

1- التقلصات العضلية :

أ- ملاحظة :

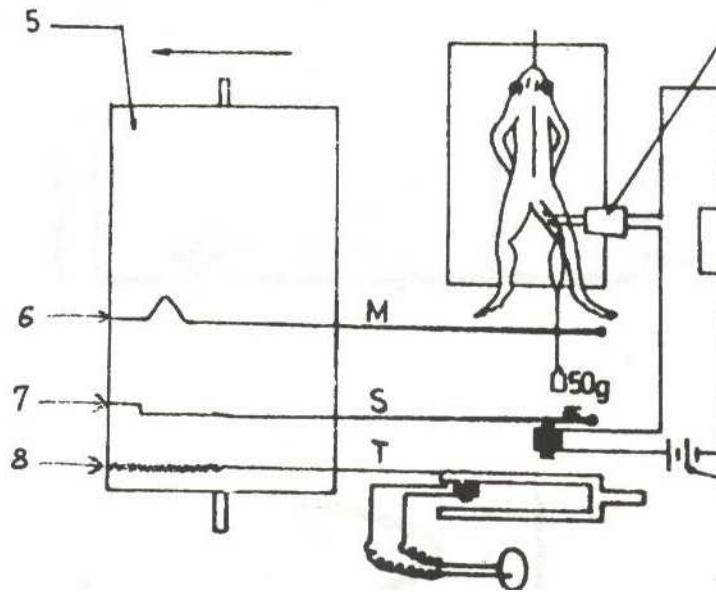
بعد تخريب المراكز العصبية لضدع ، نبرز بواسطة التشريح عضلة بطن ساق الضدع و عصبها الوركي:

- نهيج العصب الوركي فتقلص العضلة
- نهيج العضلة مباشرة فنلاحظ تقلصها

فالعضلة إذا هيوجة و متقلصة.

ب- تسجيل التقلصات العضلية:

لهذا الهدف نستعمل الراسمة العضلية myographe التي تسجل هذا النشاط الميكانيكي للعضلة على شكل أخطوط عضلي myogramme بعد التنبيه :

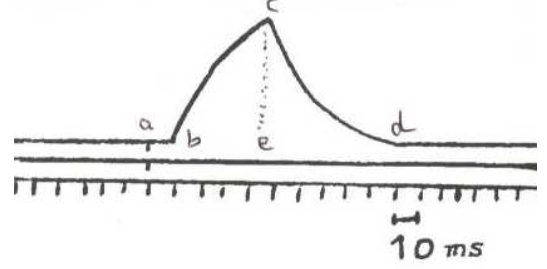


مساري التنبيه

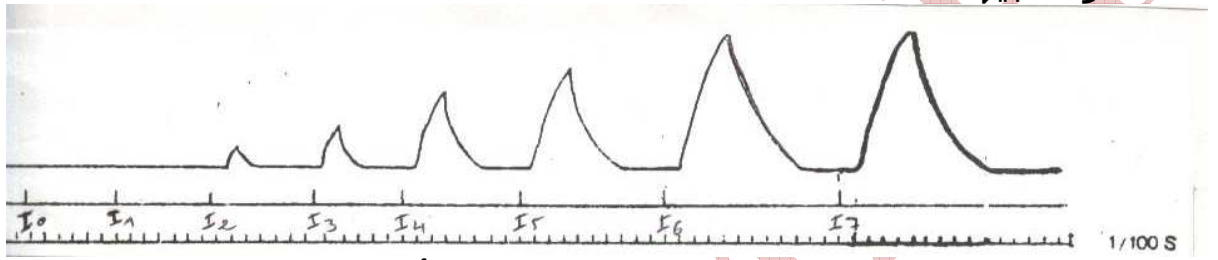
5- أسطوانة التسجيل 6- أخطوط عضلي 7- أخطوط التنبيه 8- أخطوط الزمن

+ مفعول تنبيه واحد فعال :
يؤدي التنبيه الفعال إلى تسجيل رعشة عضلية معزولة

Ab - مدة الانتظار
bc - مرحلة التقلص
cd - مرحلة الارتخاء
ce - وسع التقلص
ad - رعشة عضلية

