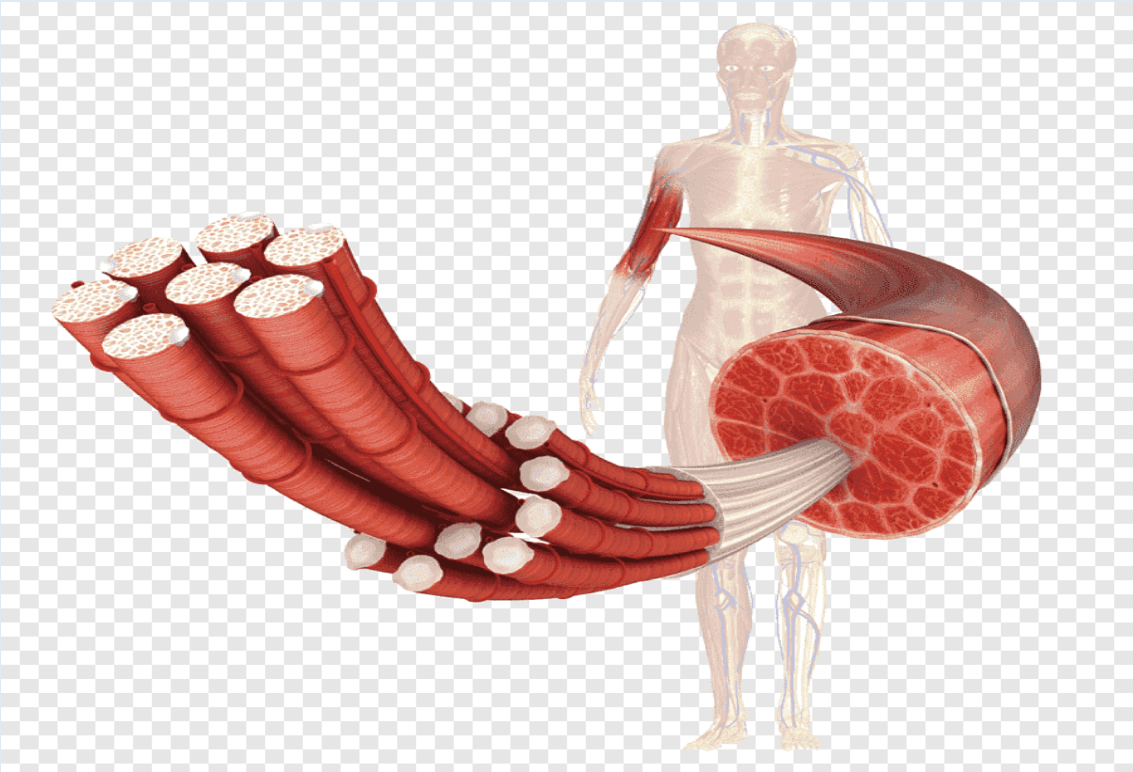
فسيولوجيا الجهاز العضلي
والأداء البدني



العضلات هي المسؤولة عن إعطاء الجسم شكله الخارجي وعن حركة الجسم والأعضاء الداخلية.

إن 50% من وزن الجسم هو عبارة عن عضلات، وهي تستهلك نصف الطاقة الكلية للجسم أثناء الحركة. تقوم العضلات بإنتاج الحرارة بنسبة 85% من الحرارة الناتجة عن حركة الجسم. بالإضافة إلى أنه يوجد حوالي (650) عضلة في جسم الإنسان منها العضلات الهيكلية التي تشكل ما نسبته 40% من وزن الجسم. في الانقباض تبقى الألياف العضلية في انقباض تام وبهذا تكون العضلة متخصصة في إنتاج الانقباض والانبساط وتساهم في إعطاء الجسم الشكل الأساسي بجانب الحركة.

تشكل العضلات الهيكلية بنية خاصة بها حيث تأخذ كل عضلة شكل وتركيبة محددة (muscle) العضلة من وحدات صغيرة تدعى الألياف العضلية (fibers) تتكون كل خلية عضلية عن بعضها في الحجم والشكل، كما أن وتختلف من خيوط بروتينية هي خيوط الميوسين (MYOSIN) وخيوط الأكتين (ACTIN).

