الجهاز العضلي

المحاضرات الثامنة والتاسعة

أن العضلات والعظام يكونان معا الجهاز الهيكلي مدعمة بالأربطة والاوتار والغضاريف والعضلات لها وظائف هامة للجسم اذ تقوم باستعمال الطاقة لتوليد القوة والحركة لواسطة الفرد في تنظيم بيئته الداخلية لإنتاج جميع أنواع الافعال في بيئته الخارجية، كما تشترك العظام والعضلات في عملية التوازن الداخلي لتساعد الإنسان على الوقوف والجلوس في أوضاع سليمة متزنة مع ملاحظ أن هناك قوة الجاذبية الأرضية والتي تشده لأسفل، وتنقبض العضلات لتعطي حركة معينة في الجسم ففي التعرض للجو البارد تنقبض العضلات نبضيا (رعشة shivering) مسببة إنتاج طاقة للمحافظة على الثبات النسبي لدرجة حرارة الجسم، بالإضافة إلى ذلك فالعضلات في جسم الإنسان هي المسئول عن الكلام وتناول الأشياء والتصنيع وأداء جميع احتياجات الفرد اليومية من خلال انقباضاتها.

يبلغ عدد العضلات في الجسم حوالي 600 عضلة لها اشكال مختلفة وهي اما ان تكون اعضاء في الجسم او ترتبط بالعظام، وتتكون العضلات من مواد عضوية تشكل 15% منها خارج الليفة العضلية و 85% داخل الليفة العضلية والمواد داخل الليفة العضلية تتكون من 75% ماء و25% مواد صلبة وهذه المواد الصلبة هي كاربوهيدرات ودهون واملاح معدنية تشكل 20% و بروتينات تشكل 80% وسوف نتناول في هذا الموضوع انواع العضلات في الجسم.

تقسم العضلات تبعا لخواصها الانقباضية وتركيبها إلى ثلاث أنواع هي:

اولا: العضلات الهيكلية skeletal muscles

ان العضلات الهيكلية سميت بالهيكل لأنها ترتبط بالعظام وتسمى أيضا بالعضلات المخططة لأنها تظهر تحت الميكروسكوب الضوئي مخططة كنتيجة لوجود حزم من خيوط الأكتين Actin والميوسين Myosin ولان انقباضها يخضع لتحكم الجهاز العصبي الإرادي عن طريق الأعصاب المحركة التي تتصل بالعضلات الهيكلية لذا فهي تسمى أيضا بالعضلات الارادية لكن في بعض الحالات يكون فعلها انعكاسي لا ارادي بحيث تكون الاستجابة للألم او الحرارة في النخاع الشوكي.

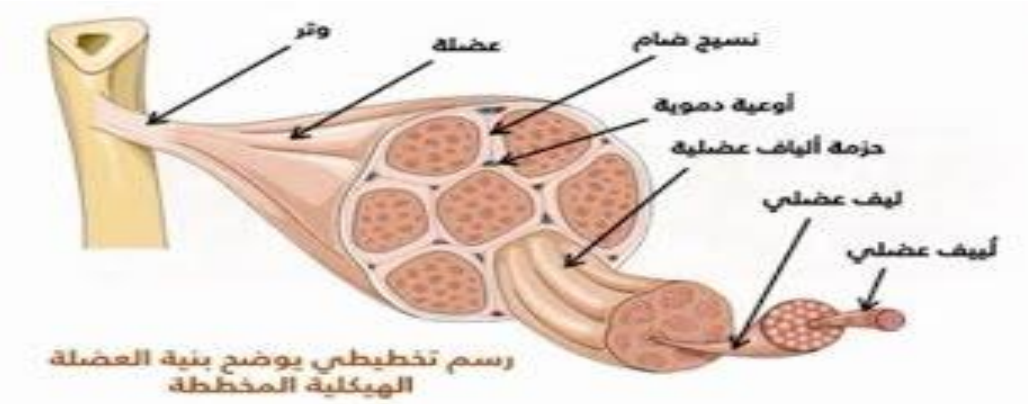
وترتبط العضلات الهيكلية بالعظام عن طريق اطرافها الوترية، وتتمثل بالوتر المنشأ ويرتبط بالعظم الاقوى اما وتر المدغم يرتبط بالعظم السهل الحركة، أما بالنسبة لعضلات الوجه فهي مثبتة في عظام الجمجمة وفى جلد الوجه، العضلات الهيكلية عند انقباضها تعبر المفاصل ولتحدث الحركة وهي لا تعمل منفردة بل تعمل في مجاميع لأحداث حركات الجسم المختلفة، وفى الغالب ترتب مجاميع العضلات بحيث منها تعمل حركة معينة وتعمل مجموعة أخرى عكسية فالعضلات المتضادة فعند انقباض عضلة لإنتاج

