الجهاز العضلي

. تركيب الجهاز العضلي

عبارة عن مجموع عضلات الجسم التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الأجسام المختلفة وهو يشكل حوالي ٤٠٪ من وزن الجسم ويتألف الجهاز العضلي من وحدات تركيبية هي العضلات وهي عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية تمكن الجسم من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان الي آخر.

وتذكر المصادر إن العضلات يبلغ ٣٠٠ عضلة إرادية تشكل (٤٠-٤٥٪) من وزن الجسم وما فوق (١٥)) عضلات ملساء لا ارادية اذ يشكل الجهاز العضلي ما فوق (٥٠٦٠٪) من وزن الجسم الكلي ، وتتميز العضلات الهيكلية بان لها طرفين احدهما يسمى إنشاء العضلة او المثبت يكون غير قابل ، والطرف الآخر يعرف بالانقباض وهو قابل للحركة بدرجة متفاوتة

منشأ العضلة هو طرفها القريب من المحور الطولي ، اما مدغم العضلة فيتمثل في طرفها البعيد ، ونلاحظ انه الحشد الرئيسي لحركة الانسان يقع على العضلة الهيكلية

وتتم الحركة من خلال تفاعل عمل الجهاز العضلي بأجهزة الجسم الأخرى وتوجد لكل مجموعة عضلية هيكلية مجموعة عضلية مضادة لها في العمل وتسمى المجموعة الأولى بالحركات الأولية حيث تتحرك بالحركة في اتجاه معين ، إما المجموعة المضادة فتعمل في الاتجاه المعاكس بمعنى إن العضلات الثانية هي التي تؤدي حركة الثني ، تقابلها العضلات الباسط التي تؤدي حركة المد لنفس الجزء المتحرك من الجسم.

يحتوي جسم الإنسان على ثلاثة أنواع من العضلات هي :

اللاإرادية (الحشوية)

، وتسمى أيضا بالعضلات الغير مخططة أو الملساء. وتحيط بجميع الأعضاء المجوفة مثل الأمعاء والقصبة الهوائية والأوعية الدموية ، وهذا النوع من العضلات ينمو قبل غيره . وتخضع هذه العضلات لسيطرة جهازين معاً هما الجهاز العصبي الودي والجهاز العصبي نظير الودي .

