فسلجة العضلات

العضلات :

تقوم العضلات بانجاز اهم صفة من صفات الجسم الحي وهي صفة الحركة ولاتمام الحركة هناك جهاز يقوم بها يسمى بالجهاز الحركي . ويتألف من قسمين هما :

1- القسم الفاعل : وهو العضلات ويسمى بالجزء الفعال .
2- القسم المنفعل : وهو العظام والأربطة ويسمى بالجزء غير الفعال (السلبي) .

يتألف الجهاز العضلي من مجموعة من العضلات التي تشكل في مجموعها العام اكثر من (600) عضلة ارادية والتي تشكل من (40 – 45)% من وزن الجسم وما يقارب (15) % عضلات ملساء لاارادية . اذ يشكل الجهاز العضلي ما يقارب (50 – 60) % من وزن الجسم الكلي .

تقسم العضلات في الإنسان إلى ثلاثة أنواع بالنسبة لتركيبها وبالنسبة لعملها وهذه الانواع هي :

1. العضلات المخططة والإرادية (الهيكلية) .
2. العضلات الملساء الغير إرادية (الغير المخططة) .
3. عضلة القلب (مخططة لاإرادية) .

1- العضلات المخططة (الإرادية الهيكلية)

تعمل هذه العضلات بارادة الشخص استجابة للمنبه العصبي الذي ينشأ من خلايا قشرة الدماغ وينتقل بواسطة العصب الحركي بعد مروره بالحبل الشوكي حتى تجهز كل عضلة بعصب محرك ويكون انتهاء العصب الحركي بالليف العضلي بتركيب خاص يسمى بالصفيحة العصبية النهائية ، ويختلف شكل الصفيحة حيث يكون على شكل عناقيد او على شكل صفيحات حيث يتم انتقال المنبه العصبي الى الليف فيستجيب الليف للمنبه بالتقلص .

يتفرع كل عصب حركي الى عدة فروع صغيرة وكل فرع من هذه الفروع تتفرع بدورها الى فروع اصغر لتجهز الى عددا كبيرا من الألياف العضلية مكونة الوحدة الحركية . تسمى هذه العضلات بالعضلات المخططة وذلك لمظهر أليافها المخططة عند فحصها بالمجهر. فعند فحص شريحة من العضلة تحت المجهر نرى ان النسيج العضلي يتكون من خلايا كبقية أنسجة الجسم الأخرى ولكن لخلايا النسيج العضلي شكل خاص يختلف

عن بقية خلايا أنسجة الجسم حيث انها طويلة الشكل ويختلف طولها من بضع مليمترات في العضلات الصغيرة الى حوالي عشرة سنتمترات في العضلات الكبيرة . تسمى هذه الخلية في النسيج العضلي بالليف العضلي .

يقطع هذا الليف حزم مستعرضة غامقة اللون تتناوب بانتظام مع حزم اخرى نيرة (لاختلاف انكسار النور المار بها) ولكن الحزم النيرة اوسع بقليل من الحزم الغامقة وبالنسبة لهذا المظهر تعطي الشكل المخطط لليف العضلي لذا تسمى العضلة بالعضلة المخططة .

يتكون الليف العضلي الواحد من عدة خيوط طولية رقيقة من الخلية ويسمى كل خيط رقيق فيها بالليفة العضلية وتحوي الخلية العضلية على المادة الحية (الهيولي) وعلى غشاء يحيط بها يسمى بالغميد العضلي (ساركوليما) . اما النواة فتكون محيطية الموقع بالليف العضلي المتعدد بالنواة حيث تقع قرب سطح الخلية وتحت الغميد العضلي مباشرة وليس بمركز المادة الحية وتحوي على عدة نويات .

ان تجمع الليف العضلي يكون الليف العضلي وتتجمع هذه الألياف العضلية بداخل نسيج رابط تسير فيه الأوعية الدموية من شرايين وأوردة وكذلك فروع الأعصاب المكونة حزمة عضلية وتتجمع عدة حزم عضلية مرتبطة سوية تكون العضلة المخططة .