أنواع العضلات

أولاً: العضلات المخططة الإرادية

وتتصل بالجهاز العظمي لذا تسمى بالهيكلية. وتكون حركتها بإرادة الإنسان مثل (عضلات الأطراف).

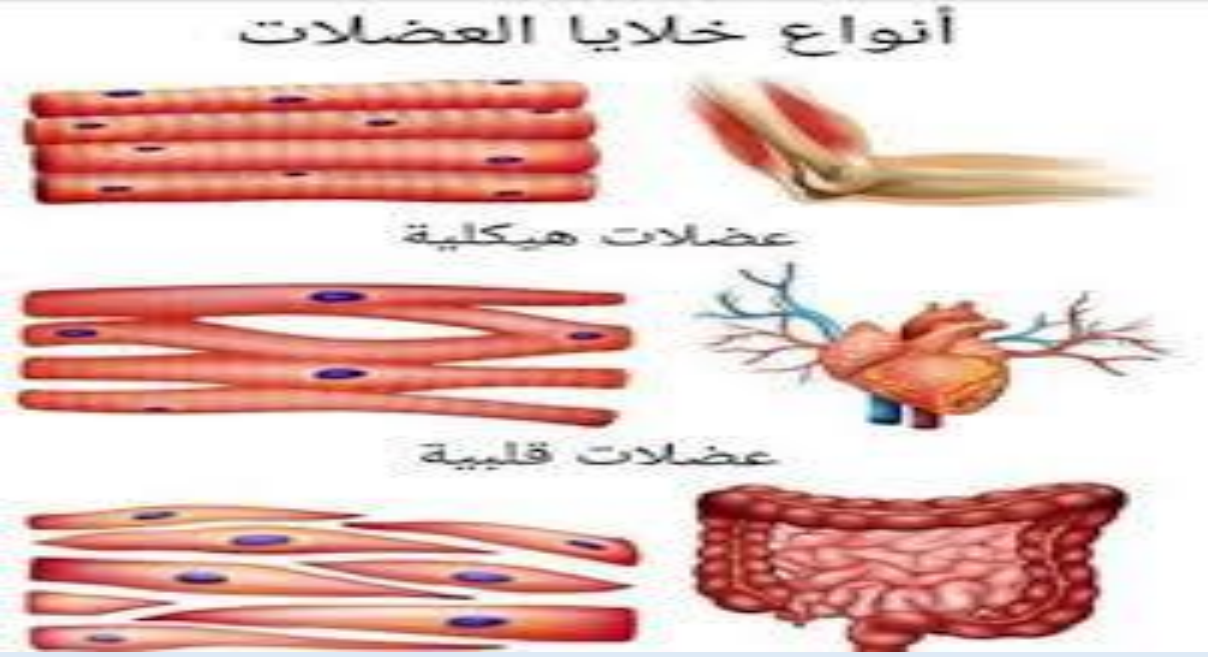
ثانياً: العضلات الملساء اللاإرادية

وتبطن الأحشاء وتتصل لا إرادياً كما في (عضلات الرحم، عضلات المهبل).

ثالثاً: العضلات القلبية

لها تركيب مماثل للعضلات الإرادية ولكنها تقوم بوظائفها لا إرادياً.

تتميز أنسجة هذه العضلات بأن لكل منها تركيب خاص بها ولكن الوظيفة المميزة لهذه الأنواع هي إنتاج الحركة، فالعضلات الهيكلية تتمثل في حركة الهيكل العظمي بينما تتمثل في النوعين الآخرين بحركة محتويات الأعضاء الداخلية مثل الأمعاء والقلب.



العضلات الهيكلية: تشمل عضلات إرادية وتتصل بعظام الهيكل العظمي وتشمل العضلات المحركة في الأطراف والعضلات المتصلة في الرقبة، والعضلات المحركة للفم. إن هذه العضلات تتحكم بها إشارات عصبية وذلك عند الرغبة في الحركة