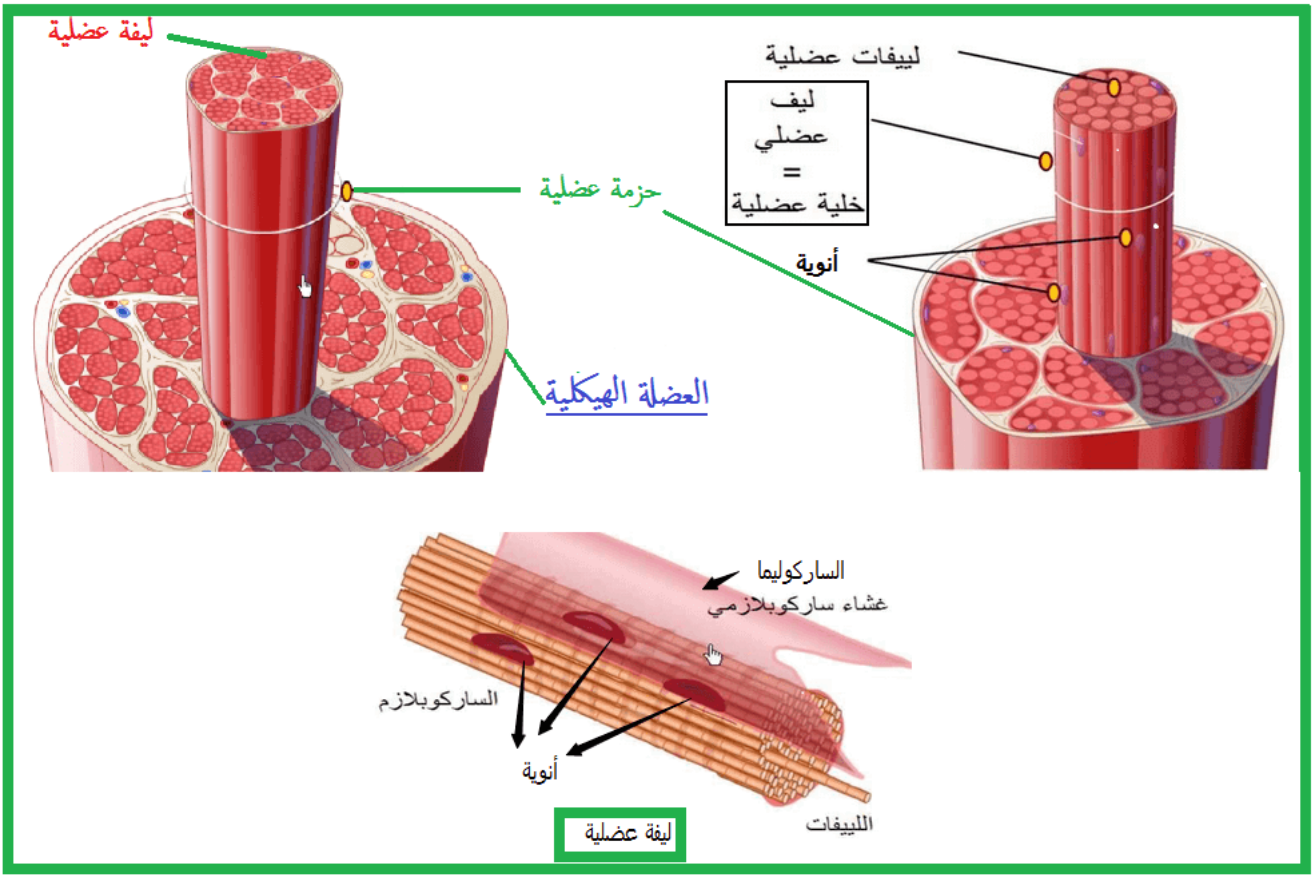
عضلة القلب

وهي عضلة لا إرادية تتأثر سرعة النبض فيها بنوعين من الألياف العصبية ، العصب الودي الذي يسبب زيادة سرعة نبضات القلب وزيادة قوتها . والعصب نظير الودي يخفض فعالية القلب ويخفض من سرعته . وتنقبض عضلة القلب خلال الحياة ثلاثة بلايين نبضة تقريباً ويضخ ما يزيد عن ٥٠ مليون غالون من الدم تقريباً .

العضلات الهيكلية:

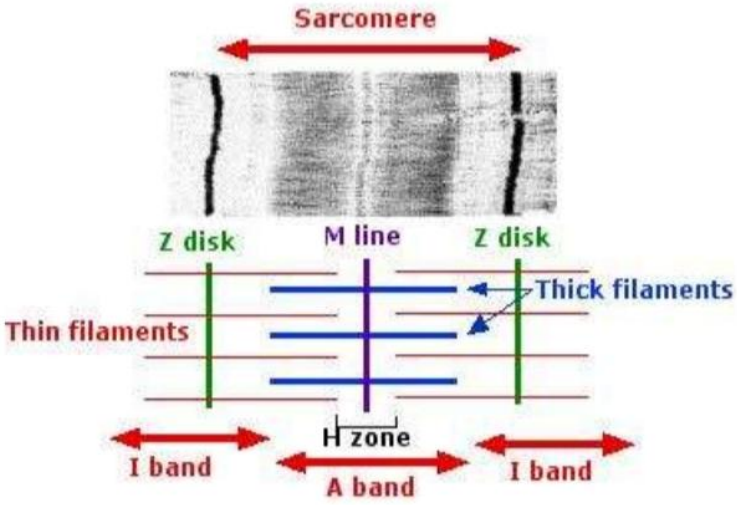
ان العضلات الهيكلية تتكون من مجموعة الألياف التي تكون مجتمعة على شكل حزم عضلية وهذه الالياف تتباين في اقطارها واطوالها. ويُغلف الليف العضلي غشاء يفصل محتويات الليفة العضلية عن محيطها الخارجي يسمى بالعميد العضلي (الساركوليما) وظيفة هذا الغشاء هو ايصال الاشارات العصبية على سطح الليفة العضلية. وتبرز اهمية الساركوليما بكونه غشاء مستقطب كهربائيا ويحيط بالساركوليما من الخارج غلاف من النسيج الرابط والذي يفصل ما بين الألياف العضلية

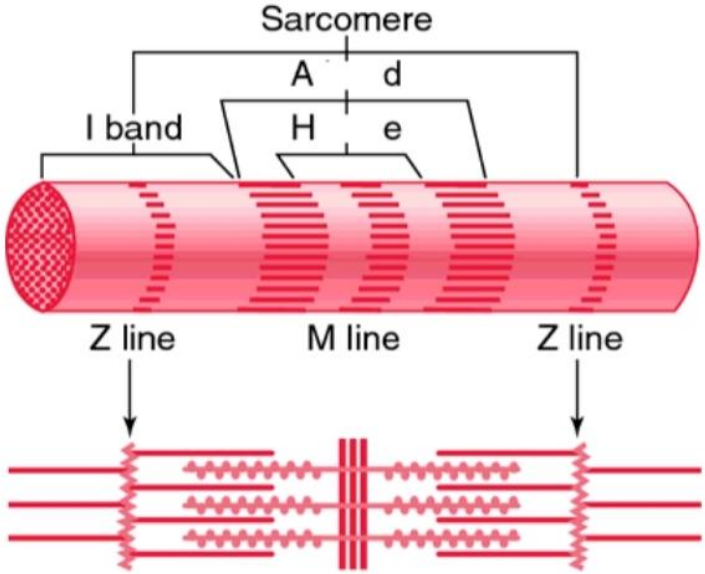
داخل الحزمة العضلية يسمى الرباط الليفي واهميته تبرز في السماح للالياف العضلية بالتقلص والانبساط بصورة مستقلة الواحدة عن الأخرى. وتحاط كل حزمة عضلية بغلاف من النسيج الرابط الذي يفصل الحزم العضلية ويبطن الغلاف الخارجي للعضلة ومثبتا كل حزمة في مكانها مكوناً قنوات وممرات للاوعية الدموية والاعصاب. ان الليفة العضلية الواحدة تحوي على اللويفات والتي تكون مسؤولة عن اتمام الانقياض نظراً لما تحويه من فتائل أكثر صغراً،