لذا فان قوة التقلص في العضلة هو عبارة عن مجموع قوة التقلص في كل اليافها العضلية، ويمتاز النسيج العضلي بتطور خاصية التقلص لخلاياه حيث لها تطورا عاليا عن بقية انسجة الجسم الاخرى . وتسمى هذه العضلات ايضاً بالعضلات الهيكلية لان معظم اصلها ومغرزها يتم بعظام الهيكل العظمي للانسان . وتقسم العضلات الارادية بالنسبة لشكلها العام وحسب تنظيم اليافها الى اربعة انواع رئيسية هي :

أ. المتوازية : تتجه اليافها بصورة متوازية من الاصل الى المغرز وشكل العضلة اما رباعي الاضلاع او على شكل شريط ومثالها كالعضلة البطنية المستقيمة .
ب. الريشية : من اسمها ان اتجاه اليافها تشبه تنظيم الريشة تتجه بصورة مائلة من الاصل الى المغرز اما من جهة واحدة وتسمى وحيدة الريشة ومثالها وحيدة الريشة كالعضلة مثنية الابهام الطويلة او من جهتين وتسمى ثنائية الريشة ومثالها العضلة المستقيمة الفخذية او متعددة الريشة مثل العضلة الدالية .
ج. المثلثية : وهي عضلة مسطحة تشبه المروحة اليدوية تتجمع اليافها من الاصل الى المغرز بشكل يشبه المروحة ومثالها العضلة الصدغية والعضلة الصدرية العظيمة .
د. المغزلية : من اسمها تشبه المغزل حيث تتباعد اليافها عند الاصل ثم تتقارب من وسط العضلة نحو المغرز ومثالها العضلة ذات الرأسين العضدية .

ان اتجاه الياف العضلة في كل عضلة ذو أهمية حيث يحدد اتجاه السحب لان السحب يتم فقط على طول المحور الطولي للالياف العضلية في العضلة ولمعرفة اتجاه هذه الالياف يجب معرفة اصل العضلة ومغرزها حيث ان كل عضلة هيكلية تنتهي بوترين احدهما هو الاصل وهو قصير ويسمى وتر الارتكاز والذي يبقى ثابتاً اثناء الحركة والثاني هو المغرز ويكون اطول وهو وتر العمل الذي يتحرك في اتجاه خط سحب الالياف العضلية نحو الاصل .

التركيب الكيمياوي للعضلة :

75- 80% الماء

14- 16% مواد زلالية نقية (بروتينات)

والبقية هي املاح معدنية مثل املاح البوتاسيوم وكميات قليلة من الفسفور والكلور والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والسكريات ومواد دهنية .

❖ الخصائص البيوكيميائية للعضلة الهيكلية :

هناك خاصيتان اساسيتان للعضلة الهيكلية هما :

1- سعة الاكسدة Oxidative capacity

وتتحدد سعة الاكسدة بعدة خصائص هي عدد المايتوكوندريا وعدد الشعيرات المحيطة بالليفة العضلية الميوكلوبين .

فزيادة عدد المايتوكوندريا والشعيرات الدموية بالمحيطة بالليفة العضلية يساعد على استقبال الليفة العضلية للاوكسجين الكافي لها خلال فترة النشاط العضلي ، كما ان الميوكلوبين يشبه الهيموكلوبين في الدم في مقدرته على الاتحاد مع الاوكسجين كما يعمل في نفس الوقت كعامل مكوكي يحمل الاوكسجين من غشاء الخلية ليقوم بتوصيله الى المايتوكوندريا ، لذلك فأن زيادة الهيموكلوبين بالليفة العضلية تساعد على نقل الاوكسجين وتوجيهه من الشعيرات الدموية الى المايتوكوندريا حيث تقوم بأستخدامه في عمليات الطاقة الهوائية .

وبناءاً على ذلك فأن الليفة العضلية الاكثر عدداً من المايتوكندريا والشعيرات الدموية وتركيز الهيموكلوبين تعتبر هي الاعلى كفاءة وسعة للعمل الهوائي ومقاومة التعب .

2- والخاصية الثانية مقدار نشاط انزيم Atpase في الليفة العضلية ، فكلما زاد نشاط هذا الانزيم زادت سرعة الانقباض العضلي ، والعكس كلما قل نشاط الانزيم قلت سرعة الانقباض العضلي .