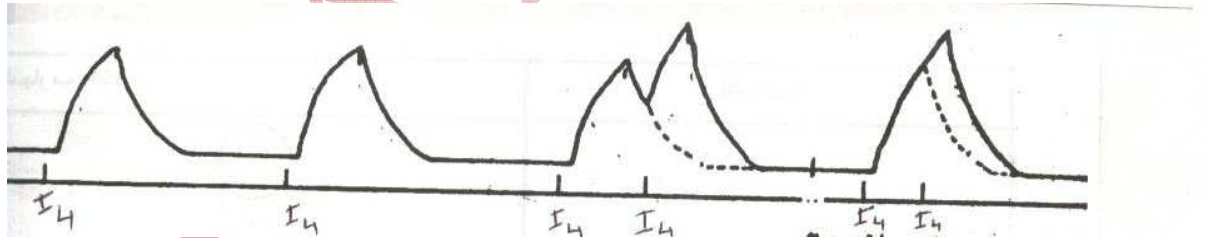


+ مفعول تنبيهات متصاعدة الشدة :



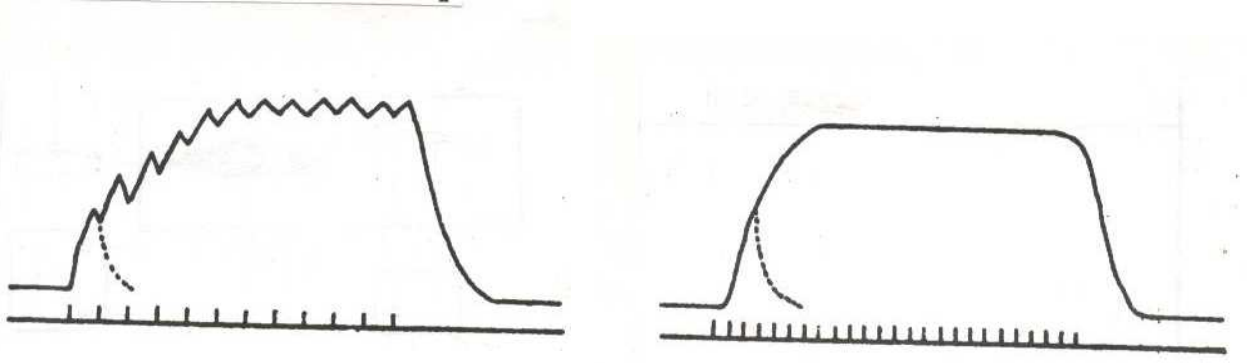
الإهاجة الغير فعالة I_0 و I_1 لا تعطي رعشة عضلية لأنها غير فعالة
الإهجات من I_2 إلى I_7 فعالة و تعطي رعشات عضلية معزولة يزداد وسع تقلصها مع زيادة
شدة التنبيه حتى I_6 ، تم يستقر وسع التقلص رغم زيادة شدة التنبيه ، تعرف هذه الظاهرة
بقانون التعبئة أو التجنيد

+ مفعول إهاجتين متتاليتين بنفس الشدة :



تتغير استجابة العضلة لتنبيهين متتاليين بنفس الشدة حسب المدة الفاصلة بينهما :
+ تنبيهين متباعدين يعطيان رعشتين عضليتين مستقلتين
+ عندما يأتي التنبيه الثاني خلال فترة ارتخاء رعشة التنبيه الأول يحدث التحام غير تام أو
التحام جزئي للرعشتين العضليتين
+ عندما يأتي التنبيه الثاني خلال فترة تقلص رعشة التنبيه الأول يحدث التحام تام
للرعشتين العضليتين فتسجل رعشة واحدة بوسع كبير

+ مفعول تنبيهات متتالية بنفس الشدة :