وان كل لويف عضلي يتكون من بروتينين انقباضيين احداهما سميك يدعي المايوسين والآخر رفيع يدعى بالأكتين. ونظرا لتنظيم هذه الفتائل نجد ان العضلة تنقسم الى مناطق مضيئة واخرى غامقة وعلى التوالي. يطلق على الحزمة الغامقة حزمة A نسبة الى (Anisotropic) ويطلق على الحزمة المضيئة حزمة I نسبة الى (Isotropic) تحوي حزمة A على الخيط البروتين الانقباضي

السميك (المايوسين) وعلى امتداد من الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع (الأكتين). اما حزمة I فانها تحوي على الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع فقط (الأكتين). تتوسط حزمة A منطقة اقل غمقة تسمى بمنطقة H حيث ان امتداد الخيط البروتيني الانقباضي الرفيع (الأكتين) يغيب عنها في حالة الانبساط. كما ويقسم الحزمة خط غامق يسمى Z وان المنطقة المحصورة بين Z اخر تسمى الساركومير. والساركومير هو اصغر وحدة انقباضية في اللويف العضلي حيث تتوالى هذه الوحدات على طول اللويف العضلي. وهو يتكون من التركيب البروتيني الانقباضي السميك (المايوسين) والتركيب البروتيني الانقباضي الرفيع (الأكتين) . اذ يتوسط المايوسين الساركومير وتحيط به الأكتين.





المايوسين: يتكون من ذراع وراس وهو يشبه عصا الكولف اذ انه بتشابك الذراع يعطي الثبات لراس المايوسين الذي يمتاز ب:

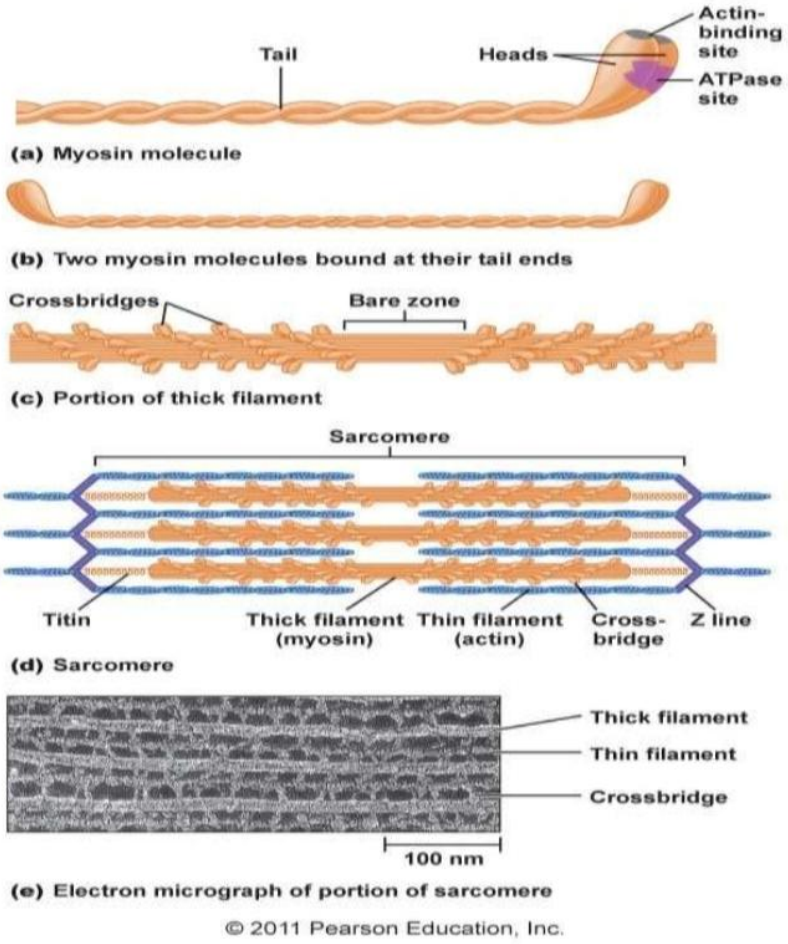
١. خاصية الحركة: حيث ان الذراع بتشابكها تعطي الثبات لراس المايوسين بحيث يستطيع الرأس الحركة باتجاه المركز ثم العودة الى مكانه.

٢ الخاصية الانزيمية اذ يوجد في راس المايوسين انزيم ATP ase وهو انزيم محلل

ATP لكي يعطي الطاقة التي تستعمل في الحركة .

ATP ATPase ADP + Pi + Eengry

طاقة فوسفات ثنائي فوسفات ثلاثي فوسفات الأدنوزين
الأدنونوزين



اما الأكتين فهو تركيب بروتيني انقباضي يتكون من:

الأكتين + التروبومايوسين + التروبونين

الأكتين: هو ٧ حبيبات متصلة الواحدة مع الأخرى.

. التروبوما يوسين : هو بروتين تنظيمي شريطي ينظم العمل الانقباضي عن طريق فصل المايوسين عن الأكتين الحبيبي خلال الراحة عن طريق تغطيته.