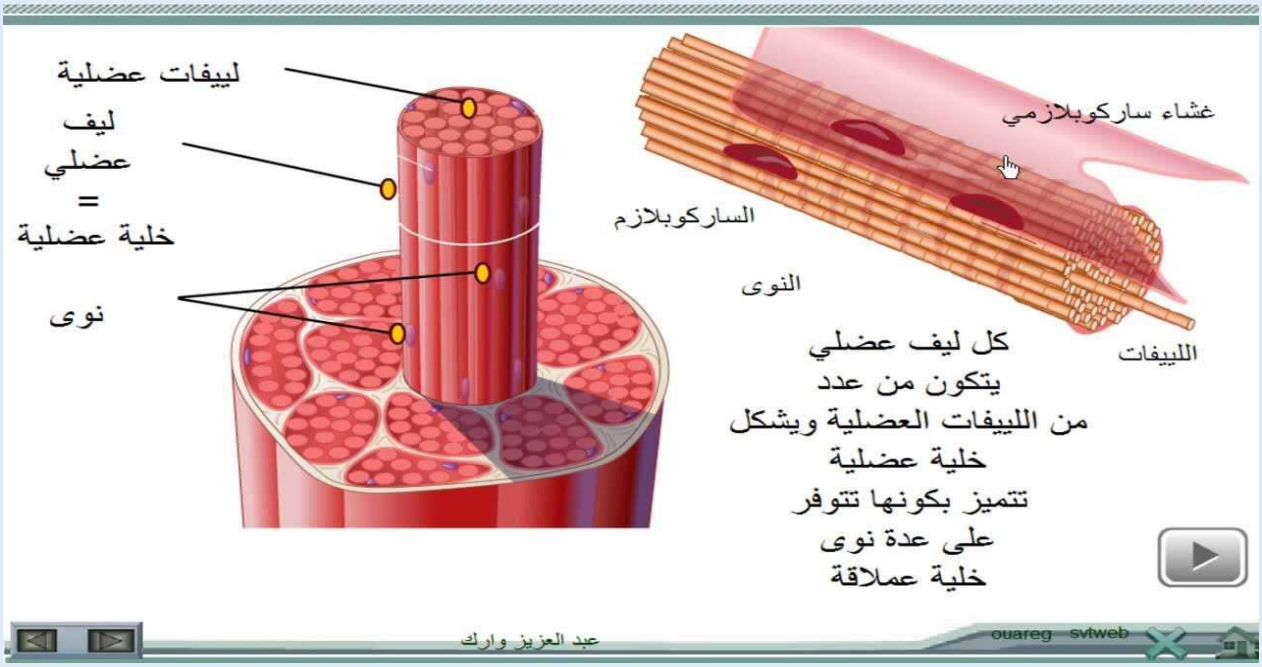
. فإن الإنسان يقوم بهذه الحركة بشكل إرادي.وتعمل هذه العضلات بشكل متعاون مع الجهاز العصبي، لكن قبل أن يتمكن الدماغ من إرسال هذه الإشارات إلى العضلات، فإنه يجب أن يكون هناك استعداد قبل ذلك، لهذا تكون العضلات مرتاحة

التركيب النسيجي للعضلات الإرادية

.تتكون كل عضلة من حزم عضلية، وكل حزمة تحتوي على ألياف عضلية

يتألف كل ليف عضلي من مجموعة من الخيوط التي تحتوي على البروتينات (الأكتين والميوسين)

تعد الليّفة العضلية هي أكبر مجموعة عضلية في الجسم وتتكون من مجموعة من الألياف العضلية متناسقة، وتتفاوت في الحجم والتوزيع حسب الحاجة. تحتوي الليفة العضلية على عدد من الألياف العضلية الدقيقة التي تُنظم في حزم طولية متوازية داخل الليفة تسمى باللويفات العضلية. تحاط الليفة العضلية بطبقة من .النسيج الضام، مما يعطي العضلة القدرة على الحركة



النسيج العضلي للعضلات الارادية

:خصائص العضلات الإرادية البيضاء

.تكون سميكة وتحتوي على كمية أقل من السائل الليفي

تحتوي على ألياف عضلية ذات طول واضح لا تتميز بألياف عالية .
.(مايوفبريلين) - الشفورين - الجليكوجين

.تحتوي على كمية أكبر من .CP و ATP

.قلة نشاط الإنزيمات الطاقة الأكسيجينية الأكسدة الكربوهيدراتية .

.عدد بيوت الطاقة (الميتاكوندريا) أقل من الألياف الحمراء .

.عدد الشعيرات الدموية قليل جدًا أيضًا .

سرعة التحفيز وتتميز بالانتقال العالي .