تنبيهات متتالية بتردد متوسط

تنبيهات متتالية بتردد مرتفع

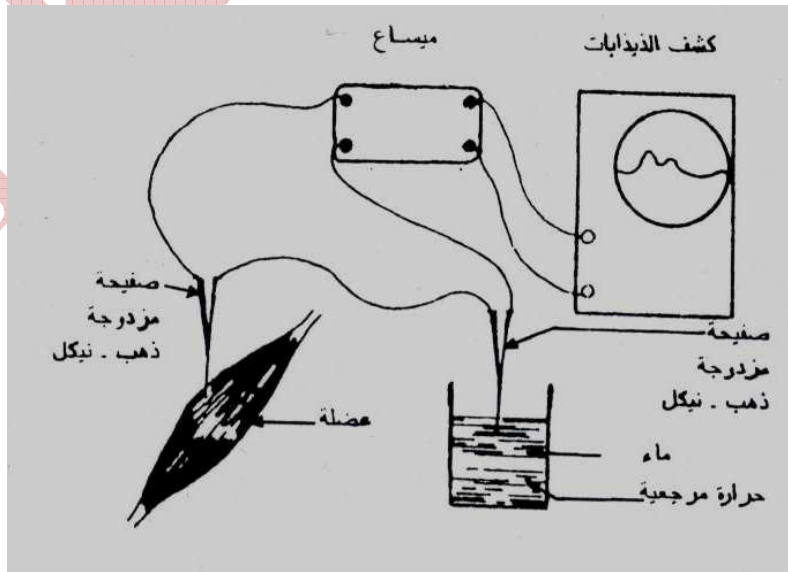
تعطي التنبيهات المتتالية بتردد متوسط زيادة تدريجية في وسع التقلص ثم الاستقرار عند وسع أقصى ، يظهر التسجيل على شكل أسنان المنشار و يسمى كزاز ناقص
تعطي التنبيهات المتتالية بتردد مرتفع زيادة تدريجية في وسع التقلص ثم الاستقرار عند وسع أقصى ، يكون التسجيل منبسط و يسمى كزاز تام
ملحوظة :

بعد فترة تقلص طويلة يلاحظ نقصان تدريجي في وسع التقلص تسمى هذه الظاهرة بالعياء العضلي ثم التوقف عن التقلص رغم مواصلة التنبيه .

2- الظواهر المرافقة للتقلص العضلي :

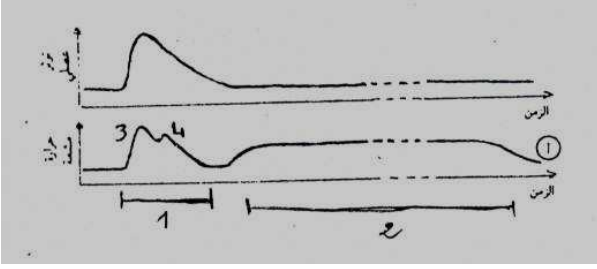
1-2- الظواهر الحرارية :

أ- الكشف عنها :



يتم ذلك بواسطة إبر حرارية و تسجل التغيرات بواسطة كاشف الذبذبات

ب- التسجيل :



في الوسط الهوائي تطرح العضلة عند تقلصها كميتين حراريتين :

- حرارة أولية أو ابتدائية (1) تتزامن و الرعشة العضلية ، و تنقسم إلى :
- حرارة التنشيط و الدعم (3) و تطرح خلال فترة التقلص
- حرارة الارتخاء (4) و تطرح أثناء الارتخاء

- حرارة متأخرة (2) و تطرح بعد الرعشة العضلية ، شدتها ضعيفة و تدوم مدة طويلة

2-2-الظواهر الكيميائية :

1-2-2- إنتاج ATP :

أ- أعمال Kaufman و chauveau :

قاما بتحليل الدم الداخل إلى العضلة الرافعة للشفة العليا للحصان و الدم الذي يخرج منها في حالة الاستراحة و بعد التقلص فحصلوا على النتائج التالية :

أ- نتيجة :

