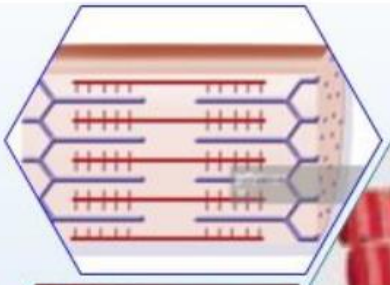
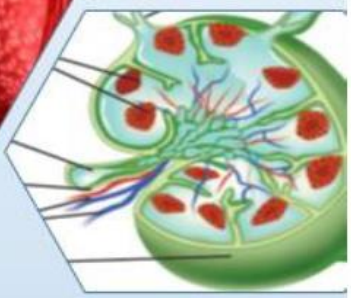
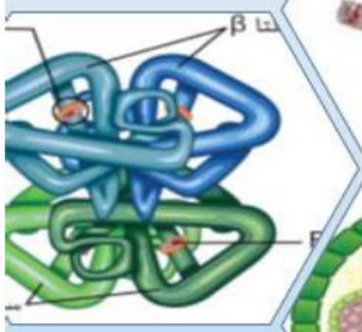
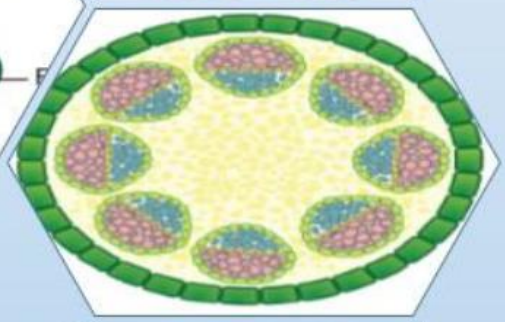
البروفيسور



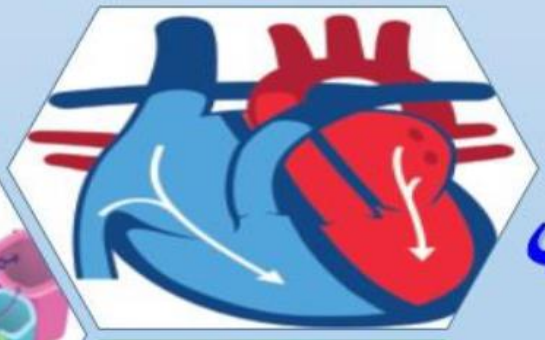






الأحيـــــاء

12



الفصل الدراسي الأول

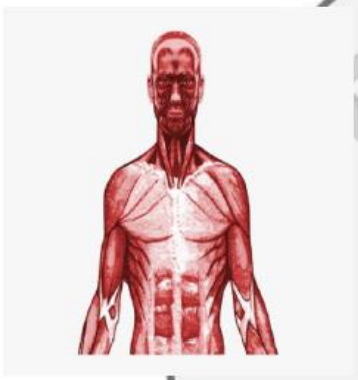
2021 - 2022

دكتور / فتحي سعد
70962296

هل تعلم أن؟

الدلافين (من الثديات) تستطيع السباحة أسرع بمعدل مرتين ونصف من الرقم القياسي العالمي للإنسان وعند القفز يكون أسرع بخمس مرات من أسرع عدّاء .....لماذا؟

a) الدلفين يمتلك بنية عضلية وعظمية مرتبة بشكل إنسيابي فريد.
b) الدلفين يمتلك ذيل أفقي يتحرك صعوداً وهبوطاً بقوة تدفعه إلى الأمام.