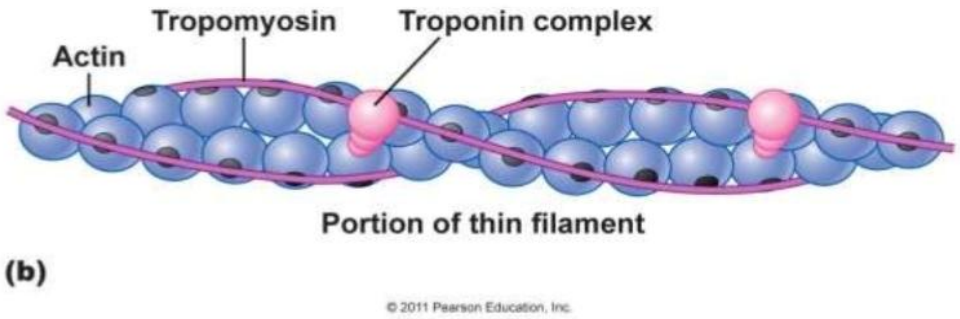
. التروبونين هو بروتين تنظيمي حبيبي يتكون من تروبونين (I.C.T) وهو ينظم العمل الانقباضي:

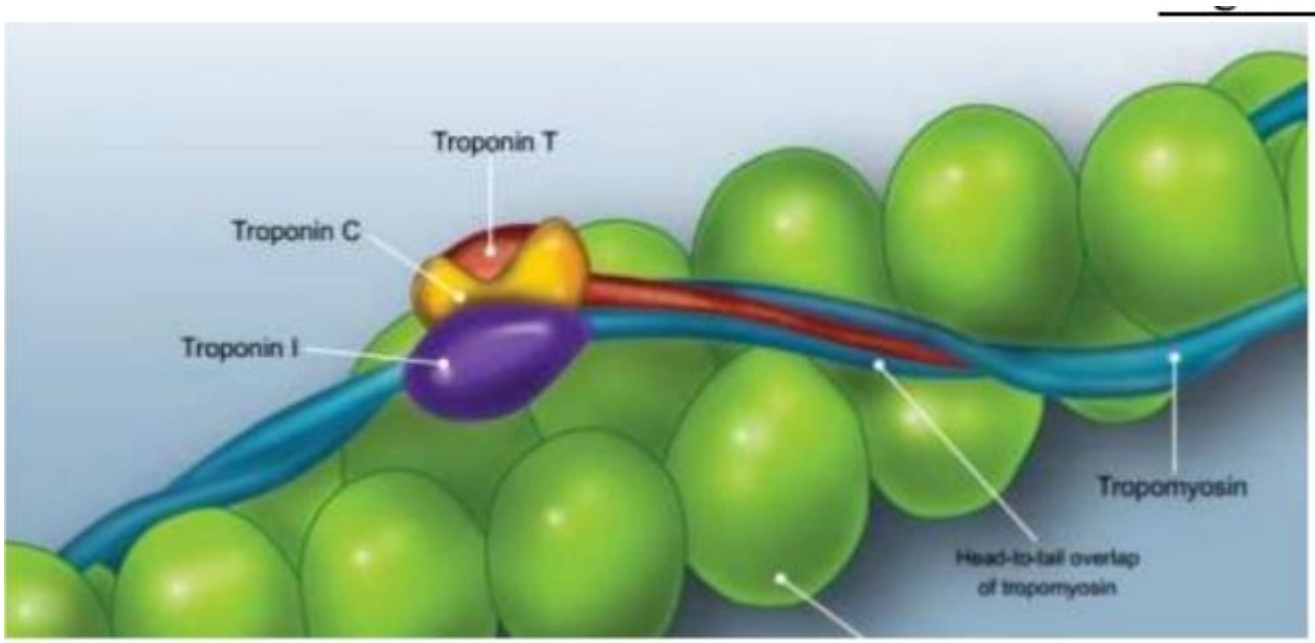
تروبونين I ويسمى المانع او الكابح هو بروتين حبيبي يمنع اتصال الأكتين مع المايوسين اذ ينشط التروبومايوسين لاحتلال موقعه خلال الراحة.

تروبونين C ويسمى الكالسيوم وهو بروتين تنظيمي حبيبي خامل عند الراحة عمله تحسين بروتين T على الاتحاد مع التروبومايوسين وسحبه من موقعه كفاصل بين رؤوس المايوسين مع الأكتين واكثر ما يحرك هذه العملية هو الكالسيوم ++Ca .

تروبونين T ويسمى(تروبونين تروبومايوسين) وهو بروتين تنظيمي حبيبي خامل خلال الراحة عمله الاتحاد مع التروبومايوسين لازاله تاثيره خلال الراحة عندما ينشط.

وهذا يعني ان كل ٧ حبيبات من الأكتين متصلة الواحدة بالأخرى ويغطيها التروبوما يوسين الشريطي وتنتهي كل ٧ حبيبات من الأكتين بالتروبونين I.C.T.





ان عملية الانقباض العضلي تحدث بسبب انزلاق خيوط الأكتين على المايوسين مما يؤدي الى تقصير العضلة وانقباضها. وبهذا فان طول الأكتين والمايوسين لا يتغيران خلال الانقباض العضلي ولكن الذي يحدث هو الانزلاق باتجاه مركز الساركومير وهذا يؤدي الى قصر حزمة|وليس A او H

. الوحدة الحركية: يقصد بها العصب الحركي وتفرعاته والالياف العضلية التي يغذيها وهي تعد حلقة الوصل بين الجهاز العصبي والجهاز العضلي.

. العتبة التحفيزية: يقصد بها كمية السيالات العصبية الواردة من الجهاز العصبي والتي يتم عندها تحفيز العضلة على الانقباض

نظرية الانزلاق اللويفي دورة الجسور المستعرضة

تعتمد على اربعة مراحل متعاقبة هي ارتباط – حركة – فك ارتباط – إعادة ارتباط وهكذا :

. المرحلة الأولى: تشكيل تكوين الجسور المستعرضة.