عضلة نشيطة	عضلة مستريحة	
5.207	0.307	كمية الأوكسجين المستهلكة ب L
5.950	0.220	كمية CO ₂ المطروحة ب L
8.432	0.307	كمية الكليكويز المستهلكة ب g
0	0	كمية البروتيدات المستهلكة ب g
0	0	كمية الدهون المستهلكة ب g

ب- استنتاج 1 :

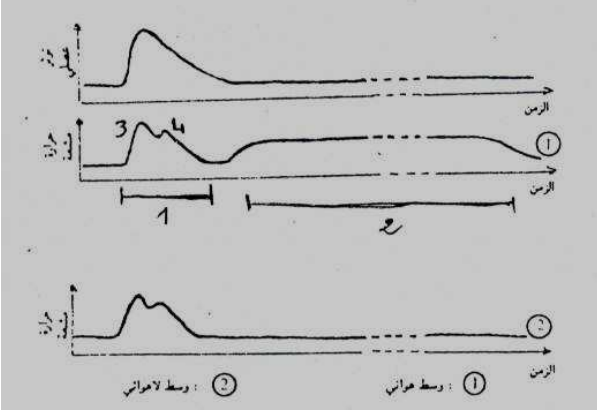
ارتفاع استهلاك الأوكسجين و الغليكويز ، و ارتفاع طرح CO₂ .
عدم استعمال البروتيدات و الدهون كمحروقات عضلية .
تدل هذه النتائج على أن العضلة تستعمل كمصدر للطاقة الأوكسدة الهوائية للغليكويز



ت- تجربة 2 :

نقيس كمية الحرارة المطروحة من طرف العضلة عند تنبيهها في ظروف هوائية ثم في ظروف لا هوائية .

ث- نتيجة :



في الظروف الهوائية يلاحظ طرح الحرارة الأولية ثم طرح الحرارة المتأخرة في الظروف اللاهوائية يلاحظ طرح الحرارة الأولية و عدم طرح الحرارة المتأخرة ، كما أن العضلة تفقد بسرعة مدخراتها من الغليكوجين و تصبح غنية بالحمض اللبني ، فتصاب بالعياء

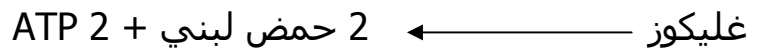
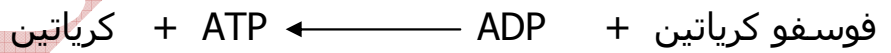
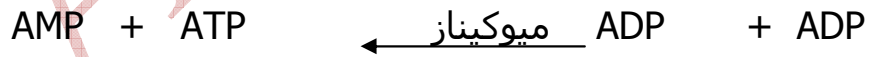
ج- استنتاج 2 :

تنتج الحرارة الأولية عن تفاعلات لا هوائية سريعة تحدث أثناء الرعشة العضلية تنتج الحرارة المتأخرة عن تفاعلات هوائية بطيئة تحدث بعد الرعشة العضلية ، يستهلك خلال هذه التفاعلات الغليكوجين .

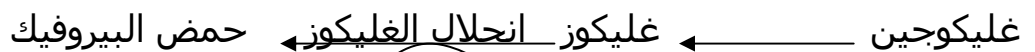
ح- خلاصة :

تنتج الحرارة الأولية و المتأخرة عن التفاعلات المؤدية إلى إنتاج ATP ، تمتلك العضلة مسلكين لإنتاج ATP :

+ مسلك سريع لا هوائي يحرر الحرارة الأولية تتم خلاله التفاعلات التالية :



+ مسلك بطيء هوائي يحرر الحرارة المتأخرة و ينتج عنه استهلاك الغليكوجين:



يدخل حمض البيروفيك إلى الميتوكوندري فيؤكسد خلال حلقة كريبس و تعمل السلسلة التنفسية فتحرر الحرارة المتأخرة و يتم إنتاج ATP .

خ- ملحوظة :

قدرة الجسم على تزويد العضلات بالأوكسجين محدودة أثناء التمرين العضلي المستمر تصبح كمية الأوكسجين في العضلة قليلة فيختزل قسم من حمض البيروفيك إلى الحمض اللبني ، الذي يتراكم في العضلة مسببا عيائها .