الخصائص الانقباضية للعضلة الهيكلية :

عند مقارنة انواع الالياف العضلية يلاحظ ان هناك ثلاث خصائص هامة هي :

1- اقصى انتاجية للقوة .
2- سرعة الانقباض العضلي .
3- فاعلية الليفة العضلية .

1- يعبر عن اقصى انتاجية للقوة (قوة العضلة) بمقدار قوة السنتمتر مربع من المقطع الفسيولوجي للعضلة وتحسب بقسمة قوة العضلة على مساحة المقطع العرضي لها .
2- اما سرعة الانقباض العضلي فيتم قياسها بواسطة اقصى سرعة لانقباض العضلة وتربط سرعة الانقباض بسرعة حركة الجسور المتقاطعة في جذبها لفتائل الاكتين ، وتسمى دورة الجسور المتقاطعة وهي النشاط المنظم (المفتاح المنظم) لنشاط انزيم Atpase لذلك فأن الليفة ذات المستوى العالي من نشاط انزيم Atpase (الالياف السريعة) تؤدي الى سرعة انقباض العضلة ، والالياف ذات المستوى المنخفض من هذا الانزيم تؤدي الى بطئ سرعة الانقباض العضلي .
3- ويعبر عن فاعلية الليفة العضلية بقياس مدى اقتصاديتها ، حيث ان الليفة الاكثر اقتصادية هي الليفة الاقل طاقة وتحسب بقيمة مقدار الطاقة المستخدمة ATP على مقدار القوة الناتجة لها .

وتتركب اللويفة العضلية من خيوط من الاكتين وخيوط المايوسين وهما عبارة عن خيوط بروتينية ، وعلى اساس اتحاد هذين النوعين من الخيوط وانفصالهما تاسست النظرية المعروفة بنظرية انزلاق الخيوط التي توصل اليها العالم الانكليزي (هيوهكسلي ومساعده جين هانسون) وفي ضوئها فسرت عمليتا الانقباض والارتخاء العضلي .
ومما سبق يمكننا ايجاز تركيب العضلة الهيكلية فيما يلي :
1 – لويفة عضلية تتالف من فتائل الاكتين والمايوسين .
2 – مجموعة لويفات عضلية تكون الليفة .
3 – مجموعة الياف عضلية تكون الحزمة .
4 – مجموعة حزم عضلية محاطة بغشاء رابط يسمى اندومايزيوم تكون الشكل الكامل للعضلة الهيكلية.
الانقباضة العضلية البسيطة (الخلجة العضلية عندما تستجيب العضلة لاشارة عصبية واحدة تصل اليها عن طريق تنبيه العصب او العضلة نفسها كهربائيا تعرف تلك العملية بالانقباضة العضلية البسيطة او الخلجة العضلية ، ومنذ لحظة وصول المنبه او المثير العصبي الى العضلة وحتى نهاية تلك الانقباضة البسيطة تمر العضلة بثلاث مراحل هي :

1 – مرحلة 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 الفترة حوالي 50 ملي ثانية .

العوامل المؤثرة على الانقباضة العضلية البسيطة :

تتاثر الانقباضة العضلية البسيطة بعدد من اهم العوامل التي تؤدي الى زيادة قوة الانقباضة او نقصها ومن اهم تلك العوامل ما يلي :

1 – حالة العضلة قبل الانقباض : ويطلق على هذا العامل الطول الابتدائي للالياف العضلية ، ويعني ذلك انه كلما زاد طول الالياف العضلية – نتيجة لشدها قبل بدء الانقباض – كانت درجة 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 .

2- العضلات الملساء (الغير الارادية وغير المخططة)

تؤلف هذه العضلة على الأغلب جدران الأعضاء الداخلية في الجسم كقناة الهضم (المريء والمعدة والأمعاء) وجدران المثانة والرحم .

عند فحص شريحة من العضلة الملساء وتحت المجهر نرى ان الليف العضلي للعضلة الملساء يتألف من خلية واحدة متطاولة نواتها مركزية والمادة الحية (الهيولي) متجانسة ولهذا سميت بالعضلة الملساء . تتجمع هذه الليفات العضلية مع بعضها البعض مكونة حزمة وتتجمع هذه الحزم تتكون منها العضلة الملساء . تختلف العضلة الملساء عن العضلة المخططة بالصفات التالية :

أ. بطيء تقلص العضلة الملساء بالنسبة لتقلص العضلة المخططة حيث يكون التقلص اسرع في العضلة المخططة .
ب. قلة استهلاك العضلة الملساء للطاقة .
ج. استمرارية التقلص في العضلة الملساء .