. المرحلة الثانية: انفجار الحركة تحرر الطاقة.

. المرحلة الثالثة: إنفصال الجسور المستعرضة.

المرحلة الرابعة: إعادة تفعيل (شحن) رأس المايوسين بالطاقة.

انظر الفيديو الملحق بالمحاضرة.

فعند وصول الإشارة العصبية للعضلة الهيكلية فإن هذه الإشارة العصبية تؤثر على الحويصلات الإشتباكية فتحرر أو تفرز كمية من مادة الأستيل كولين من الحويصلات الإشتباكية تنتشر هذه المادة طولياً على غشاء الليفة العضلية حيث يكون الغشاء في هذه الحالة أى (الراحة) مستقطباً وهذا يعني أن الغشاء الخارجي يحمل شحنة موجبة متمثلة بالصوديوم والغشاء الداخلي يحمل شحنة سالبة متمثلة بالبوتاسيوم بحيث تتراصف الشحنات الموجبة خارج غشاء الخلية مباشرة والشحنات السالبة إلى الداخل ويعرف هذا فرق جهد الراحة ففي أثناء الراحة يكون غشاء الليفة العضلية غير نافذ ويمنع مرور تلك الأيونات الموجبة أو السالبة من العبور فلاتحدث حالة تعادل بين الأيونات . وعليه فإن

هناك فرق في الجهد الكهربائي خارج وداخل غشاء الليفة العضلية وأن سبب هذا الفرق يرجع إلى الفرق في التركيز بين الأيونات خارج الغشاء وداخل الغشاء ويصل هذا الفرق من (٥٠ – ١٠٠) ملي فولت .

يوجد هناك فرق في كمية الأيونات الموجبة خارج غشاء الليفة والأيونات السالبة داخل غشاء الليفة ، فأيونات الصوديوم خارج الغشاء = ١٤٢ ملي / مكافئ / لتر

وأيونات الصوديوم داخل الغشاء = ١٤ ملي / مكافئ / لتر

وهذا يعني أن تركيز أيونات الصوديوم خارج غشاء الليفة العضلية يساوي (١٠) أضعاف تركيزها في داخل الليفة العضلية .

أما أيونات البوتاسيوم خارج الغشاء = ٤ ملي / مكافئ / لتر

وأيونات البوتاسيوم داخل الغشاء = ١٤٠ ملي / مكافئ / لتر

وهذا يعني أن تركيز أيونات البوتاسيوم داخل غشاء الليفة العضلية أكبر بحوالي (٣٥) مرة منها خارج غشاء الليفة العضلية .. فعند إستثارة العضلة بطريقة عصبية أو كهربائية وتم تنبيهها فإن هذا الفرق في الجهد الكهربائي يختلف نظراً لنفاذ تلك الشحنات الموجبة داخل غشاء الليفة العضلية عبر الغشاء مع الإشارة العصبية ، حيث أن هذه الإشارة عند دخولها عبر الغشاء يفقد الغشاء خاصية النفاذية الإختيارية في الجزء الذي يتم فيه التنبيه ويصبح الغشاء نفاذا لأيونات الصوديوم الذي يحمل معه

تياراً قوياً داخل الليفة في المنطقة المحفزه وهذا يؤدي إلى زوال موجة الأستقطاب التي كانت في وقت الراحة .

يحدث في المنطقة المحفزة إزالة الإستقطاب ويستمر زوال الإستقطاب داخل الغشاء طولياً ويتسرب إلى الداخل عبر الغشاء .. المنطقة المحفزة تستطيع تحفيز المناطق المجاورة لها لنفاذ الإشارة العصبية داخل الليف العضلي ثم إلى الألياف الأخرى وهكذا يسير الإيعاز من منطقة إلى أخرى وتصل سرعته إلى(٥م/ث) بعد أن تجتاز الإشارة العصبية جزء معين من الغشاء فإن الغشاء يستعيد قدرته على النفاذية الإختيارية مرة أخرى وتغلق المسامات التي نفذت منها الإشارة العصبية وبذلك يعود الإستقطاب في تلك الأجزاء من الغشاء مرة أخرى وهذه العملية تستغرق جزء قليل من الثانية .

إن سبب عودة الإستقطاب يكون بفعل أنزيم الكولين أستيرز الذي يتوفر وجوده في نقاط الإتصال العصبي العضلي والذي يعمل على تحطيم الأستيل كولين الذي سمح للإشارة العصبية بالنفاذ عير الغشاء فيحوله إلى كولين وحامض الخليك وبالتالي يبطل عمله وتعود نفاذية الغشاء الإختيارية إلى وضعها الطبيعي في حالة الراحة (فرق الجهد) ويعود الإستقطاب وعندها تكون العضلة مهيأة للإستجابة للإشارة العصبية الثانية

تتسرب الإشارة العصبية إلى أعماق الليف العضلي بواسطة الأنبيبات المستعرضة المجاورة لخطوط Z والمجاورة لمخازن التراكيب الثلاثية (الثالوث) وكما في الشكل (٢٦) فتؤثر الإشارة العصبية على مخازن التراكيب الثلاثة التي تخزن أيونات الكالسيوم Ca^{++} فتؤدي إلى تحريرها وإطلاقها قرب الخيوط البروتينية الإنقباضية المايوسين والاكتين . وهذه العملية تعبر عن إنطلاق سلسلة من