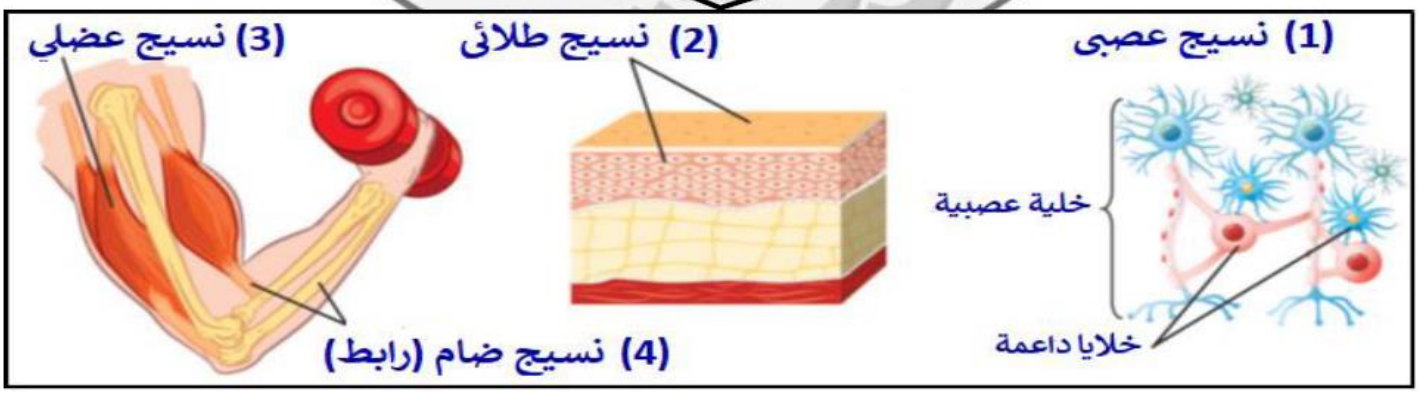


- يحتوي جسم الإنسان على أكثر من 650 عضلة منها الكبيرة مثل عضلة الساق ومنها دقيقة مثل العضلة التي تُحرك الجفون.
- يعد القدماء المصريون أول من إكتشف التفاعل بين العظام والعضلات ثم تبعهم العلماء المسلمون في القرن 14.
- في العصر الحديث كان أندرياس فيساليوس Andreas Vesalius هو أول من أصدر كتاباً يشرح بالتفصيل كل عظام وعضلات جسم الإنسان عام 1543 ميلادية مع الرسومات التوضيحية والأسماء اللاتينية (تسمية ووصف العضلات والعظام).

أنواع الأنسجة الأولية:

ما هي الأنسجة: هي خلايا منتظمة ومترابطة في مجموعات لتؤدي وظيفة واحدة.

أنواع الأنسجة الرئيسية في أجسام الحيوانات



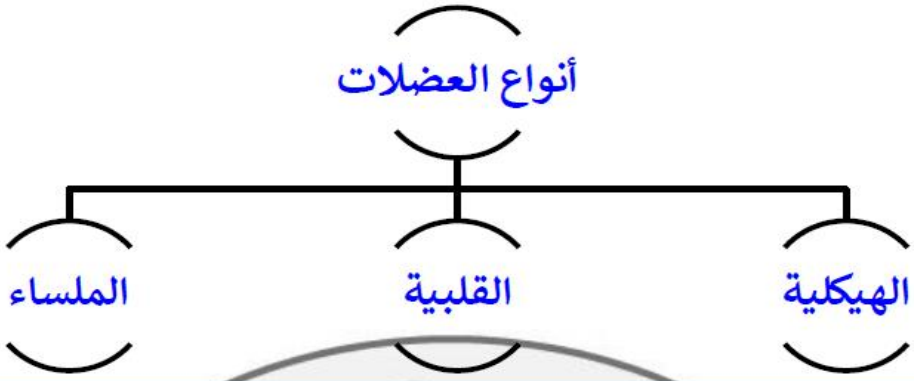
أنواع الأنسجة الأولية:

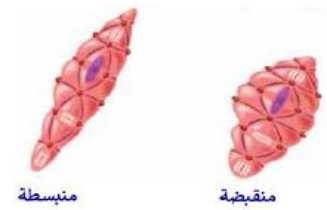
أنواع الأنسجة الأولية	التعريف	الوظيفة
الأنسجة الطلائية Epithelial tissues	هي أنسجة تغطي الجزء الخارجي مثل الجلد وتُبطّن التجاويف الداخلية للجسم وبعض الأعضاء بطبقة واحدة أو بطبقات متعدّدة من الخلايا مثل الفم والمعدة.	توفر الحماية للأنسجة الخارجية وفي المعدة تفرز الحامض الذي يساعد في عملية الهضم.
الأنسجة الضامة Connective tissues	قد يتكون من: 1. مواد صلبة كالعظام. 2. شبه صلبة كالغضروف. 3. سائل مثل الدم. 4. قوي ومرن مثل الأوتار والأربطة. كما تحتوي على مواد غير عضوية مثل الكالسيوم والفوسفور.	تربط هذه الأنسجة الأعضاء الأخرى في الجسم وتدعمها. الأوتار Tendons أنسجة قوية ومرنة تربط العضلات بالعظام. الأربطة Ligaments نسيج ضام مرن يربط العظام بالعظام (يثبت المفاصل ويفصل العظام عن بعضها لمنع الإحتكاك).
الأنسجة العضلية Muscle tissues	تتكون من خلايا عضلية تنقبض أستجابة لإشارات عصبية لإنتاج حركة وقوى.	تنتج حركة للجسم وضخ الدم وتحريك الطعام داخل الجهاز الهضمي.
الأنسجة العصبية Nerve tissues	تتكون من خلايا عصبية تتخللها خلايا أخرى تسمى الخلايا الداعمة. الخلايا العصبية هي المكون الأساسي في النسيج العصبي.	تنتج إشارات كهروكيميائية (سيالات عصبية) وتنقلها إلى الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) والعكس.