بعد التمرين العضلي ينتقل الحمض اللبني إلى الكبد أو إلى القلب حيث يؤكسد إلى حمض البيروفيك و يسلك المسلك العكسي ليجدد المدخرات من الغليكوجين .

2-2-2- تحرير Ca^{++} :

أ- تجربة 1 :

نحقن في سيتوبلازم الخلايا العضلية مادة $équorine$ التي تصبح مشعة عند التحامها ب Ca^{++} ، ثم نهيج هذه الخلايا المحقونة .

ب- نتيجة :

مباشرة بعد الإهاجة يصبح سيتوبلازم الخلايا العضلية مضاء ، و مباشرة بعد الإضاءة تنقلص الخلايا ثم تختفي الإضاءة و يتم الارتخاء .

ت- استنتاج 1 :

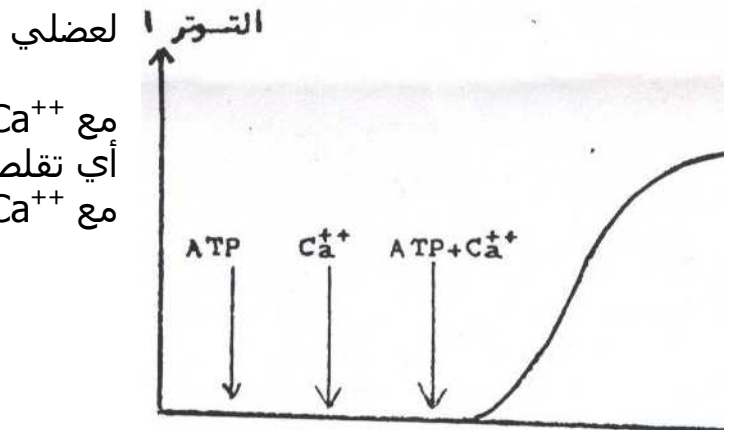
تؤدي الإهاجة إلى تحرير Ca^{++} فيحدث التقلص ، و لكي تحدث الارتخاء لا بد من رجوع Ca^{++} من حيث أتى ، فوجود Ca^{++} ضروري إذا لحدث التقلص ، يكون Ca^{++} مخزوناً في سيتوبلازم الخلية العضلية في الأكياس المكونة للشبكة السيتوبلازمية الداخلية .

ث- تجربة 2 :

نحقن في سيتوبلازم الخلية العضلية Ca^{++} أو ATP أو هما أو معا ، نسجل بعد كل حقن التوتر العضلي الناتج عن التقلص .

ج- نتيجة :

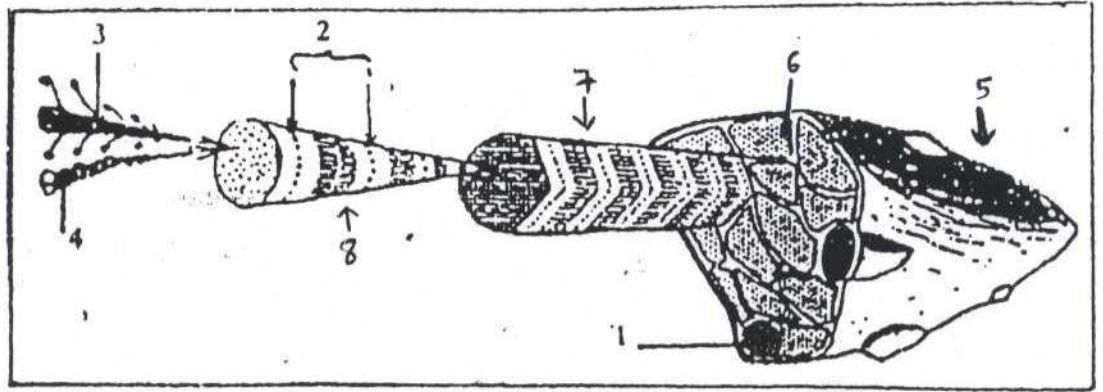
مع Ca^{++} وحده أو مع ATP وحدها لا يتم تسجيل أي تقلص عضلي
مع Ca^{++} و ATP يتم تسجيل التقلص العضلي



ح-استنتاج 2 :

لكي يتم التقلص العضلي لابد من وجود Ca^{++} و ATP .