3- عضلة القلب

كتلة عضلية تتكون من نسيج عضلي خاص يغلفها من الخارج غشاء متين هو الغشاء الخارجي للقلب يسمى التامور ويبطنها الغشاء الداخلي للقلب وهو طبقة رقيقة من الخلايا المسطحة تنثني في بعض المواضع لتكون الصمامات ولاهميتها الحيوية نجد انها تتمتع بحماية خاصة داخل القفص الصدري بين عظم القص من الامام والعمود الفقوي من الخلف وعضلة الحجاب الحاجز من الاسفل .

❖ انواع عمل العضلات :

هناك العديد من الاعمال للعضلات الموجودة في جسم الانسان وهي كما يأتي :

1- العضلات العاملة : وهي العضلات المشؤولة التي تقوم بالعمل العضلي الفعلي او الاداء الذي ينتج عنه الانقباض سواء المتحرك او الثابت .

2- العضلات المعاكسة : وهي العضلات التي تكون بالاتجاه المعاكس (المضاد) للعضلات العاملة وتكون في حالة انبساط عمل العضلات العاملة .

3- العضلات المثبتة : ووظيفتها تثبت المفصل عند اداء الحركة وبالاتجاه والوضع الذي يخدم الحركة وجمالها وانسيابيتها .

4- العضلات المساعدة : وهي العضلات التي تعمل بصورة جزئية او بسيطة عند اداء الحركة الفعلية فهي تنقبض نتيجة لاشتراكها ضمن المدى الحركي للمفصل الذي تتمفصل عليه .

❖ اعضاء الحس بالعضلة

أ- **المغازل العضلية :** ويتم استشارة هذه الاعضاء الحسية عن طريق الشد العضلي وبناءً على درجة الشدة الواقعة على العضلة تقوم المغازل بأرسال معلومات عن درجة القوة او الشد المطلوبة من حيث عدد الوحدات الحركية (وهي اعضاء منشطة) .

ب- **اجسام كولجي الوترية :** وهي اعضاء حسية ايضاً لكنها تقوم بدور يختلف تماماً عن الدور الذي تقوم به المغازل العضلية اذ تقوم هذه الاجسام بكف العمل اذا كانت هناك خطورة على العضلة نتيجة لزيادة درجة المقاومة (وهي اعضاء مثبطة) .

❖ انواع الانقباض العضلي

1- الانقباض المركزي : وهو الانقباض الذي يتم فيه انقباض العضلة نحو مركزها عن طريق التغيير في طول الليف العضلي (تقصير) وهو انقباض متحرك مثل حركة الكيل للذراعين صعوداً .

2- الانقباض اللامركزي : وهو عكس الانقباض الاول من حيث الاتجاه ويحدث عكس اتجاه مركز العضلة ، أي بأتجاه المنشأ والمدغم للعضلة ويحدث فيه (تطويل) العضلة مثل حركة النزول في تمرين الكيل للذراعين .

3- الانقباض الايزوكنتك : ويتم على المدى الكامل للحركة ويأخذ الشكل الصحي للاداء في الحركات الفنية التخصصية مع وجود مقارنة مثل حركة الشد في السباحة والتجديف .

4- الانقباض البلايومتري : ويحدث هذا الانقباض في اتجاهين مختلفين متعاكسين اذ يكون الاتجاه الاول عكس المركز (لامركزي) يعقبه فترة كمون ثم يتم الانقباض الاخر بأتجاه المركز (مركزي) مثل حركة القفز على الموانع ، او الضرب بالقدم لكرة .

5- الانقباض الثابت : وهو الانقباض الذي يتم بدون اية حركة للمفصل ويتم فيه الاداء عند زاوية معينة مثل دفع جدار او الثبات في وضع الانثناء النصفي (2/1 دبني) .....الخ .

❖ **الليفة العضلية**

تتراوح الخطوط العضلية في الطول من 10- 88 ميكروميتر مما يجعلها تقريبا غير مرئية بالعين المجردة ومعظم الالياف العضلية تمتد بطول العضلة ،وهذا يعني ان اللويفة العضلية في الفخذ يمكن ان تمتد اكثر من 35سم . ويختلف عدد الالياف العضلية في كل عضلة عن الاخرى حسب وظيفة وحجم العضلة .