الألياف العضلية الإرادية الحمراء

:تتميز بما يأتي

1 - .بطء التنفيذ

2 تحتوي على كمية أكبر من الهيموغلوبين

3توجد في الأجزاء التي تحتاج وقتًا أطول للتقلص لفترة طويلة لكونها أقل .

4.تحفزًا من العضلات السريعة والقوية

5.تحتفظ بأطول مدة في الانقباض مع العضلات ذات الألياف البيضاء .

وتختلف العضلات الملساء عن المخططة بما يأتي

1- العضلات الملساء أبطأ من العضلات المخططة.

2- العضلات الملساء تستهلك طاقة أقل من العضلات المخططة.

. 3- العضلات الملساء تستمر في التقلص فترة أطول من العضلات المخططة

خواص العضلة القلبية :

1 – تتكون من الياف متشابكة ومعقدة

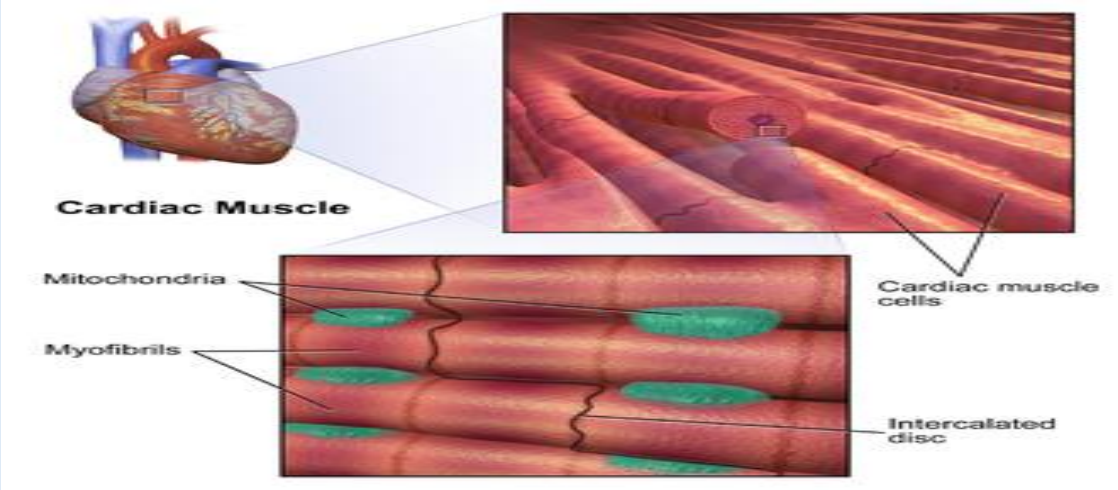
2 – تنقبض عضلات القلب كوحدة واحدة

3 – تعتبر من العضلات القوية لانها تعمل عملا شاقا ومستمرا وبدون راحة

4 – تشبه العضلات الارادية كونها مخططة

5 – تشبه العضلات اللارادية في عملها الذاتي وتعمل بدون حاجتها الى حوافز الجهاز العصبي المركزي

6 – لاتستجيب العضلة لمنبه ثاني عندما تكون في حالة تقلص



مصدر الطاقة للانقباض العضلي

1- تحصل الخلايا العضلية على طاقتها من جزئ ثلاثي فوسفات الادينوسين وفوسفات الكرياتين

2 – عند نفاذ فوسفات الكرياتين تعتمد العضلات على التنفس الخلوي للطاقة

3 – للحصول على كميات كبيرة من ثلاثي فوسفات الادينوسين تحتاج العضلة الى الاوكسجين الذي يجمل في خلايا الدم الحمراء بواسطة الهيموكلبين

_ مراحل التقلص العضلي

تمر العضلة اثناء التقلص العضلي بثلاثة مراحل :

1 – مرحلة الكمون :

