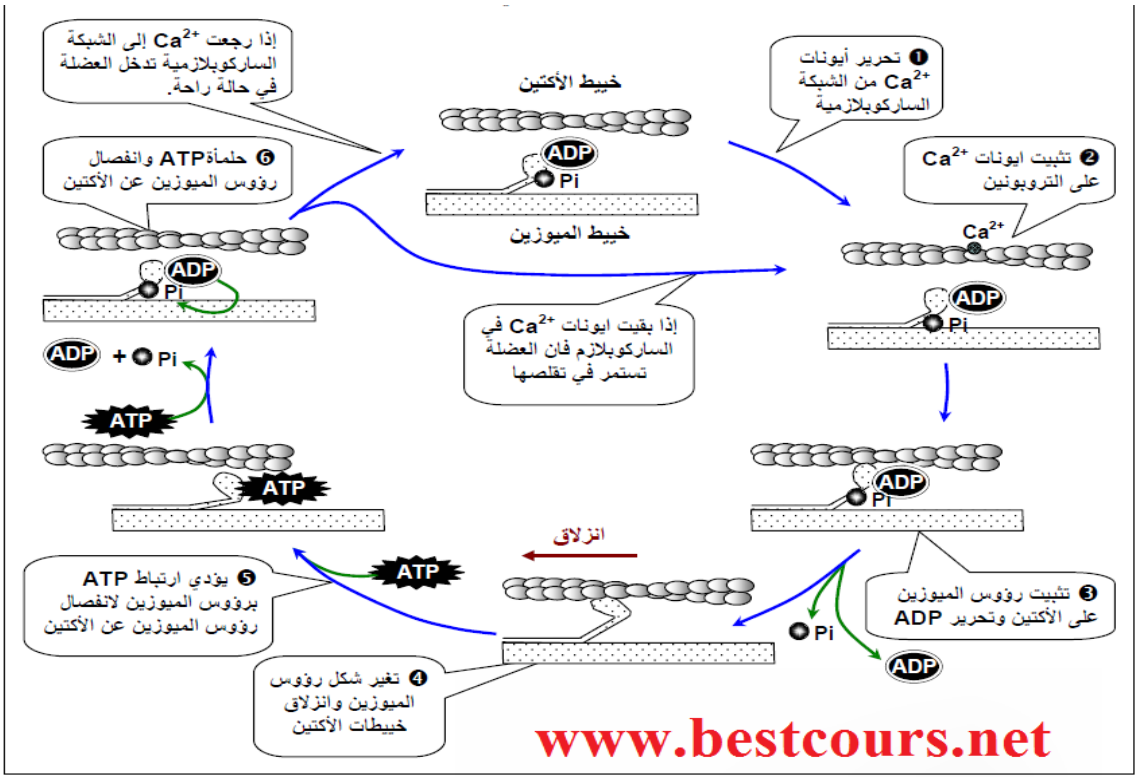


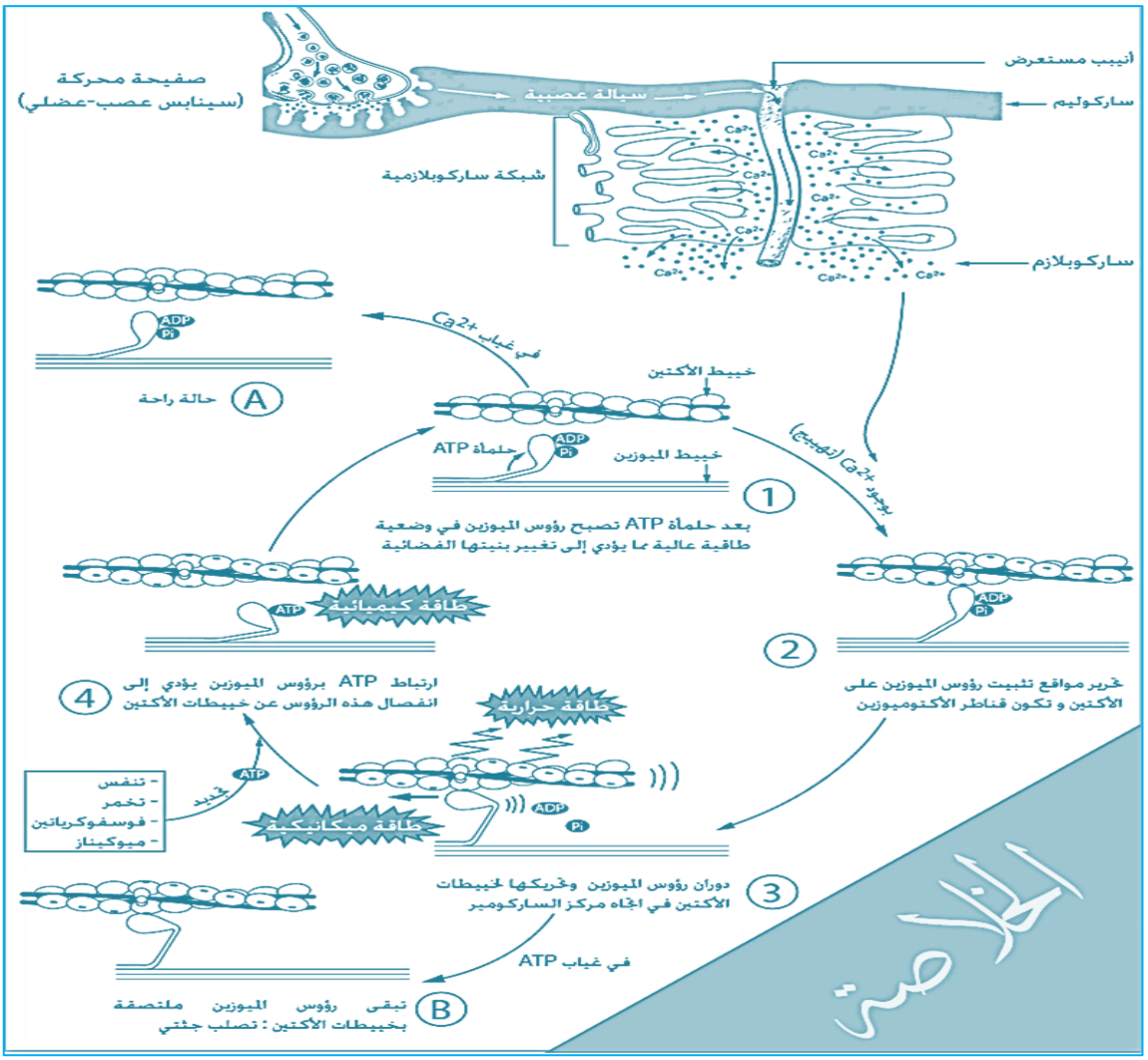
المظهر الميكانيكي للتقلص العضلي على مستوى الساركومير



ليف عضلي
في حالة راحة

ليف عضلي
في حالة تقلص


إذا رجعت Ca^{2+} إلى الشبكة الساركوبلازمية تدخل العضلة في حالة راحة.
خيط الأكتين
❶ تحرير أيونات Ca^{2+} من الشبكة الساركوبلازمية
❻ حلمأة ATP وانفصال رؤوس الميوزين عن الأكتين
❷ تثبيت ايونات Ca^{2+} على التروبونين
خيط الميوزين
إذا بقيت ايونات Ca^{2+} في الساركوبلازم فان العضلة تستمر في تقلصها
انزلاق
❺ يؤدي ارتباط ATP برؤوس الميوزين لانفصال رؤوس الميوزين عن الأكتين
❸ تثبيت رؤوس الميوزين على الأكتين وتحرير ADP
❹ تغير شكل رؤوس الميوزين وانزلاق خيبطات الأكتين
www.bestcours.net


صفيحة محركة (سينابس عصب-عضلي)
سيالة عصبية
أنيبب مستعرض
ساركوليم
شبكة ساركوبلازمية
ساركوبلازم
حالة راحة
A
خيبط الأكتين
خيبط الميوزين
حلمأة ATP
1
بعد حلمأة ATP تصبح رؤوس الميوزين في وضعية طاقية عالية مما يؤدي إلى تغيير بنيتها الفضائية
طاقة كيميائية
2
تحرير مواقع تثبيت رؤوس الميوزين على الأكتين و تكون قناطر الأكتوميوزين
4
ارتباط ATP برؤوس الميوزين يؤدي إلى انفصال هذه الرؤوس عن خيبطات الأكتين
طاقة حرارية
- تنفس
- تخمر
- فوسفوكرياتين
- ميوكيناز
طاقة ميكانيكية
3
دوران رؤوس الميوزين وتحريكها لخيبطات الأكتين في اتجاه مركز الساركومير
في غياب ATP
B
تبقى رؤوس الميوزين ملتصقة بخيبطات الأكتين : تصلب جثتي
الخلاصة