الأعضاء: هي تراكيب داخلية متخصصة لوظائف معينة في الثديات والطيور والأسماك وتتكون من نوع واحد أو أكثر من أنواع الأنسجة المختلفة.

الجهاز العضلي:

هو عبارة عن مجموع عضلات الجسم التي تتكون من أنسجة عضلية تنتج قوى وحركة للجسم.
يتكون جسم الإنسان من 650 عضلة مختلفة.

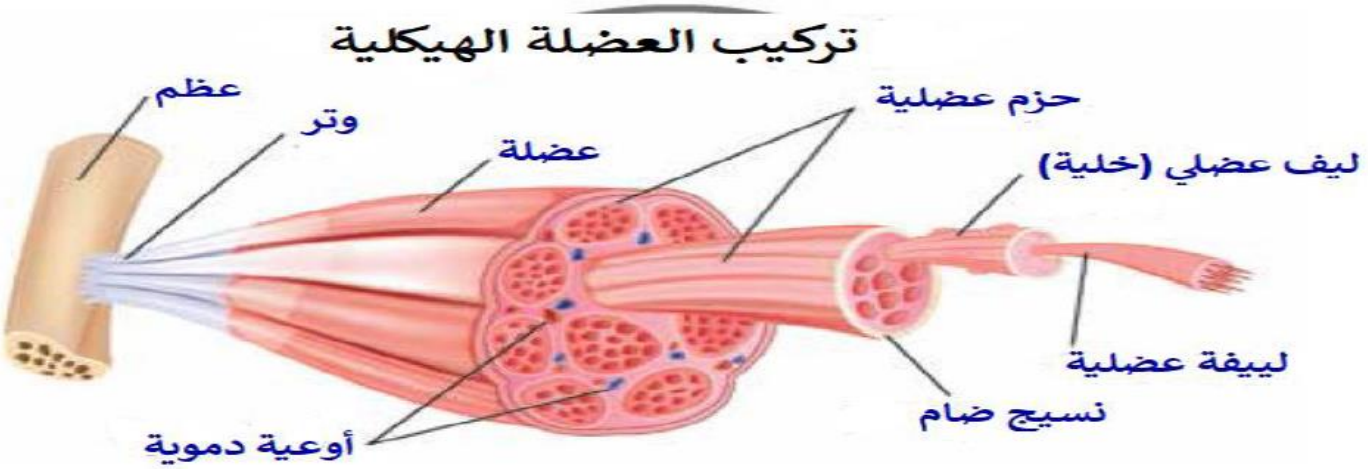


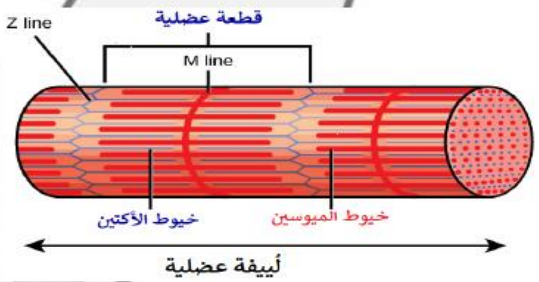
نوع العضلة	الوظيفة	الألياف العضلية
الهيكلية Skeletal muscle	ترتبط بالعظام ومسؤولة عن حركة الجسم ودعمه. تعمل في الحركات الإرادية والأفعال المنعكسة اللاإرادية.	ألياف طويلة متوازية ينتظم بعضها بجانب بعض وتقصر عندما تنقبض.
القلبية Cardiac muscle	توجد في القلب وتعمل بشكل لا إرادي لضخ الدم	أليافها تشبه الهيكلية ولكنها أقصر وتشكل شبكة ذات فراغات بين الخلايا. تتفاعل الألياف لتنقبض في الوقت نفسه لأنها مترابطة كهربائياً.
الملساء Smooth muscle	تعمل لا إرادياً في الجهاز الهضمي والأوعية الدموية والمثانة والمريء.	مغزلية الشكل تنتظم على شكل زوايا تتيح لها القدرة على الإنقباض بأبعاد مختلفة. 