❖ **الغشاء الخارجي المحيط بالخلية العضلية**

لو نظرنا لكل خلية عضلية على حدة سوف نجد انها محاطة بغشاء يسمى الساركوليما وفي نهاية كل خلية عضلية فان هذا الغشاء يتحد مع وتر العضلة الذي ينتهي في العظام . وتتكون الاوتار من حبال ليفية تنقل القوة المولدة عن طريق باقي العضلات الى العظام ، وبذلك تتم الحركة . ولهذا فان كل خلية عضلية متصلة بالعظام عن طريق الوتر .

❖ **الساركوبلازم**

من خلال جدار الساركوليما باستخدام الميكروسكوب الالكتروني فان النسيج العضلي يحتوي على وحدات اصغر تسمى اللويفات العضلية وهي عبارة عن أشكال اسطوانية تمتد خلال طول النسيج العضلي . وتوجد مادة جيلاتينية تملأ الفراغ بين اللويفات العضلية ويطلق عليها الساركوبلازم وهي عبارة عن الجزء السائل في النسيج العضلي (السايتوبلازم). ويحتوي الساركوبلازم وهي بروتينات مذابة ومعادن وكلاكوجين ودهون والأعضاء الأساسية للخلية ويختلف عن باقي السايتوبلازم للخلايا الاخرى لانه يحتوي على كميات كبيرة من الكلاكوجين المخزون والمركبات المرتبطة بالأوكسجين المايوكلوبين الذي هو مثل الهيموكلوبين .

❖ **خيوط المايوسين**

رغم ان لويفة عضلية تحتوي على 3000 خيط اكتين وحوالي 1500 مايو سين فان هذه الأقسام تعتبر خادعة ، حيث ان ثلثي سمك العضلة يتكون من المايوسين .

وتعتبر خيوط المايوسين سميكة ويتكون كل خيط من المايوسين من 200 وحدة متصل بعضها ببعض في النهاية والجانب . ويتكون كل جزء من المايوسين من نوعين من البروتينات التي تلتف حول بعضها البعض وفي نهاية كل بروتين رأس كروي يطلق عليه رأس المايوسين . ويحتوي كل خيط من المايوسين على العديد من الرؤوس التي تخرج من خيوط المايوسين وتصنع مايسمى بالحواجز المتداخلة التي تعمل أثناء عمل العضلة مع المناطق النشطة الخاصة في الاكتين .

❖ **خيوط الاكتين**

يتكون خيط الاكتين من ناحيتين الناحية الاولى متصلة بالمنطقة (Z) (الداكنة) في الساركومير والناحية الاخرى تتجه نحو مركز الساركومير ويحتوي كل اكتين على مكان نشط خاص لاتصال المايوسين . وتتكون خيوط الاكتين من ثلاث انواع من البروتينات :

1- الاكتين : ويمثل الهيكل الرئيسي من تركيبات الالياف وتكون جزيئات الاكتين على شكل كروي وتتحد مع بعضها البعض مكونة من جزيئات الاكتين .
2- التروبوميوسين : عبارة عن بروتين على شكل انبوبي ويلتف حول شبكة الاكتين .
3- التربونين : عبارة عن بروتين معقد ويتصل بمساحات منتظمة بكل من التربوميوسين والاكتين ويعمل التربوميوسين والتربونين معاً بصورة متداخلة مع ايونات الكالسيوم لحدوث انقباض او ارتخاء العضلة .

❖ **ميكانيكية وطاقة الانقباض العضلي**

يحدث الانقباض العضلي نتيجة لانزلاق اجزاء الاكتين لتقارب من بعضها البعض بين اجزاء المايوسين ويتم ذلك نتيجة لاشارة عصبية فتتحول الطاقة الكهروكيميائية الى طاقة ميكانيكية بحيث يمكن تأدية عمل ميكانيكي ، وتعتبر مادة (ATP) المنبع المباشر للطاقة، كذلك فأن الجسم يعمل باستمرار على اعادة بناء (ATP)عن طريق اتحاد مادة (ADP) مع الفوسفات خلال العمل اللاهوائي او بواسطة انشطار الكلاكوجين لاهوائياً او هوائياً .