حركة تنبسط العضلة المضادة لتساعد على إنتاج الحركة اذ تقع هذه الافعال تحت سيطرة المخيخ، وعند تحريك العضلات تنتظم جميعها لتحريك ولكن هناك عضلات مؤازره Synergists حيث تقوم بتثبيت المفصل حتى تتمكن عضلات أخرى من العمل.

تركيب العضلات الهيكلية:

العضلات الهيكلية تتكون من خلايا طويلة غير متفرعة تسمى الألياف العضلية وتتكون الليفة العضلية من خلايا متعددة النواة أسطوانية الشكل وتكون مكتملة عند الولادة ولا تنقسم بعد الولادة لتكون ألياف جديدة ولكنها تزداد فقط في الحجم، لكن هناك مجموعات من خلايا غير كاملة الشكل تسمى بالخلايا التابعة تقع بالقرب من الألياف العضلية وتقوم بالتعويض الجزئي لبعض الخلايا العضلية المستهلكة، تتجمع الألياف معا على شكل حزمة عضلية تحاط بنسيج ضام، تتجمع هذه الحزم مع بعضها لتكون العضلة.

الليفة العضلة الهيكلية تحاط بطبقة رقيقة من النسيج الضام تسمى Endomysium وهذه الألياف المفردة تتجمع في حزيمات أو مجاميع وهي ترتبط ببعضها أيضاً بواسطة نسيج ضام يسمى Perimysium ثم تتجمع الحزم العديدة مع بعضها حيث تغلف بواسطة غلاف من النسيج الضام والذي يغلف كل عضلة ويسمى Epimysium ، ان ترتيب العضلات بهذا الشكل يوفر دعامة وحماية للخلايا العضلية، وتتصل نهايتي العضلة بالعظام بواسطة الأوتار Tendons وهذه الأوتار تتكون من حزم ألياف كولاجينية والتي هي عبارة عن اندماج Epimysium في نهايات العضلة، والوتر الذي يصل العضلات بالعظام يكون بعيداً في بعض الأحيان إلى حد كبير عن العضلة فالعضلات المحركة التي توجد في الذراع وتتصل بالأصابع بواسطة أوتار طويلة جداً وبسبب أن الوتر هو امتداد Epimysium ولأن Perimysium وEndomysium متصلة به لذلك فإن انقباض العضلة يستطيع بذل قوة كبيرة على نقطة اتصال الوتر بالعظام.



رسم تخطيطي يوضح بنية العضلة الهيكلية المخططة

ثانياً: العضلات الملساء Smooth Muscles :

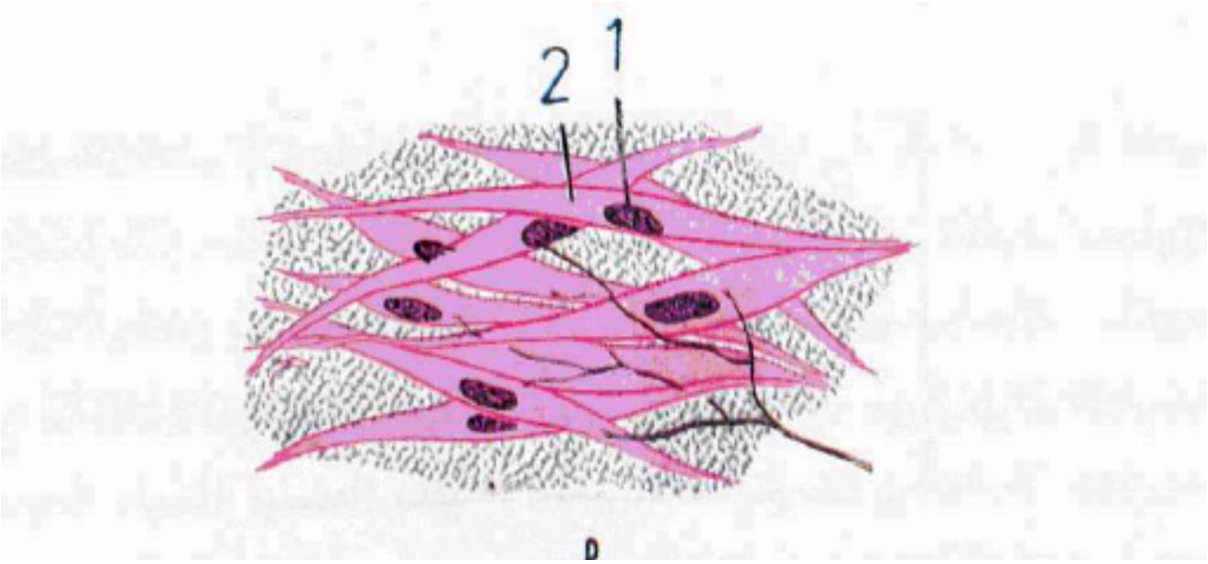
هى عضلات لاتوجد بها خطوط كما في العضلات الهيكلية وتتكون من خلايا طويلة رفيعة مدببة الطرفين تحتوي كل خلية على نواة واحدة محاطة بكمية صغيرة من السيتوبلازم، توجد في الخلية عدد من

