الانقباض اقوى ، وتستمر هذه العلاقة الطردية الى حدود معينة من درجة شد الالياف او طولها ، فاذا تم تجاوز تلك الحدود يحدث العكس وتقل درجة الانقباض العضلي .

2 – **درجة حرارة العضلة** : يؤدي ارتفاع درجة حرارة العضلة الى زيادة قوة الانقباضة العضلية البسيطة ، كما يؤدي الى زيادة في سرعتها ويحدث ذلك نتيجة لزيادة سرعة التغيرات الكيميائية المنتجة بالعضلة ، وهذا ما يفسر اهمية قيام اللاعب بعملية الاحماء قبل اداء الجهد البدني .

3 – **التعب العضلي** : يؤثر التعب العضلي سلبا على قوة الانقباض حيث يسبب التنبيه المستمر والمتتالي للعضلة الى ضعف الانقباض وطول زمن الخلجة العضلية.

4 – **النشاط البدني والتدريب الرياضي** : يؤدي التدريب الرياضي المنتظم الى تقليل فترة الكمون بالعضلة وزيادة سرعة الانقباض وقوته .

• الية الانقباض العضلي :

1- تنتقل النبضة العصبية (جهد الفعل) على طول العصب الحركي الى نهايته على الالياف العضلية .

2- تحرير الاستيل كولين من منطقة الاتصال العصبي العضلي .

3- ارتباط الاستيل كولين بالمستقبلات النيكوتينية الموجودة على الصفيحة الحركية النهائية.

4- انفتاح قنوات الصوديوم ذات البوابات ودخوله الى داخل الليف العضلي .

5- تكوين جهد الصفيحة الحركية النهائية .

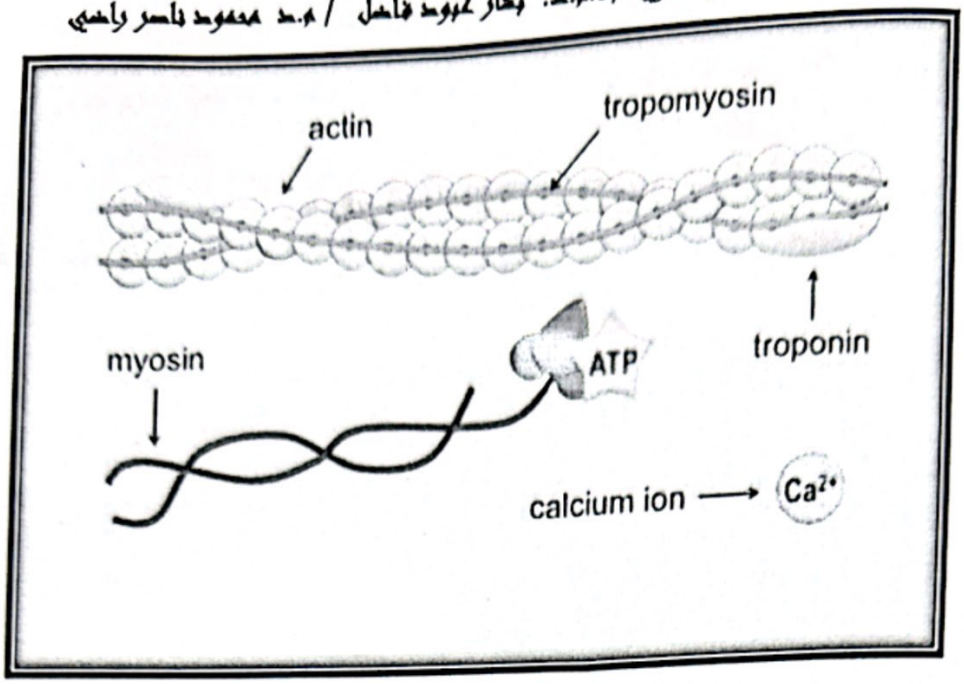
6- تكوين جهد الفعل في اغشية الالياف العضلية

7- نقل جهد الفعل الى جميع اللويفات من خلال جهاز (T).

8- تحرير ايونات الكالسيوم (Ca^{+z}) من الاكياس النهائية للشبكة الساركوبلازمية .

9- ارتباط ايونات الكالسيوم ع التربونين (C) ثم تكشف مواقع ارتباط المايوسين الموجودة على الاكتين.

10- تكوين الجسور المستعرضة بين الاكتين والمايوسين ثم انزلاق ثم انزلاق الاكتين وعلى المايوسين وحدوث عملية التقلص .



- **الالية العامة للانبساط العضلي :-**

1-تحرر ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) من التروبونين (c).

2-ضخ ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) بشكل فعال الى الاكياس النهائية للشبكة الساركوبلازمية .

3-توقف الارتباط بين الاكتين والمايوسين.

- **التغيرات المصاحبة للانقباض العضلي :**

1- **التغيرات العصبية** : تتمثل في وصول الاشارة العصبية الصادرة من الجهاز العصبي لاستثارة الالياف العضلية لأداء الانقباض .