وتتم عملية الانقباض العضلي عندما يطلق العصب الحركي اشارة عصبية الى الليفة العضلية والى اسفلها ايضاً من خلال (T.tubules) وهي عبارة عن قنوات تنتشر على سطح الليفة العضلية وتحدث العمليات وفقاً للخطوات التالية :

1- تخرج ايونات الكالسيوم من (SarcoplasrmicR) عند وصول الاشارة العصبية الى داخل الليفة العضلية .

2- تقوم ايونات الكالسيوم بتثبيط نشاط جزيئات التروبونين بعد توقف نشاط التروبونين يتحرر انزيم المايوسين (Mysin ATP ase) الذي يتم في وجوده انشطار ATP وتحدث الطاقة اللازمة لتحريك أهداب أجزاء المايوسين لتجذب في اتجاه الوسط اجزاء الاكتين ويحدث الانقباض العضلي .

❖ الظاهرة الكهربائية للعضلة

يحدث الانقباض العضلي نتيجة لاستقبال الليفة العضلية استشارة من الاعصاب الحركية مما يؤدي الى تغير مفاجئ في الحالة الكهربائية للعضلة وتنتشر موجة هذه الاشارة على طول الليفة العضلية والى داخلها لتصل الى اللويفات التي تستجيب لذلك بالانقباض ، ولكي نفهم كيفية حدوث الاشارة وكذلك كيفية انتقالها من الضروري معرفة الفرق بين توزيع الشحنات الكهربائية في حالة الراحة وحالة الحركة .

❖ فرق الجهد الكهربائي في حالة الراحة

يختلف توزيع ايونات الصوديوم والبوتاسيوم في داخل الليفة العضلية وخارجها حيث تزيد نسبة تركيز ايونات الصوديوم الموجبة الشحنة والكلورين خارج الليفة العضلية بينما تكمل تركيز ايونات البوتاسيوم السابقة على زيادة الشحنة داخل الليفة العضلية اكثر من خارجها وهذا الاختلاف في توزيع الايونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة حول غشاء الليفة العضلية يتسبب في ملاحظة فرق جهد كهربائي يتراوح مابين 50- 100 مللي فولت، وهذه الحالة يمكن تغيرها بعدة وسائل منها التيار الكهربائي اوالعوامل الكيميائية او في الظروف العادية بواسطة الاشارات العصبية والتي تسبب تغيراً في الحالة الكهربائية لليفة العضلية وتحدث حالة فقد الاستقطاب والتي تؤدي بالعضلة الى حالة اخرى تعرف (بحالة الحركة) .

❖ فرق الجهد الكهربائي في حالة الحركة

نتيجة لوصول الاستشارة الى غشاء الليفة العضلية فانه يسمح بنفاذ ايونات الصوديوم الى داخل الليفة العضلية وفي نفس الوقت تخرج ايونات البوتاسيوم الى الخارج وبذلك يتغير توزيع الشحنات الكهربائية فتصبح سالبة خارج الليفة العضلية وموجبة داخلها وتستمر هذه الحالة لبضعة اجزاء من الثانية ويمكن قياسها بالكلفانوميتر وهذه الاستشارة تنتشر على طول الليفة العضلية بسرعة 5م/ثا تقريباً وتكون سبباً في حدوث الاستجابة الكيميائية لانتاج الطاقة واتمام الانقباض العضلي .

❖ **الاسترخاء**

عندما يتوقف التنبيه العصبي في جهد العمل فان الكالسيوم لاينتشر ولا يتحد مع التروبونين وكذلك تعمل فتحة الكالسيوم باتجاه معاكس حيث تسحب الكالسيوم الى داخل المخازن في الشبكة الساركوبلازمية .

وان تحرك الكالسيوم وعودته يجعل خيوط الاكتين تستدير الى ما كانت عليه قبل الانقباض ، وكذلك (ATP) الموجود في جسور الوصل في المايوسين يكون غير قادر على الاتصال بفتحات الاكتين ويعود نشاط انزيم (ATP ase) الى ماكان عليه ولا يتحكم المزيد من (ATP) . وتعود خيوط العضلة الى مواقعها ثانية كما كانت قبل الانقباض فتبسط العضلة .