تركيب العضلة الهيكلية:

خيوط الأكتين والمايوسين ←←← ليفة عضلية محاطة بنسيج ضام ←←← ليفة عضلية

عضلة ←←← حزمة عضلية





العضلة (الخلية العضلية) تتكون من عدة حزم عضلية Fascicles

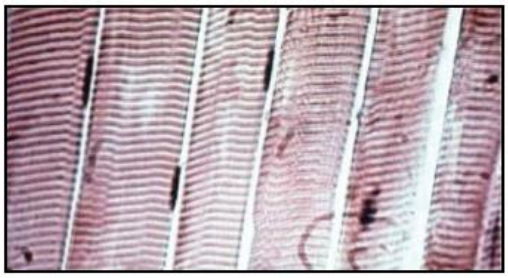
حزمة عضلية تتكون من ليفات عضلية Muscle fibers

ليفة عضلية تتكون من لييفات عضلية Myofibrils

لييفة عضلية تتكون من خيوط الأكتين والميوسين **Myosin** & **Actin**

القطعة العضلية (sarcomere) هي الوحدة الوظيفية للخلية العضلية والتي تنتظم أو تتداخل فيها خيوط الأكتين والميوسين.

القطعة العضلية هي التي تتمدد وتنقبض مسببة إنقباض العضلة وإنبساطها.



الشكل المقابل: صورة مجهرية لليفات عضلية (1000x).

نوع النسيج: نسيج عضلي.

وصف الخلية: هيكلية طويلة ومتوازية.

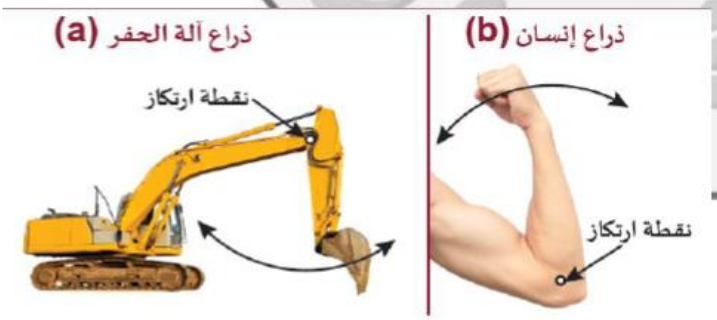
الوظيفة: حركة الجسم الإرادية والأفعال المنعكسة على حد سواء.

الموقع: مرتيطة بالعظام.

طريقة عمل أزواج العضلات الهيكلية:

تتحرك لعبة المخلب الآليّة بحركة تشبه حركة اليد عند مسك الأشياء أو إفلاتها.

- ✓ يغلق المخلب عن طريق سحب المقبض.
- ✓ يفتح المخلب عن طريق قوة معاكسة تنتج من النوابض الداخلية.
- ✓ تقوم الآلة بفعل واحد للإمساك بالأشياء، وبفعل آخر مختلف لإفلاتها.



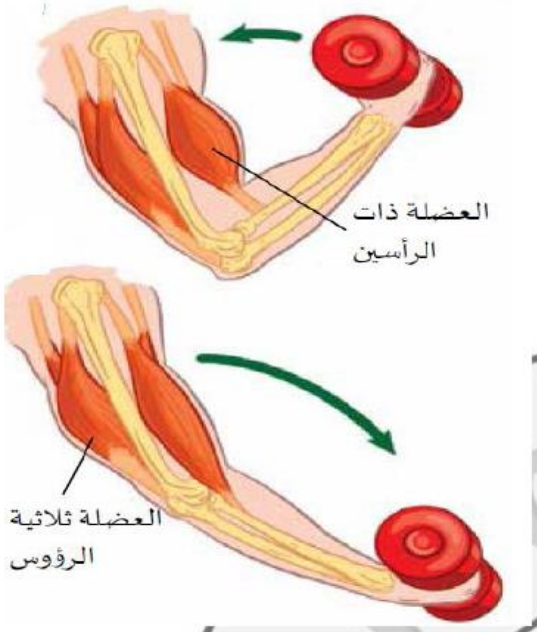
فيمَ تشبه الآلة الرافعة الذراع؟

عندما تنقبض العضلات فإنها تنتج قوّة تسبب دوران العظام حول المفاصل .وفي ما يشبه عمل الآلة الرافعة، تعتمد الحركة الناتجة على مكان ارتباط العضلات بالنسبة إلى نقطة ارتكاز المفصل.