الخيوط الرفيعة الطويلة هي الليفات العضلية وتتكون من الاكتين والميوسين غير أن كمية البروتين المنقبض والمركبات الغنية بالطاقة الموجودة بها تكون أقل عما هو بالعضلات الهيكلية لذلك تكون بطيئة الحركة.

يوضح الرسم ادناه الألياف العضلية الملساء ويمثل رقم1 نواة و2 ليف عضلي أملس، ويطلق عليها اسم العضلات الملساء لأنها لا تبدي أية خطوط ليفية تحت المجهر الضوئي تُوجد هذه العضلات في مختلف أعضاء الجسم. فهي توجد على سبيل المثال في جدران المعدة والأمعاء والأوعية الدموية والمثانة.

تعمل العضلات الملساء ببطء وتلقائية بنظام انقباض إيقاعي طبيعي يتبعه ارتخاء. وبهذه الطريقة تحرك عمليات الجسم المختلفة فالفعل الثابت للعضلات الملساء في المعدة والأمعاء يحرك الطعام إلى الأمام للهضم وتُعرف العضلات الملساء أيضًا بالعضلات اللاإرادية لأنها ليست تحت التحكم الواعي للدماغ.

تتنبه العضلات الملساء بمجموعة خاصة من الأعصاب التي تنتمي إلى الجهاز العصبي الذاتي بوساطة مواد الجسم الكيميائية يعمل الجهاز العصبي المستقل على تغيير سرعة وقوة انقباض العضلة الملساء في ظروف معينة مثل إبطاء نَظْم انقباض الأمعاء عندما يشعر شخص بالخوف أو القلق ويستطيع حتى إيقاف انقباضات الأمعاء إذا أصبحت هذه الأحاسيس شديدة ولهذا السبب فإن الناس الذين يقعون تحت ضغط انفعالي غالبا ما يجدون صعوبة في هضم الطعام.

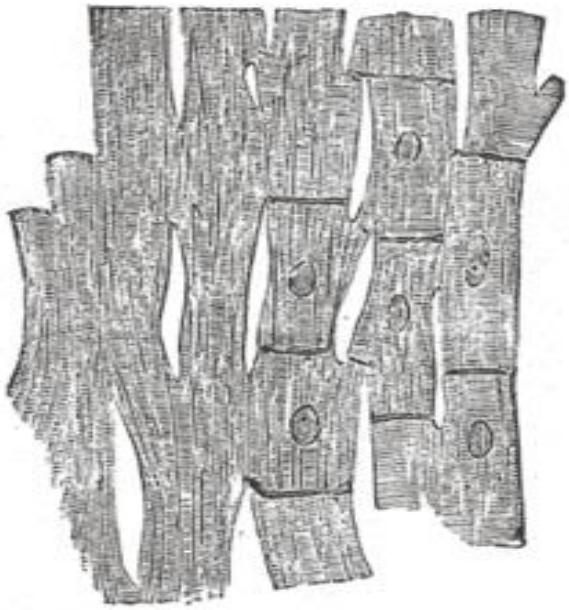


ثالثا: العضلة القلبية Muscle Hearty

وهى العضلات التي توجد في جدار القلب فقط وتجمع في صفاتها بين صفات العضلات الهيكلية والملساء فهي ليست طويلة ولكن مستطيلة غير مدببة وتندمج الألياف مع بعضها بواسطة جسور جانبية. ويمتد بين كل ليفتين قرص بيني، و هي النسيج الرئيسي المكون للقلب وتقوم العضلة بالانقباض المتكرر