التغيرات الكيميائية حيث أن وجود أيونات الكالسيوم بتركيز أكثر من (١٠) يحدث الترابط بين الأكتين والمايوسين واقل من هذا التركيز لا يحدث الترابط بينهما

قبل وصول الإشارة العصبية إلى خيوط الأكتين والمايوسين تكون العضلة في حالة إنبساط (إرتخاء) أى أن الأكتين والمايوسين غير مرتبطان مع بعضهما لأنه عند إرتباطها يحدث التقلص العضلي والسبب في عدم الإتصال بين الأكتين والمايوسين هو أن تروبونين (I) وخيط التروبومايوسين يغطي مواقع الأكتين وحجبها عن المايوسين وبذلك لايستطيع المايوسين الإتصال بالأكتين ولكن عند تحرير أو إطلاق أيونات الكالسيوم Ca^{++} ووصولها إلى الخيوط الإنقباضية الأكتين والمايوسين تقوم هذه الأيونات بالإرتباط مع تروبونين (C) في المنطقة المخصصة للإرتباط بأيونات الكالسيوم ، وأن هذا الإرتباط بين أيونات الكالسيوم والمنطقة المخصصة للإرتباط في التروبونين يعمل على تحريك التروبومايوسين جانباً وكذلك يعمل على تحريك تروبونين (I) جانباً بعد أن كانا يحجبان الأكتين عن المايوسين أن هذا التحريك للجانب يؤدي إلى الكشف عن مواقع الأكتين المخصصة للإرتباط مع المايوسين فيحدث الإتصال بين المايوسين والأكتين عن طريق الجسور المستعرضة حيث تتصل الجسور المستعرضة للمايوسين بزاوية (٩٠°) مع الأكتين مما يؤدي هذا الإرتباط إلى إنشطار ATP المخزون في رؤوس الجسور المستعرضة وبمساعدة أنزيم ATPase فيؤدي إلى تحرير طاقة عالية . هذه الطاقة تؤدي إلى تحريك الجسور المستعرضة بزاوية (٤٥) نحو الداخل بعد أن كانت بزاوية (٩٠°) .

إن هذه الحركة في الجسور المستعرضة تعمل على سحب أو إنزلاق خيوط الأكتين فوق خيوط المايوسين أو تنسحب المنطقة (I) Isotropic ذات الخواص المتشابهه في الليف العضلي إلى مركز الساركومير وهذا يعني أن المنطقة A تبقى ثابتة وتنسحب المنطقة (I) نحو الفواصل الموجودة بين الخيوط السميكة المايوسين أن هذا التحلل لثلاثي فوسفات الأدنوزين يعطينا طاقة تقدر بحوالي (٨كيلو)

إن الجسور العرضية هي مواقع التفاعل الحقيقية بين خيوط الأكتين والمايوسين وتنشط بإطلاق أيونات الكالسيوم من الشبكة الساركوبلازمية وترتبط رؤوس المايوسين بالأكتين وتسحبها إلى الداخل بإتجاه الساركومير نحو مركز الليف العضلي ، وكلما يقصر طول كل ساركومير تقصر العضلة . وفي كل حركة مفردة للجسر العرضي تقصر العضلة حوالي (٠ر٠١) مايكرومتر ، وبعد ذلك يفك الإرتباط بين الجسر والأكتين ويعود الجسر العرضي إلى موضعه الأولي وبتكرار حركة المجئ والذهاب للجسر تنقبض العضلة . إن فعل الجسور المستعرضة المفردة غير متزامن إذ أن كل منهما يعمل بشكل مستقل وتقوم بتكرار ذلك من (٥ – ٥٠) مرة في الثانية ويتوقف ذلك على نوع الليف العضلي وسرعة الأوامر من العصب الحركي .

وحيث هناك آلاف الساركوميرات منتظمة مع بعضها بطريقة متتالية مكونة الليف العضلي فإن تجميع عمليات التقصير الفردية التي تقوم بها الجسور العرضية تؤدي في النهاية إلى حدوث الإنقباض العضلي الكلي لليفة العضلية وبتجميع عمليات الإنقباض في كل الألياف العضلية والوحدات الحركية ينشأ الإنقباض الكلي للعضلة ، وعليه فإن الإنقباض العضلي هو حصيلة

إنقباض جميع الساركوميرات في الليف العضلي بعد حدوث التقلص العضلي نتيجة إنزلاق خيوط الأكتين على خيوط المايوسين . تتحرر أيونات الكالسيوم من التروبونين (C) فتقوم الشبكة الساركوبلازمية بإعادة تجميع هذه الأيونات في مخازن التراكيب الثلاثية مما يؤدي ذلك إلى رجوع خيوط الأكتين إلى وضعها السابق . أى لايوجد إتصال .

إن فك الإرتباط بين خيوط الأكتين والمايوسين يكون بتأثير دخول أيونات المغنسيوم (Mg) حيث تقوم هذه الأيونات بفك الإرتباط بين الأكتين والمايوسين بعد إنتهاء الإشارة العصبية على أن يكون تركيز أيونات المغنسيوم في منطقة الإتصال عالي

إن إنخفاض تركيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم عن معدلها الطبيعي في العضلة يؤدي إلى إعاقة عمليات التقلص والإنبساط وحدوث الإصابات وقد أثبتت البحوث أنه نتيجية التدريب حدث تحسن في إمتصاص أيونات الكالسيوم في فعاليات السرعة بنسبة (١٥ %) وفي فعاليات القوة (٢٥ %) ولم يحدث تحسن في فعاليات التحمل .