❖ **الألياف العضلية**

هناك نوعان رئيسان من الألياف العضلية، احدهما البيضاء والاخرى الحمراء والاختلاف مرجعه الى نسبة مادة الهيموكلوبين (مادة ذات لون احمر مسئولة عن حمل الاوكسجين الوارد من الشعيرات الدموية الى العضلة حيث تقوم بالاتحاد به ونقله الى المايتوكوندريا داخل الليفة العضلية ليستخدم في انتاج الطاقة اللازمة للانقباض العضلي) . لاتوجد عضلة في الجسم تحتوي على نوع واحد من الالياف العضلية ، وانما تتكون من نسب معينة من كلا النوعين .

الالياف العضلية البيضاء تتميز بسرعة الانقباض العضلي والقدرة على العمل اللاهوائي (غياب الاوكسجين) ولها المقدرة على انتاج قوة عضلية كبيرة، اما الالياف الحمراء فتتميز باحتوائها على نسبة كبيرة من الهيموكلوبين مما يميزها بالبطيء في الانقباض والعمل الهوائي (في وجود الاوكسجين) مما يمكنها من الاستمرار في الانقباض العضلي لفترات طويلة .

الخاصية	الالياف الحمراء	الالياف البيضاء
مكونات الهيموكلوبين	عالية	منخفضة
المايتوكوندريا	عالية	منخفضة
نسيج الساركوبلازم	اقل	اكثر
امداد الدم	نسبة الخاصية الشعرية عالية	اقل نفاذية

اللوح الطرفي الحركي	اصغر	كبير
قطر الليفة العضلية	اصغر	اكبر
النظام الرئيسي لانتاج الطاقة	الجلكزة الهوائية	دائرة كربسن (الاكوة الفوسفاجينية)
المادة الاساسية	الدهون	الكاربوهيدرات
سرعة الاشارات العصبية	منخفضة	عالية
زمن الانقباض العضلي	طويل	قصير
التوتر	منخفض	عالي
التحمل	فترة طويلة لحدوث التعب	تتعب بسرعة

❖ **الخصائص المميزة للنسيج العضلي والجهد البدني**

يعد الجهاز العضلي احد الاركان الثلاثة الاساسية التي يعتمد عليها جهاز الاتزان والحركة بالنسبة لجسم الانسان بصفة عامة ، والجهد البدني بصفة خاصة ، وفيما يلي نعرض لهذه الاهمية بشيء من التفصيل في ضوء العلاقات المتبادلة بين الخصائص المميزة للنسيج العضلي الارادي والجهد البدني :

1- خاصية الانقباض والجهد البدني

من الخواص الهامة التي يتميز بها النسيج العضلي خاصية الانقباض وتعني قدرة هذه الانسجة على الانقباض ويقابلها القدرة على الارتخاء . ولما كانت العضلات تشكل ثلاث اخماس وزن الجسم تقريباً بالنسبة للرجل واقل من ذلك قليلاً لدى المرأة فأن ذلك يبرز اهميتها بالنسبة للجهد البدني ، ويتفاوت حجم هذه الاهمية بالنسبة لعدد ونوع العضلات العاملة (المنقبضة او المنبسطة) اثناء الاداء وفقاً لاختلاف نوع النشاط الرياضي التخصصي الممارس . فالمجموعات العضلية العاملة اثناء رياضة التجديف ، تختلف عن المجموعات العاملة برياضة كرة القدم .. الخ .

2- خاصية النغمة العضلية والجهد البدني

أ. **النغمة العضلية والانقباضات والانبساطات :** ان خاصية النغمة العضلية اي الاحتفاظ بانقباض بسيط وبصفة مستمرة حتى اثناء الراحة لها اهميتها الكبيرة في الرياضات التي تعتمد على عنصر المفاجأة مثلها في رياضات المنازلات (المصارعة، والملاكمة، السلاح) وما يشابههم من مواقف في الرياضات

الاخرى ، اذ تتطلب هذه المواقف في مثل هذه الرياضات سرعة اتخاذ اوضاع دفاعية او هجومية مفاجأة تتطلب انقباضات وانبساطات من المجموعات العضلية المشاركة والا ادى عدم تأهيل المجموعات العضلية للعمل الى حدوث اصابات بالالياف العضلية . ويلعب الاحماء دوراً هاماً الى جانب النغمة العضلية في تأهيل العضلات للعمل المحتمل القيام به اثناء الاداء الرياضي التخصصي .