3- بنية العضلة :



1- عرق دموي 2- ساركومير 3- ميوزين 4- أكتين 5- عضلة 6- حزمة ألياف عضلية 7- ليف عضلي 8- ليف عضلي

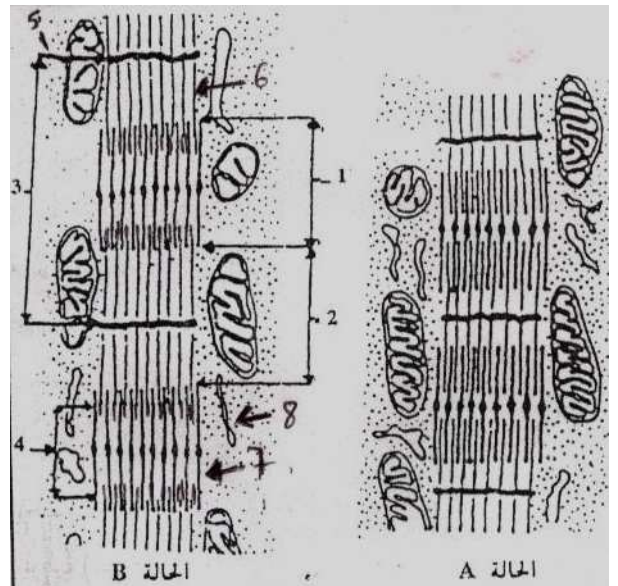
تتكون العضلة من حزمات ألياف عضلية ، كل ليف عضلي عبارة عن حلية عضلية يعود التخطيط الطولي للليف العضلي إلى وجود لبيفات عضلية ، أما التخطيط العرضي فيعود إلى اصطاف الأقراص الداكنة و الأقراص الفاتحة ، بسبب هذا التخطيط توصف العضلة بالمخططة .

تتكون اللبيفات من خيوط بروتينية دقيقة الأكتين و خيوط بروتينية غليظة الميوزين تنبعث منها رؤوس .

تنظم البروتينات العضلية مكونة الوحدة البنوية و الوظيفية للعضلة و تسمى الساركومير، و هو المنطقة المتواجدة بين حزتي Z ، على مستوى الساركومير يمكن ملاحظة التقلص:

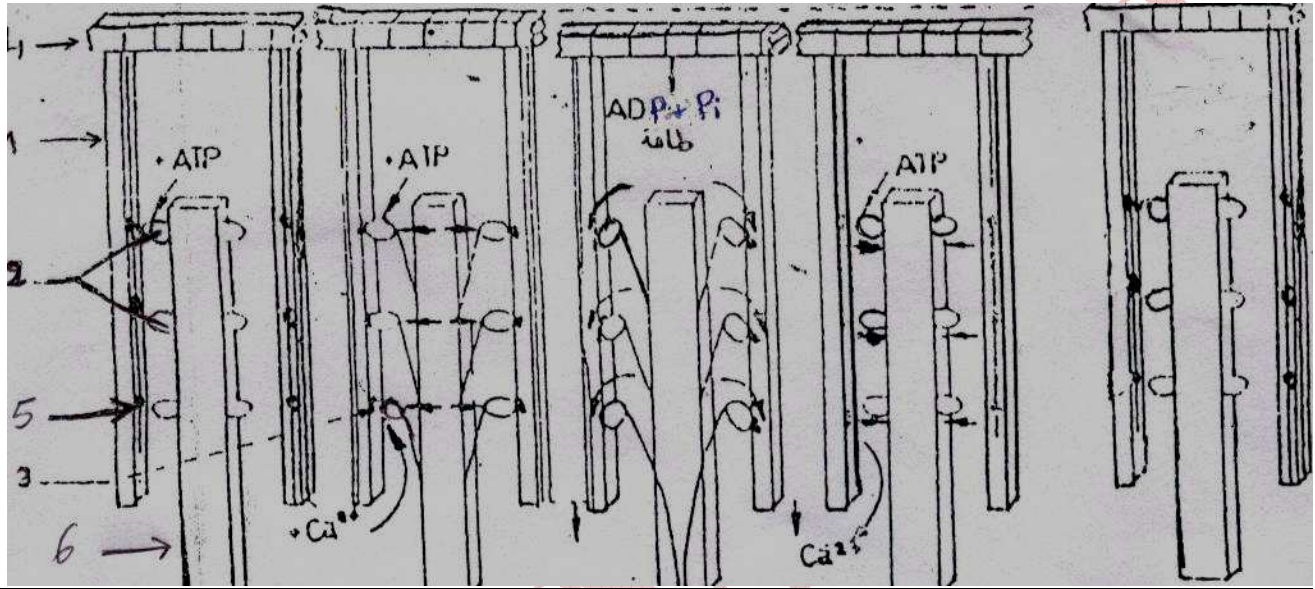
- 1- قرص داكن 2- قرص فاتح
- 3- ساركومير 4- منطقة H
- 5- حزتي Z 6- أكتين 7- ميوزين
- 8- شبكة سيتوبلازمية داخلية