المستقبلات الحسية العضلية

ان اساس عمل معظم التمارين الرياضية هو حدوث دورة المط (الاطالة) والتقصير (SSC). وان حدوث المط في العضلة يكون لمدى معين والا تعرضت العضلات والاربطة العاملة لاصابات السحب والتمزق العضلي والمسؤول عن هذه العملية الوقائية في العضلات هي المغازل العضلية

Muscle Spindle) في حين تكون اعضاء كولجي الوترية (Colgi Tendon Organs هي المسؤولة في الأربطة. ان طول العضلة الكلي والتغير في طول العضلة يسيطر علية بواسطة مستقبلات المط (الاطالة) الموجودة والمنطمرة داخل العضلة

هذه المستقبلات تتكون من نهايات الاعصاب التي تلتف حول الألياف العضلية الداخلية والتي يحيط بها (يغطيها) محفظة من النسيج الرابط التراكيب الداخلية هذه تسمى بالمغازل العضلية والالياف الموجودة في داخل المغزل تسمى بالألياف العضلية الداخلية (Intrafusal Fibers) والتي تعصبها اعصاب كاما. في حين ان الياف العضلات الهيكلية والتي تشكل معظم الياف العضلة والمسؤولة عن توليد القوة والحركة تسمى بالألياف العضلية الخارجية (Extrafusl Fibers) والتي تعصبها اعصاب الفا. علماً ان هذه المغازل العضلية تكون موازية ومنطمرة داخل الألياف العضلية.

ويتراوح طول المغزل العضلي بين (٣-١٠ملم) ويحوي على حوالي (٣-١٢) ليفاً عضلياً صغيراً في داخلة وعلى الياف دقيقة النهايتين مغزلية الشكل وان كل ليف داخل المغزل العضلي هو ليف عضلي هيكلي صغير، ومع ذلك فلا توجد في المنطقة المركزية لكل ليف من الألياف أي المنطقة المتوسطة بين نهايتي الليف أي خيوط اكتين او مايوسين لذلك لا يتقلص هذا الجزء المركزي من الليف عندما تتقلص نهايتيه ولكنه عوضاً عن ذلك يعمل كمستقبل حسي، أما تعصيبة فيكون بواسطة اعصاب كاما الحركية، وان المغزل العضلي يمكن ان يستثار بطريقتين

. تطويل العضلة كلها الى تمدد الجزء الوسطي للمغزل وبذلك فأنه يستثير المستقبلة فيه.

. اذ لم يتغير طول العضلة كلها فأن تقلص الاقسام النهائية من الألياف داخل المغزل سوف يمدد أيضاً اجزائها الوسطية وبذلك يستثير مستقبلاتها.

كما ان المغازل العضلية ترسل في العادة وبأستمرار دفعات عصيبة وحسية خاصة عندما تكون هناك درجة خفيفة من الاستثارة لعصب كاما، ويزيد تمديد المغزل العضلي من سرعة الاطلاق الدفعات العصبية في حين يقلل تقصيره من هذه السرعة. لذا تتمكن المغازل من ارسال: اما اشارات موجبة الى النخاع أي تزيد اعداد الدفعات لتدل على زيادة تمدد العضلة او انها ترسل اشارات سالبة - أي اعداد قليلة من الدفعات اقل من المستوى العادي لتدل على ان العضلة قد زال تمددها. وان المعلومات المرسلة هذه تكون عن طول العضلة وعن سرعة تغير طولها. علماً ان سرعة نقل الإشارة في العصب تبلغ (٧٠) - ١٢٠ م / ثا).

اما اعضاء كولجي الوترية (Golgi Tendon Organs)

فهي مستقبلات حسية ممحفظة محاطة بغلاف سميك). تمر من خلالها حزمة صغيرة من الألياف واوتار العضلة وهي تقع قرب منطقة اتصال الياف وتر العضلة بأليافها ويتصل تقريباً (٢٥-٥)، (١٥-١٠) ليفه عضلية لكل عضو من أعضاء كولجي. وينبه هذا العضو بواسطة التوتر الذي تنتجه هذه الحزمة الصغيرة من الألياف العضلية. وبهذا فأن الفرق الرئيسي بين استثارة اعضاء كولجي الوترية والمغزل العضلي هو أن المغزل يكشف طول العضلة والتغيرات في طولها بينما يكشف عضو كولجي الوتري توتر العضلة وهي بذلك تؤدي وظيفية وقائية عن طريق تقليل امكانية حدوث الاصابات، فعندما يتم استثارة هذه الاعضاء (كولجي) فأن هذه المستقبلات تقلل انقباض العضلات المسؤولة عن الحركة.

انواع الانقباض العضلي

يمكن تقسيم الانقباض العضلي بصورة رئيسة الى:

١. الانقباض العضلي الثابت وهو تغير في فرق الجهد الكهربائي داخل الخلية العضلية نتيجة اشارة عصبية كافية لتحفيزها. ولكن هذا التغير لا يحدث تغيراً في طول العضلة ولا في زوايا المفصل أو تحريك مقاومة او انتاج شغل حركي حيث ان محصلة الشغل البيوميكانيكي تساوي صفراً.