ب. **خاصية النغمة العضلية والحفاظ على على درجة حرارة الجسم وبيئة التفاعلات الانزيمية :** الى جانب ماتقدم من اهمية للنغمة العضلية في تأهيل العضلات للعمل او الجهد العضلي فان لها اهميتها في :

1. **الحفاظ على درجة حرارة الجسم عن طريق الحرارة الناتجة عن الانقباضات العضلية البسيطة المتبادلة بين الالياف .**
2. **والى جانب ذلك توفر للجسم بيئة حرارية مناسبة للاعضاء الحيوية والتفاعلات الانزيمية التي يحتاج اليها الجسم في مختلف عملياته الكيميائية .**

3- خاصيتي النغمة العضلية وسرعة الاستجابة والجهد البدني

الى جانب اهمية النغمة العضلية تبرز اهمية خاصية سرعة الاستجابة ، وهي قصيرة الفترة الزمنية اللازمة لتلبية متطلبات المواقف المختلفة ويساعد التدريب الرياضي على تنمية هذه الخاصية ومثال ذلك في البدء في رياضات عدو وسباحة المسافات القصيرة ، وكذلك في المنازلات بانواعها ومواقفها المختلفة والالعاب (القدم – السلة – الطائرة – اليد - ... الخ) .

4- خاصيتي الاستثارة والتوصيل والعلاقة بينهما وبين خاصية سرعة الاستجابة والجهد البدني

يتوفر خاصيتي الاستثارة والتوصيل اي قابلية الاستجابة للمثيرات الكهربائية والكيميائية ، وقدرة النسيج العضلي على نقل هذه المثيرات ويتوفر عنصران هامان بالنسبة للانشطة الرياضية يكملها خاصية سرعة الاستجابة او ما يدعى بسرعة رد الفعل ومثلها في الرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين العين والقدم ، ومثلها في التسجيل او التمرير في كرة القدم ، او في المنازلات والرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين العين واليد ومثلها التصويب والتمرير في كرة السلة وكرة اليد وغيرها من الرياضات وكذ في الرياضات التي تعتمد على التوافق فيما بين الاذن والمجموعات العضلية المستجيبة ومثلها البدء في رياضات السباحة ومسابقات العدو ، اذ يترتب على سماع طلقة او صفارة البدء الانطلاق السريع من على مكعبات البدء في السباحة ومن على خط البداية في

العدو . كذلك يحقق التوافق فيما بين حاسة اللمس والمجموعات العضلية المستجيبة في رياضة المصارعة بنوعيها الرومانية والحرة وتحقيق خطفات سريعة وموفقة .

5- خاصية المرونة والجهد البدني

تعمل خاصية المرونة بالنسيج العضلي اي التمدد والاستطالة على تنمية عنصراً هاماً من عناصر اللياقة البدنية وهو المرونة ، ويعد هذا العنصر متطلباً هاماً جداً في الكثير من الرياضات ان لم يكن بشكل مباشر فبشكل مشارك ومثل هذه الرياضات الجمباز بكافة اجهزته ، والتمرينات الايقاعية ، البالية ، والبالي المائي ... الخ . ويتوفر هذا العنصر تتوفر للجهاز العضلي درجة من الامان والحماية من التمزقات العضلية وما يشابه ذلك من الاصابات التي قد يسببها الاداء المفاجيء للمهرات كاستجابة لبعض المواقف والمتطلبات في الاداء الحركي بالنشاط الرياضي التخصصي .

❖ خصائص العضلة

- الاستثارة : تكون نتيجة للاستجابة الى الحافز (الحافز العصبي) .
- الانقباض : القدرة على تقصير الطول أي سحب الالياف العضلية من المغرز نحو المركز بأتجاه الاصل
- التمدد : تمدد او عودة الالياف العضلية عندما يكون هناك سحب للالياف المستثارة .
- المطاطية : القدرة او العودة الى الوضع الاصلي بعد الانقباض والتمدد .

❖ وظيفة العضلة :

- الحركة .
- انتاج الحرارة .
- الحفاظ على انتصاب الجسم .