تعمل العضلات الهيكليّة في أزواج، وتستخدم العظام كآلات رافعة :عندما تنقبض عضلة تنبسط الأخرى.

العضلات تنتج قوى عندما تنقبض فقط.

تحتوي الذراع البشرية على مجموعة من العضلات تنتج قوّة لإغلاق اليد، وعلى مجموعة أخرى من العضلات تنتج قوة أخرى لفتح اليد .



ما المقصود بزوج العضلات المتضادة Antagonistic pair؟

تعبير زوج العضلات المتضادة هو أن تفعل مجموعتان عضليتان فعلَيْن متعاكسَيْن.

مثال على زوج العضلات المتضادّة:

هو العضلة ذات الرأسين، والعضلة ثلاثيّة الرؤوس في أعلى الذراع :

1. **رفع وزن بالذراع إلى أعلى:** تنقبض العضلة ثنائية الرؤوس الأمامية بينما تنبسط العضلة ثلاثية الرؤوس الخلفية فيرتفع الساعد واليد إلى أعلى.
2. **إعادة الوزن بالذراع إلى أسفل:** تنقبض العضلة ثلاثية الرؤوس الخلفية بينما تنبسط العضلة ثنائية الرؤوس الأمامية فينخفض الساعد واليد إلى أسفل.

إنتبه

إنقباض العضلات ينتج قوة بينما إنبساطها أو تمددها لا ينتج قوة.

عمل أزواج العضلات: توصف العضلات المتضادة من خلال عملها بالناهضة أو المناهضة.

1. **عند ثني الركبة:** تنقبض العضلة المأبضية الخلفية المسببة للحركة لثني الركبة فتُسمى بالعضلة الناهضة بينما تتمدد عضلة الفخذ رباعية الرؤوس الأمامية (تعاكس عمل العضلة الناهضة) فتسمى العضلة المناهضة لثني الركبة.
2. **عند ركل الكرة:** يتم عكس أدوار العضلات، فعند الركل تتمدد الركبة فتكون عضلة الفخذ رباعية الرؤوس الأمامية هي العضلة الناهضة للحركة بينما تكون العضلة المأبضية الخلفية هي المناهضة للحركة.

ما هي العضلة الناهضة: هي العضلة المسؤولة الأولى عن الإنقباض المسبب للحركة.
ماهي العضلة المناهضة: هي العضلة التي تعاكس عمل العضلة الناهضة.