٢ الانقباض العضلي المتحرك ويقسم الى:

. الانقباض العضلي المركزي Concentric : وهو يعبر عن قدرة الاثارة العصبية على انتاج الطاقة وتحريك الجسور المستعرضة من خلال تتابع تقصير فرق الجهد المؤدي الى انتاج طاقة أكبر من المقاومة الموضوعة على مفصل يتحرك وبذلك فان العضلة تنقبض الى مركزها متقلصا وتقصر بحيث تتحرك اطراف المفصل واحدة على الأخرى أي احداث تصغير في الزاوية والتغلب على المقاومة وانتاج شغل بيوميكانيكي ايجابي باتجاه القوة العضلية

. الانقباض العضلي اللامركزي Eccentric : هو عدم مقدرة العضلة على انتاج طاقة أو قوة معادلة او اكبر من قيمة المقاومة. وبذلك تتباعد الجسور المستعرضة عنوة بحيث يتم الانقباض ولكن بتفكك الجسور المستعرضة عنوة وبالتالي تبقى الاشارة العصبية مستمرة دون القدرة على تقصير الخيوط العضلية وبالتالي يتم الشغل البيوميكانيكي باتجاه سلبي بعكس اتجاه انتاج القوة.

ان الانقباض الثابت يفسر ميكانيكيا على انه الشد المتولد هو بفعل المكون الانقباضي (CC) (الاكتوما يوسين على المكون المطاطي (SEC) (التايتين) اما الانقباض المركزي فانه دائما يسبق

بانقباض ثابت لحين ما يكون الفعل للمكون الانقباضي (الاكتوما يوسين) قد تغلب على المكون المطاطي (التابين) والذي قد يتعدى المقاومة الخارجية (الحمل) عندها تتقلص العضلة وتقتصر اما في الشد اللامركزي فان القوى الخارجية كالجاذبية الأرضية مثلاً هي التي تكون اعلى واكبر مما يؤدي بالعضلة ان تطول.

**** مراحل التقلص العضلي :**

يمر التقلص العضلي بثلاث مراحل هي :

١ – المرحلة الخاملة

وهى المرحلة التي تبدأ من وصول الإشارة العصبية إلى العضلة حتى إستجابة العضلة بالتقلص وطول هذه المرحلة يختلف بإختلاف قدرتها على الإستجابة وعلى نوع الألياف العصبية والعضلية المرتبطة بها .

ففي العضلة المستقيمة الداخلية للعين تكون فترة هذه المرحلة تساوي (٠٫٠٨) ملي ثانية وفي العضلة التوأمية تساوي (٠٫٠٤) من الثانية .

٢ – مرحلة الإنقباض

وهى المرحلة التي تبدأ من بدء الألياف العضلية بالإنقباض حتى بداية الإرتخاء وطول فترتها تختلف تبعاً لعدة تغيرات منها العمر ، الجنس ، نوع الألياف العضلية والعصبية ، الزاوية التي تعمل فيها العضلة ، المقطع الفسيولوجي للعضلة .

ويكون الإنقباض كبيراً إذا أرسلت إشارتين عصبيتين كلاهما فوق العتبة تتبع كلاهما الأخرى بتعاقب سريع بحيث ترسل بالإشارة العصبية الثانية قبل إنتهاء الأولى أى عندما يكون الإنقباض الأول في القمة فإن هذه الإشارة تزيد من إنقباض العضلة (إنقباض مزدوج) ويكون التقلص كبيراً .

إن التقلص الثابت للعضلة هو نتيجة لإتحاد عدة تقلصات بعضها يتبع البعض بتعاقب سريع وفي وحدة زمنية معينة ونتيجة لجمع التقلص فإن التقلص يكون عادة أكبر بكثير من ذلك التقلص الناتج من إشارة عصبية مفردة لها نفس الشدة .

٣ – مرحلة الإرتخاء :

وهى المرحلة التي تعود فيها الألياف إلى طولها الطبيعي وإذا أرسلت إشارتين عصبيتين وكانت الإشارة الثانية قد وقعت في مرحلة الإرتخاء فإن لهذه الإشارة العصبية تأثير وتنقبض العضلة مباشرة عند وصول الإشارة .

ولكن إذا أرسلت الإشارة الثانية ووقعت في المرحلة الخاملة فليس للإشارة العصبية تأثير وتبقى العضلة في فترة خمول (فترة عصيان) كما في عضلة القلب .

تأثير التدريب الرياضي والتكيفات في الجهاز العضلي :

التدريب الرياضي يرتبط بأداء نشاط عضلي تختلف شدته وحجمه من تمرين إلى آخر وهو دائما بحاجة إلى طاقة للتغلب على الجهد وان هذه الطاقة هي ميكانيكية ناتجة عن تحول انواع أخرى من الطاقة .

إن ممارسة النشاط العضلي تسبب أحداث تغيرات كيماوية في العضلة ، وإن النشاط الرياضي المنتظم سوف يحدث سلسلة من التغييرات البيوكيميائية في المايوسين والاكتوما يوسين وجميع المواد الأساسية الداخلية في عملية الانقباض العضلي، وينتج عن ذلك عدة تغيرات بنائية وبيولوجية تحصل في العضلة نتيجة التدريب.