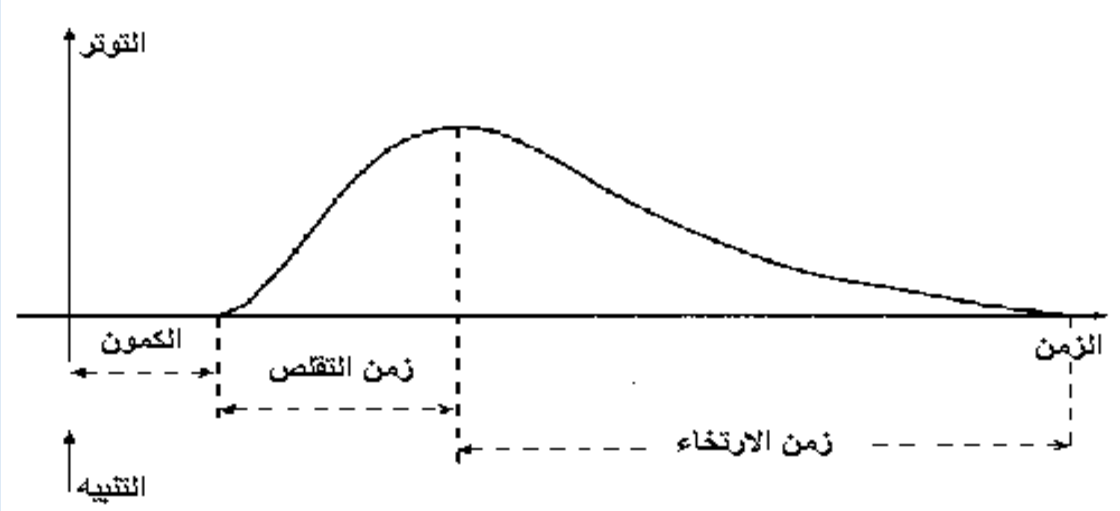
وهي الفترة الزمنية المستغرقة بين لحظة التحفيز وبدأ التقلص ومدته اعشار الثانية

2- مرحلة التقلص العضلي :

أي انقباض الالياف العضلية ، حيث يقصر طول العضلة ويزداد سمكها وتستمر حوالي 0.04 من الثانية .

3 – مرحلة الارتخاء العضلي :

وهنا يرجع طول وسمك العضلة الى وضعها الأول قبا التقلص العضلي ويستمر حوالي 0.05 ثانية .



آلية الانقباض العضلي :

1- عندما تصل النبضة العصبية الى الخلية العضلية المستهدفة تتأثر الشبكة الساركوبلازمية التي تخزن الكالسيوم فيتم فتح بوابات الكالسيوم.

2 -يقوم الكالسيوم بفتح الحويصلات لأخراج مادة الاستيل كولن وهي مادة كيميائية ناقلة عصبية تعمل على نقل الاشارة العصبية بين النهاية العصبية وسطح الليفة العضلية.

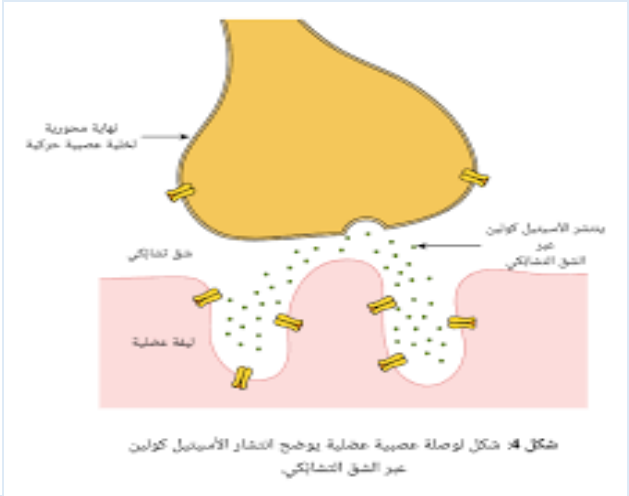
3 -تتجه مادة الاستيل كولن الى المستقبلات الخاصة بها على سطح الليفة العضلية

4- يتم فتح بوابات خاصة للصوديوم داخل العضلة موجبة الشحنة حيث يبدأ الصوديوم يعادل الشحنة السالبة داخل الليفة العضلية حتى تصبح الشحنات السالبة مساوية للصفر وهنا تبدأ نقطة الانقباض العضلي.

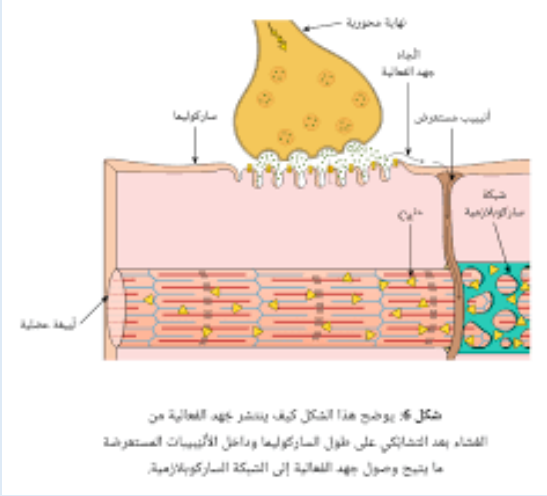
يتجه الصوديوم الى الشبكة الساركوبلازمية للعضلة.