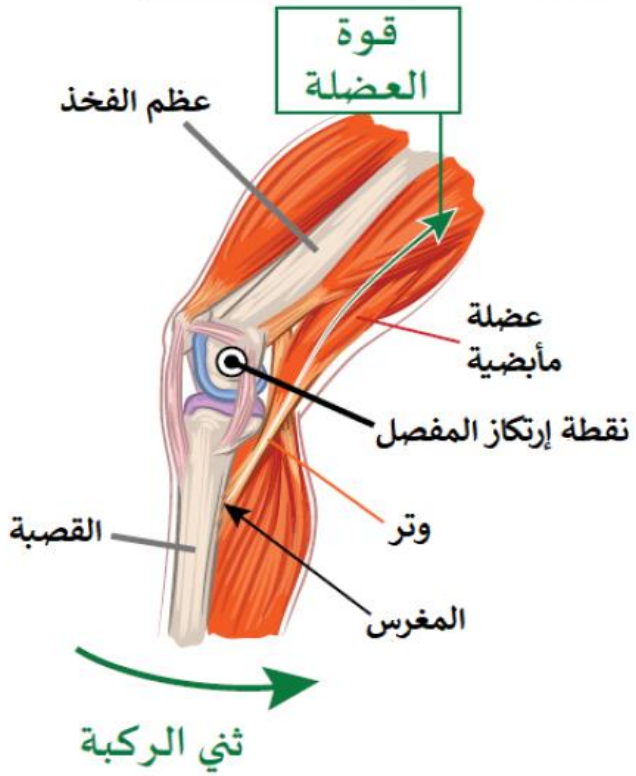
ماهو دور العضلات المناهضة في الجسم؟

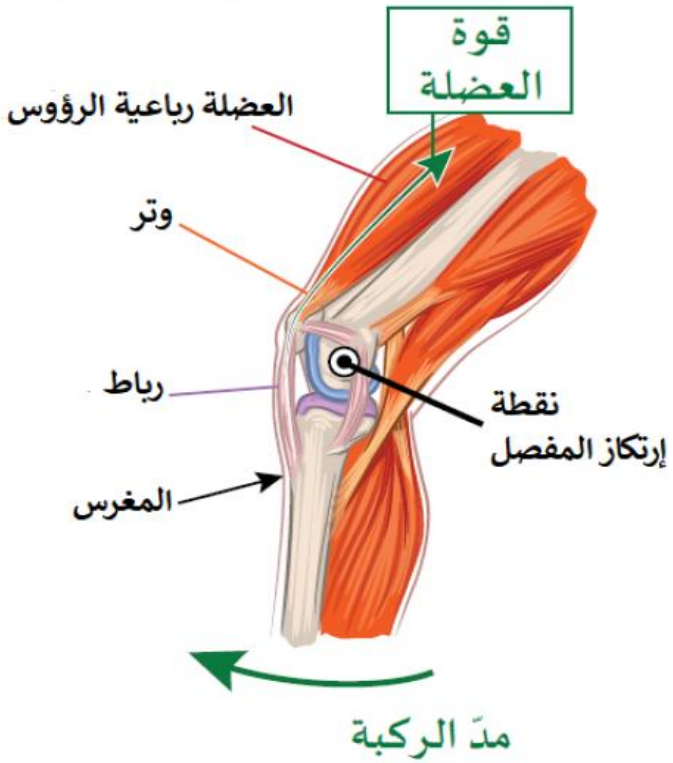
a) المحافظة على وضعيّة الجسم أو الأطراف، كالوقوف في وضع مستقيم

.....كيف؟

بإحداث توازن للجسم بإنقباض العضلات الناهضة والمناهضة بقوى متساوية لمنع دوران المفصل.

b) تنتج العضلات المناهضة قوى تتحكم في قوة العضلات الناهضة أثناء الحركة السريعة. عند ركل الكرة تنتج العضلة رباعية الرؤوس قوة الركل الرئيسة ولكن العضلات المأبضية تنتج أيضا قوى للتحكم في رباعية الرؤوس في أثناء الحركة.





هل تعلم أن؟

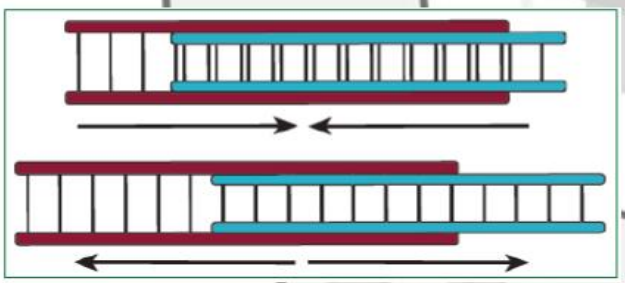
التدريب الذي يتلقاه العدّاء يختلف عن التدريب للاعب الجمباز. لأن التدريب يؤثر على حركة العضلات فتتغير حركتها حسب نوع التدريب. وهذا التغيير يتم على مستوى الخلية والنسيج والعضو.

أنواع العضلات (إثرائي):

لماذا يكون بعض لحم الدجاج المطبوخ أبيض وبعضه الآخر داكنًا؟

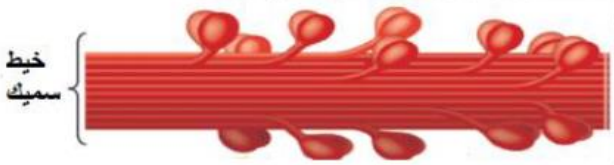
اللحم الأبيض: هو عضلات تتكون من ألياف سريعة الإنقباض لونها أبيض تستجيب للمنبّهات العصبية أسرع بعشر مرات من الألياف ذات الانقباض البطيء، وتنتج كمية كبيرة من الطاقة في فترة زمنية قصيرة .تُستخدم العضلات الغنية بالألياف ذات الانقباض السريع للقفز والركل والتدفّقات المفاجئة للطاقة اللازمة لرفع الأثقال أو الملاكمة.