2- **التغيرات الكهربائية** : تتمثل في انعكاس او زوال الاستقطاب اي انعكاس فرق الجهد الكهربائي لجدار الخلية العضلية بما يعادل 110 ملليفولت من (- 80 ملليفولت فرق الراحة + 30 ملليفولت عند الاستثارة) ويسمى ذلك فرق جهد الحركة ويظهر الكالسيوم من شبكة الساركوبلازم.

3- **التغيرات الكيميائية** : يعبر عنها بإفراز مركب الاستيل كولين من النهايات العصبية عند وصول الاشارة العصبية اليها .

4- **التغيرات الحرارية** : تنتج عن فعالية الكالسيوم في ايقاف نشاط التروبونين وبالتالي تحرر انزيم ثلاثي فوسفات الادينوسين ATP ase) مع فوسفات مع طاقة .

5- **التغيرات الميكانيكية** : تتمثل في نظرية الخيوط المنزلقة وبالتالي حدوث الانقباض العضلي .

وحتى نهاية تلك الانقباضة البسيطة تمر العضلة بثلاث مراحل هي :

1- حالة الكمون أو السكون :

وهي فترة زمنية قصيرة تقدر بحوالي 10 ملي ثانية تنقضي بين لحظة اعطاء الحافز او المثير وبين بداية عملية التقلص او الانقباض ، وتحدث في تلك الفترة مجموعة من التغيرات الكيميائية والفيزيائية بالعضلة كاستعداد لعملية الانقباض ، حيث تجهز طاقة الانقباض ويزول استقطاب غشاء الليفة العضلية وتتحرر مادة الاستيل كولين .

2- مرحلة الانقباض :

وفيها تنقبض العضلة وتتقلص اليافها بانزلاقها وتتداخل فتائل الاكتين وفتائل المايوسين مما يترتب عليه حدوث قصر في الياف العضلة وزيادة في توترها وتستغرق تلك العملية حوالي 40 ملي ثانية .

3- مرحلة الانبساط او الارتخاء :

هذه المرحلة تمثل رجوع الالياف العضلية الى سابق طولها او توترها قبل الانقباض ، وتستغرق تلك الفَترة حوالي 50 ملي ثانية .

- **الألياف العضلية** : هناك نوعين اساسيين من الالياف العضلية في جسم الانسان وهي:-

اولا: الالياف بطيئة الانقباض : يتميز هذا النوع من الالياف بالقدرة على اداء انقباضات عضلية متتالية لفترة طويلة من الوقت معتمدة على الاوكسجين في انتاج الطاقة لذلك تعرف انا من الالياف البطيئة المؤكسدة ويرمز لها (So) حيث تصل الى قمة انقباضها في زمن مقداره حوالي 12 مللي ثانية ، ويصل معدل انقباضها الى 10 – 15 انقباضة في الثانية الواحدة وتتميز بمقاومتها للتعب ، لذا فانها مهمه جدا لعضلات لاعبي المارثون واختراف الضاحية

ومتسابقي المسابقات الطويلة في السباحة والجري والتجذيف وغيرها من هذه الرياضات التحمل ، حيث يميز هذه الالياف عن غيرها بانها تحتوي على حجم اكبر من الهيموجلوبين وعدد اكبر من الميتوكوندريا والشعيرات الدموية وتمتاز ايضا بكفاءة تكوين ATP بطريقة هوائية .

ثانيا : الالياف سريعة الانقباض : تتميز هذه الالياف بسرعة انقباضها حيث تصل الى قمة الانقباض في زمن مقداره نحو 8 مللي ثانية ويبلغ معدل انقباضها 30- 50 انقباضه في الثانية الواحدة ، وتحتوي على ATP ase بكمية كبيرة كما تحتوي هذه الالياف على عدد كبير من الانزيمات اللاهوائية ، وتتم التغذية العصبية لهذه الالياف عن طريق خلايا عصبية سريعة من خلال القرنين الاماميين ولأترسل هذه الخلايا اثارات لأداء مسارات حركية الا على شكل مجموعات " دفعات" ونظرا لان هذه الخلايا العصبية تقوم في العادة بتغذية عدد كبير من الالياف العضلية السريعة " كل خلية عصبية تغذي وحدة حركية كبيرة " ينتج عن اثارة هذه الوحدة الحركية وبشكل قوي وسريع .

وتكون قوة انقباض هذا النوع من الالياف بدرجة اكبر من قوة انقباض الالياف البطيئة لذا يمكن ان تسمى هذه الالياف بألياف (السرعة والقوة) .

الالياف سريعة الانقباض	الالياف بطيئة الانقباض
١ - انقباض سريع	١ - انقباض بطيء
٢ - تفتقر الى المطاولة	٢ - تتميز بالمطاولة
٣ - تتعب بسرعة (اجهاد)	٣ - تتعب ببطء (بدون اجهاد)
٤ - توجد بكثرة في عضلات الاطراف التي تعمل في تمارين الافخاذ	٤ - توجد بكثرة في عضلات الاستناد الجذع
٥ - تعمل على تطوير كل من عنصر السرعة وسرعة القوة (القدرة)	٥ - تعمل على تطوير كل من عنصر المطاولة