5 - يتجه الكالسيوم الى اليفة العضلية والتي تتكون كما ذكرنا من خيوط الاكتين والمايوسين حيث يسقر على بروتين التروبونين المسقر على الاكتين.

6 -تظهر اماكن ارتباط الاكتين مع خيوط المايوسين بواسطة الجسور المسعرضة.



شكل 4: شكل لوصلة عصبية عضلية يوضح انتشار الأسيتيل كولين عبر الشق التشابكي.

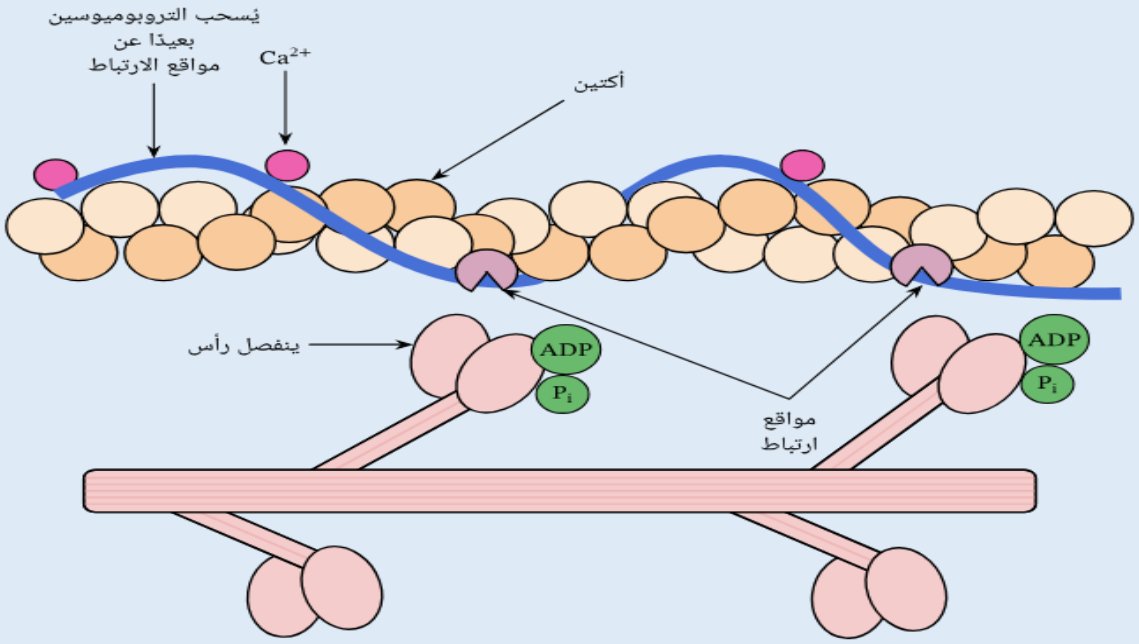


شكل 5: يوضح هذا الشكل كيف ينتشر جهد الفعالية من الفضاء بعد التشابكي على طول الساركوليما وداخل الأنابيبات المستعرضة ما يتيح وصول جهد الفعالية إلى الشبكة الساركوبلازمية.

7 - ان حركة الجسور المستعرضة من ارتباطك وفك ارتباط تحتاج الى طاقة تتمثل بثلاثي ادنيوسن الفوسفات حيث يتم الحصول عليه عن طريق دورة كربس المتضمنة اتحاد الاوكسجين الهوائي مع الكلوكوز في (بيوت الطاقة المايتوكوندريا).