بانتظام مدى الحياة. تتمثل وظيفة عضلة القلب بضخ الدم في الدورة الدموية لتروية جميع أعضاء الجسم، وتتألف عضلة القلب من خلايا عضلية مخططة شأنها في ذلك شأن العضلات الهيكلية، ولكنها تختلف عن العضلات الهيكلية بأن خلايا عضلة القلب لا تلتحم معاً لتشكيل ليفة عضلية، تترتب خلايا العضلة القلبية معاً على شكل شبكة كبيرة بنهايات تظهر في المجهر على شكل تخطيطات تشبه السلم انظر الصورة ادناه، وتكون على شكل لولبي اذ يساعد الترتيب اللولبي على الانقباض للداخل وبالتالي تحقيق فاعلية أكبر في ضخ الدم، تشكل ألياف العضلة القلبية نسيج ملتف حول حجيرات القلب وتنغرز نهاياتها في صفيحة وترية من النسيج الضام قرب قاعدة القلب، والتي تفصل ما بين أذيني القلب وبطيني القلب.

تتألف خلايا القلب من نواة واحدة بعكس خلايا العضلات الهيكلية وتحوي على الكثير من الميتوكندريا لإنتاج الطاقة اللازمة لكونها لا تحتوي الا القليل من الكلايكوجين وهذا يدل على ان عضلة القلب لايوجد بها خزين للطاقة فهي تعمل باستمرار، كما تحوي الياف عضلة القلب على خيوط الأكتين وخيوط الميوسين وتحتوي ايضا خلايا العضلة القلبية على نبيبات مستعرضة تمثل خيوط Z ومخزون من أيونات الكالسيوم الضرورية للأنقباض العضلي.



صورة توضيحية لالياف عضلة القلب

الالياف العضلية Muscle Fibers

عند فحص الليفة العضلية تحت الميكروسكوب نجد أنها عبارة عن اسطوانة طويلة محاطة بغشاء بلازمي وتحتوي على عدة أنوية، كما نشاهد سلسلة من حزم فاتحة وداكنة على تظهر على شكل خطوط متعامدة على طول المحور الطولي لليفة العضلية ونلاحظ هذه الحزم في العضلات الهيكلية والقلبية ولا توجد

في العضلات الملساء وهذا التخطيط راجع إلى احتواء سيتوبلازم الليفة العضلية على الليفات العضلية وهي عبارة عن خيوط رفيعة وخيوط سميكة والخيوط السميكة هي عبارة عن بروتين يسمى ميوسين Myosin أما الخيوط الرفيعة فهي بروتين يسمى الأكتين Actin، وان بروتين الأكتين وهي عبارة عن بروتينات انقباضيه والخيوط الرفيعة يبلغ قطرها نصف قطر الخيوط السميكة، إضافة إلى ذلك فالألياف العضلية تحتوى على بروتينين آخرين هما التروبونين Troponin والتروبوميوسين Tropomyosin و هذان البروتينان يلعبان دورا هاما في عملية تنظيم الانقباض العضلي، وفي هذا الترتيب يمر بشكل عرضي خط رفيع في منتصف كل من هذه الخيوط يشبه هذا الخط في تعرجاته حروف Z المكدسة فوق بعضها، والمنطقة الواقعة بين كل خطين Z متجاورين تسمى الساركومير Sarcomere وهو عبارة عن الوحدة الوظيفية للخلية العضلية، ويتضح أن خيوط الميوسين تقع في وسط الساركومير وخيوط الأكتين وتمتد من خط Z في اتجاه مركز الساركومير .