الحالة B : ساركومير مرتخي
الحالة A : ساركومير متقلص



أثناء التقلص ينقص حجم الساركومير و تختفي المنطقة H ، ينتج هذا عن انزلاق خيوط الأكتين بين خيوط الميوزين و اقترابها من بعضها ، أما خيوط الميوزين فلا تتحرك .

4- خلاصة : آلة التقلص العضلي و تحويل الطاقة :



الارتخاء مرحلة الارتباط مرحلة الدوران مرحلة الانفصال الارتخاء

1- الأكتين 2- رؤوس الميوزين 3- قنطرة أكتوميوزين 4 - حز Z
5- موقع ارتباط رأس الميوزين على الأكتين 6- الميوزين .

تمتلك الألياف العضلية شبكة سيتوبلازمية داخلية جد متطورة تعمل كخزان ل Ca^{++} ، تحيط هذه الشبكة بالليفات العضلية .

أثناء الاستراحة ، على خيوط الأكتين تقوم بروتينات مانعة للتقلص التروبونين و

التروبوميوزين بتغطية مواقع ارتباط رؤوس الميوزين على الأكتين

عند إهاجة الليف العضلي تفتح قنوات Ca^{++} الموجودة على غشاء الشبكة السيتوبلازمية ، فيتدفق Ca^{++} نحو الساركوبلازم

يثبت Ca^{++} على البروتينات مانعة التقلص ، فتغير هيئتها و تنجلي مواقع ارتباط رؤوس

الميوزين على الأكتين ، فترتبط رؤوس الميوزين الحاملة ل ATP على الأكتين : مرحلة

الارتباط ، فيتكون المركب أكتين ميوزين ATP ، و تظهر القناطر الأكتوميوزينية

اتحاد رؤوس الميوزين مع الأكتين ينشط أنزيم حلمأة ATP الموجودة في رؤوس الميوزين ،

فتحلما ATP و تتحرر الطاقة الضرورية لدوران رؤوس الميوزين وانزلاق الأكتين ، فيحدث

التقلص : مرحلة الدوران

و بذلك تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية ، و يستمر التقلص ما دام Ca^{++} مثبتا

على البروتينات المانعة للتقلص

تسترجع الشبكة السيتوبلازمية سيطرتها على قنوات Ca^{++} فتغلقها و توظف مضخة Ca^{++} ATPase لترجع Ca^{++} إلى داخل الشبكة
تستعيد البروتينات المانعة نشاطها ، فتطرد رؤوس الميوزين عن مواقع الارتباط ، و باتحادها مع ATP ترجع رؤوس الميوزين إلى أماكنها و تعود خيوط الأكتين إلى مواقعها مؤدية إلى الارتخاء : مرحلة الانفصال

m.khammadh