8 - حيث يتجزأ ثلاثي الادينوسين الى فوسفات وثنائي فوسفات الادينوسين وطاقة لعمليه الارتباط وفك الارتباط

ATP _____ ADP + P طاقة



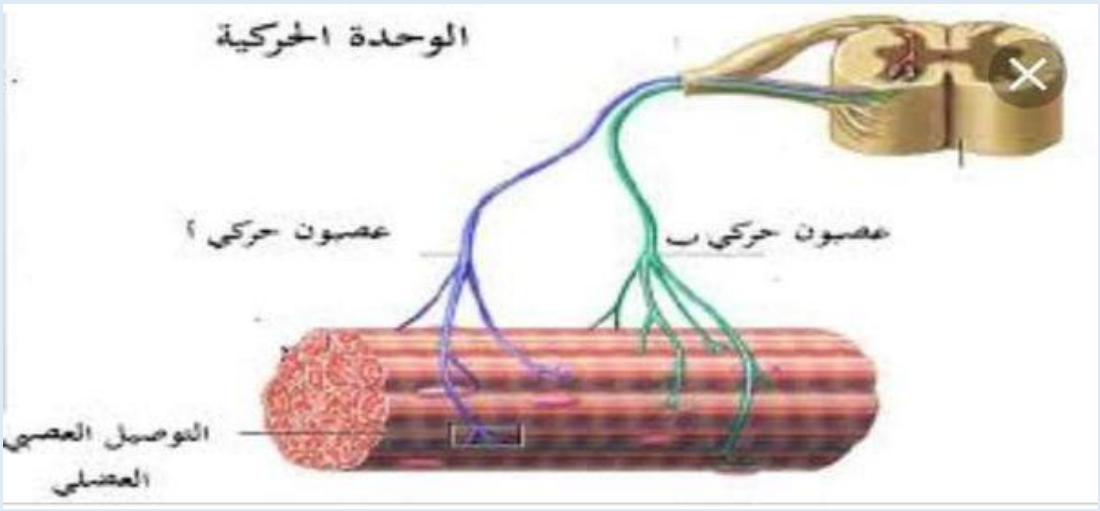
شكل 8: يوضح هذا الشكل صورة مكبرة للمرحلة الأولى من نظرية الخيوط المنزلقة. تسببت أيونات Ca^{2+} في إفساح التروبوميوسين مواقع الارتباط على خيوط الأكتين من أجل الميوسين.

الوحدة الحركية والعمل العصبي العضلي

يحدث التقلص العضلي عندما تتقلص اليافها ولذلك يجب ان يكون لكل ليفه عضلية ليفه عصبية حركيه ولهذا يقترب العصب الحركي للعضلة وتخرج من الالياف العصبية التي تخترق غشاء الليفة العضلية ثم تتفرع داخلها ويتحور سائل الليفة العضلية التي اخترقتها الليفة العصبية مكونة منطقة تعرف بـ (اللوح الطرفاني)او منطقة الاتصال العصبي العضلي ولهذه المنطقة اهمية كبيرة في نقل الاشارات العصبية الحركية للعضلة والتي تسبب التقلص العضلي.

تغذي كل ليفة عصبية حركية (3 : 100) ليفة عضلة وان اي تحفيز لليفة العضلية تتولد اشارة عصبية ويحدث تقلص جميع الالياف العضلية التي تغذيها ، ويطلق على الليفة العصبية ومجموعة الالياف التي تغذيها بـ (الوحدة الحركية) ويتوقف عدد الالياف العضلية في الوحدات الحركية على دقة وظيفة العضلة وكلما ازدادت دقة حركتها كلما قل عدد الالياف العضلية في الوحدة الحركية.

منطقة اتصال الليفة العصبية بالعضلة تسمى بـ (اللوح الطرفاني النهائي) وتنتقل الإستثارات العصبية من العصب الحركي عبر اللوح النهائي ليفرز مادة كيمياوية تسمى (استيل كولين) التي تصنع في سايتوبلازم الاعصاب الحركية حيث يخزن في حوصلات خاصة بذلك ، وعندما يصل



: ويمكن حصر اهم التغييرات التي تحدث العضلة نتيجة التدريب ما يأتي

: اولا : التغييرات البيو كيمياوية

1 - زيادة كمية بروتين العضلة (المايوسين) الذي يملك صفة الانزيم ويعمل في
2 - .تحليل فوسفات الادنوزين ، وهذا يعني توليد الطاقة

3 - زيادة احتياطي الطاقة وكذلك الكلاكوجين والدهون تحت تأثير التدريب

4- زيادة O2 مايوكلوبين العضلة

5- زيادة ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم الضروري في استثارة عمل الانزيمات .في العضلة

: ثانياً : التغييرات البنائية هي

1 - زيادة كمية اللويفات داخل الليفة العضلية وتغير وظيفتها وتبديل النواة وشكل نهايات الأعصاب.