الانقباض العضلي Muscles Contraction

الانقباض العضلي هو قدرة العضلة على توليد الطاقة او اداء الحركة وتعتمد على الارتباط نوعين من البروتينات الانقباضية هما خيوط الميوسين والأكتين، تتم عملية الانقباض عن طريق تنشيط ألياف العضلات الهيكلية بواسطة الإشارة العصبية حيث يؤدى ذلك إلى ان تتكمش حجيرة ساركرمير، حيث تنزلق خيوط الأكتين في اتجاه مركز حجيرة الساركومير لتتلامس في المركز وبعد إنقباض العضلة تتوقف الألياف المنشطة لتوليد القوة و يقل التوتر المتولد وبذلك يتم ارتخاء الألياف العضلية، لاحظ أن هذه الخيوط تنزلق فقط لتزداد تداخلها أثناء الانقباض مع عدم حدوث أي تغير في أطوال هذه الخيوط ويتم ذلك عن طريق تحرك كل جسر عرضي متصل مع الخيط الرفيع حركة دائرية ليدفعه داخل الساركومير تعتمد حركة الجسور على نشاط مركب الطاقة ATP ويحدث ذلك في سلسلة من الخطوات تسمى دورة الجسر وهي:

1- ارتباط الجسر العضلي بالخيط العضلى الرفيع

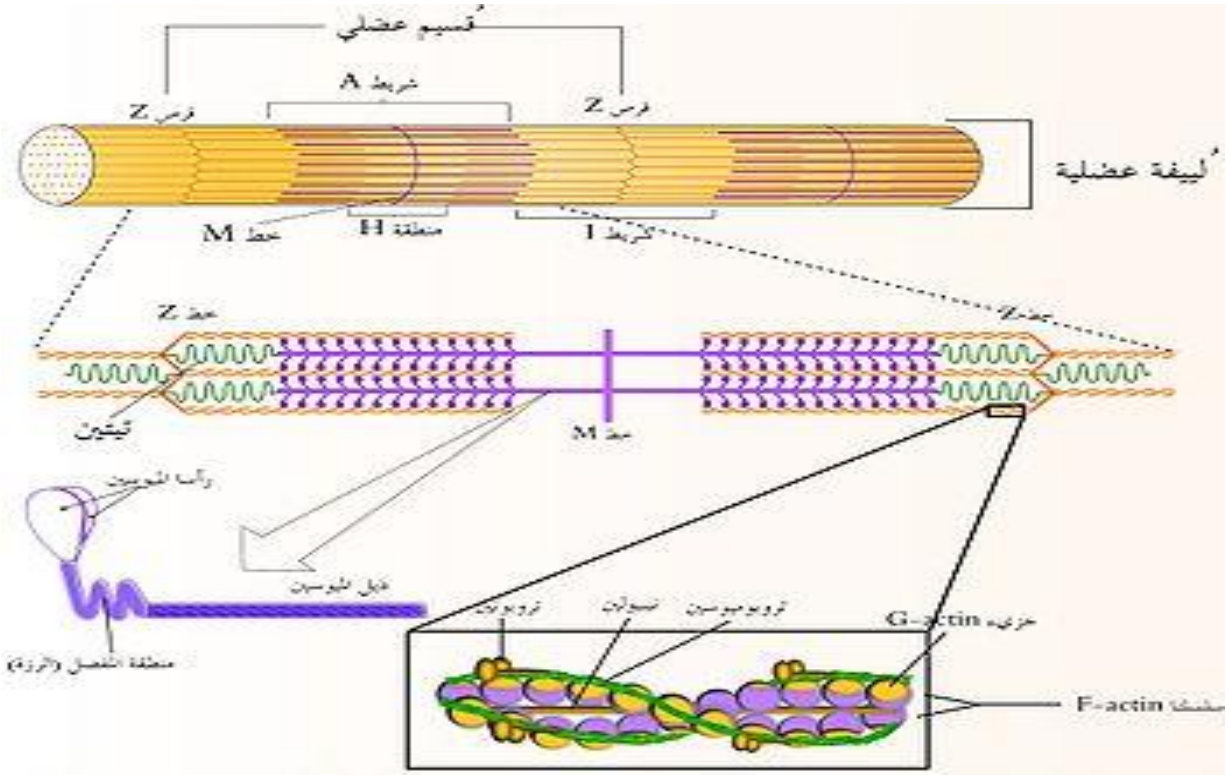
2 – تحرك رئوس الجسور العرضية

3 – إنفصال الخيط الرفيع من الجسر العرضي.

4 –تحرك الجسر العرضي مرة اخرى ليأخذ وضع الإرتباط مرة أخرى بالخيط الرفيع ليبدأ دورة جديدة.

العضلات الهيكلية ليست في حالة انقباض مستمر فهناك فترات راحة للخلايا العضلية، حيث لا تستطيع الجسور العرضية في هذه الفترات الارتباط مع الأكتين والسبب في ذلك يرجع إلى وجود البروتينين المنظمين وهما التروبونين و التروبوميوسين ففي حالة راحة العضلة تغطى أماكن الارتباط على جزيئات خيط الأكتين لجزئ لبروتين التروبوميوسين وهو بروتين خيطي طويل يحرس أماكن الارتباط حيث يمنع الجسور

العرضية من الارتباط مع خيوط الأكتين أثناء راحة العضلة، والسبب في بقاء جزيئات التروبوميوسين في مكانها هو بروتين منظم أخر يسمى التروبونين وبالتالي فإزالة هذا الحارس ينشط انقباض العضلة تتم عن طريق نبضة عصبية ينتج عنها سلسلة من التغيرات والتفاعلات التي تؤدي ايضا الى انتشار الكالسيوم الذي يتحد مع جزيئات التروبونين تؤدي إلى إزالة هذا الحارس، ونتيجة هذا الانقباض العضلي تحدث تغيرات الكيمياوية تسبب ارتفاع الحرارة في الالياف اثناء عمل العضلات.



أنواع الانقباض العضلي:

1- **الانقباض المركزي:** يحدث هذا الإنقباض عند ثبات الحمل على العضلة مع قصر طول العضلة.

2- **الانقباض التوتري:** يحدث توتر في عضلة لكنها لا تقصر ولا تزيد في الطول ويحدث هذا النوع عندما تسند العضلة حمل في وضع ثابت.

3 – **انقباض اللامركزي:** يحدث عندما يكون الحمل المعارض أكبر من قوة التوتر العضلي ولذلك فإن الحمل المعارض يسبب جذب الجسور العرضية المرتبطة بخيوط الأكتين في اتجاه خط Z وليس في اتجاه مركز الساركومير أي أن الحمل يجذب العضلات ويطيلها بعيد عن مركزها.

الوحدة الحركية:

هو اتصال الاعصاب المحركة في نهاية المحور العصبي مع مجموعة الألياف العضلية التي يسيطر عليها كل عصب من هذه الاعصاب. وهو مفهوم وظيفي يربط عمل جهازين مختلفي التركيب والوظيفة هما الجهاز العصبي مع الجهاز العضلي لغرض انتاج الحركة في العضلات ويمكن ذكر سلسلة هذا العمل الوظيفي في النقاط التالية:

1 - عند حدوث نبضة عصبية في الليفة العصبية المندمجة مع الليفة العضلية عند منطقة تشابك نهاية محور خلية عصبية وخلية عضلية، يفرز الناقل العصبي الأسيتل كولين في شق التشابك مع مستقبلاته على غشاء الليفة العضلية وهنا تثار العضلة.

2- وينتج عن هذا الارتباط تنشيط حدوث تغيرات في نفاذية غشاء الليفة العضلية لدخول الايعاز العصبي.

4- عند انتقال النبضة العصبية إلى داخل الليفة العضلية ينشط تحرر ايونات الكالسيوم المخزنة داخل الليفة العضلية في الشبكة الاندوبلازمية.

4 - تنتشر أيونات الكالسيوم وتتحد مع جزيئات البروتين المنظم التروبرنين لجذب جزيئات التروبوميوسين بعيدا عن أماكن الارتباط على خيوط الأكتين لتسمح لجسور الميوسين بالارتباط مع خيوط الأكتين

5- تنقبض الجسور العرضية لتجذب خيوط الأكتين إلى الداخل مركز الساركومير مسببة إنقباض الخلية.

المغازل العضلية:

جسيمات خاصة تتحسس التغير الحاصل في طول العضلة ومعدل ذلك التغير وتكون منتشرة في العضلة ومتمركزة في الوسط حول الالياف الداخلية لغرض تسلم الاشارات الحسية من النهايات العصبية ونشرها في الالياف العضلة.

أجسام كولجي الوترية:

عبارة عن حويصلات مضغوطة من وسطها تتصل ببعضها البعض بواسطة خيوط تسمى الخيوط الشبكية أهم وظائفها تكوين الهرمونات والانزيمات التي تعمل على تثبيط العمل العصبي عند اجهاد العضلة اي عبارة عن أجسام الحس بالعضلة وتعمل ضد المغازل العضلية.