2 - تغير وتوسيع الأوعية الدموية الشعرية ، مما يؤدي الى تمويل العضلة بالدم بشكل كاف يسهل توصيل الأوكسجين ومصادر التغذية العضلية.

3 - .زيادة كمية وحجم المايوكوندريا (بيوت الطاقة العضلية)

4 - زيادة سرعة وقوة الانقباضات العضلية ، بسبب التغيرات البايو كيمياوية بشكل متوازن مما يزيد من مطاولة العضلة ATP العضلة ، مكا يبقى.

5. - اكتساب القوة والسرعة والمطاولة الحركية

: التأثيرات الفسيولوجية لتدريبات القوة العضلية

هناك عدة تأثيرات فسيولوجية تحدث كنتيجة لتدريبات القوة العضلية منها ما هو مؤقت ومنها هو مستمر, والتأثيرات المؤقتة هي تلك الاستجابات الفسيولوجية المباشرة التي تنتج عن أداء تدريبات القوة العضلية.. والتي سرعان ما تختفي بعد أداء العمل العضلي بفترة , كالزيادة المؤقتة في حجم الدم المدفوع من القلب وتغير سرعة سريان الدم .

أما بالنسبة للتأثيرات الفسيولوجية المستمرة فالمقصود بها هو ما يطلق عليه والتأثيرات تحدث غالبا في الجهاز العصبي Adaptition " مصطلح "التكيف وفي العضلة نفسها ويمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع)مورفولوجية –) أنثروبومترية – بيوكيميائية – عصبية

أولا : التأثيرات المورفولوجية

تؤدى تدريبات القوة العضلية إلى حدوث بعض التغيرات المورفولوجية (الشكلية) في جسم اللاعب واهم هذه التغيرات ما يأتي:

1 - زيادة المقطع الفسيولوجي للعضلة ويتضمن :

أ- زيادة حجم المكونات الانقباضية وخاصة فتائل المايوسين

ب- زيادة كثافة الشعيرات الدموية بكل ليفه عضلية

ء- زيادة كميات الأنسجة بشكل عام وزيادة قوة الأنسجة الضامة والأوتار والأربطة

2 - زيادة حجم الألياف العضلية السريعة

تقل كثافة الشعيرات الدموية للألياف العضلية تحت تأثير تدريبات الشدة العالية ذات التكرارات القليلة (مثل لاعبي رفع الأثقال) وعلى العكس من ذلك بالنسبة للاعبي كمال الأجسام حيث تزداد لديهم كثافة الشعيرات الدموية وذلك وفق ما مما يسمح للعضلة بالقدرة على الاستمرار في العمل العضلي فترة طويلة مع توافر ما يحتاجه من مواد الطاقة. هذا وتسمح فترات الراحة القصيرة للاعبي رفع الأثقال بالتخلص من حامض اللاكتيك المتراكم بالعضلات العاملة .

ثانيا: التأثيرات الأنثروبومترية :

ويعمل برنامج تنمية القوة العضلية على زيادة وزن الجسم بدون الدهن ونقص نسبة الدهن بالجسم, وقد لا تحدث زيادة ملحوظة في الوزن الكلى للجسم

ثالثا : التأثيرات البيوكيميائية

وتتلخص التأثيرات البيوكيميائية في تحسين عمليات أنتاج الطاقة اللاهوائية وكذلك الهوائية بنسبة اقل, ويرتبط بذلك زيادة نشاط الأنزيمات الخاصة بإطلاق الطاقة

رابعا: تأثيرات الجهاز الدوري

تؤدى تدريبات القوة العضلية إلى حدوث بعض التغيرات الفسيولوجية والمورفولجية للجهاز الدوري ¡ حيث أن لاعبي القوة تتميز عضلة القلب لديهم بزيادة سمك الجدار عن الأشخاص العاديين مع تجويف بطيني في الحدود العادية ¡ ويرجع ذلك إلى طبيعة عمل القلب في تلك الرياضات التي تحتاج إلى زيادة قوة دفع الدم لمواجهة ارتفاع مستوى ضغط الدم أثناء التدريب .