اللحم الداكن: هو عضلات تحتوي على ألياف بطيئة الإنقباض لونها أحمر داكن تستجيب ببطئ للمنبهات العصبية وتنتج كمية كبيرة من الطاقة في فترة زمنية طويلة ولها قدرة أعلى على التحمل وتستخدم في رياضات التحمل مثل الجري وركوب الدراجات والسباحة.



آلية إنقباض العضلات (نظريّة الخيوط المنزلقة للانقباض): (Sliding Filament theory)

إنتبه تُفسر نظريّة الخيوط المنزلقة كيف تقصر القطع العضلية مسبّبة انقباض العضلة.



1. على ماذا تنص النظرية؟

الخلايا العضليّة تحتوي على خيوط دقيقة ينزلق بعضها على بعض. مثل انبساط السلم الممتد أو إنقباضه عندما ينزلق سلماه المتوازيان أحدهما على الآخر.

2. مما تتركب الخيوط العضلية؟

a) خيوط سميكة تسمى **الميوسين Myosin:** عبارة عن خيوط لها رأس وذيل وتصطف من رأس كل جزيء إلى ذيل الجزيء الأخر.

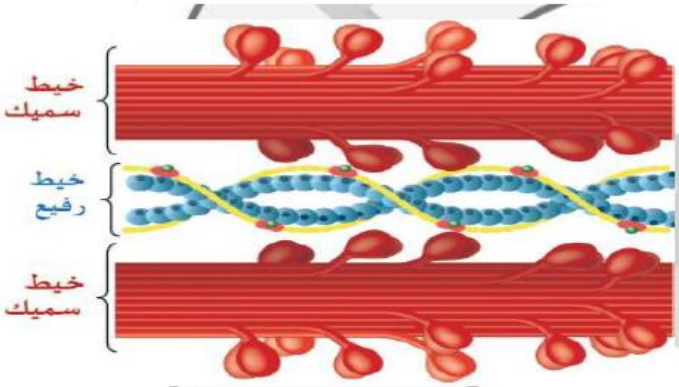
خيوط رفيعة عبارة عن خيطين لولبيين أحدهما يسمى **أكتين Actin** والأخر يلتف حوله يسمى بوليمر التروبوميوسين Tropomyosin.

تلتفّ خيوط التروبوميوسين حول خيوط الأكتين بحيث تمنع خيوط الميوسين من الالتصاق بخيوط الأكتين المجاورة. (.....**علل**) ما يحول دون انقباض العضلة، إلى حين وصول الإشارة المناسبة.

b) تُوجد في الأخدود بين جُزَيْئَي التروبوميوسين معقّدات بروتينية متباعدة بانتظام تسمى تروبونين Troponin ..**ما فائدته؟** يشكل التروبونين نقاط ارتباط الكالسيوم.

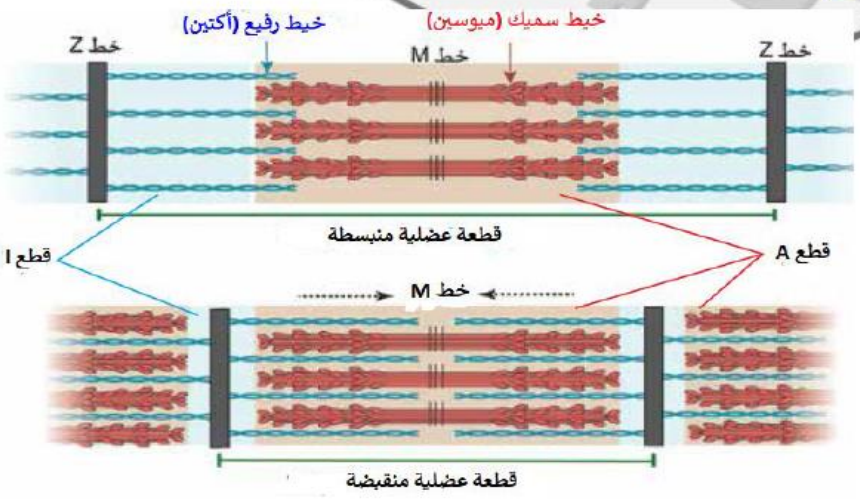
3. **ما هي كيفية إنقباض وإنبساط العضلة؟**

تنقبض العضلة ببناء **جسور مستعرضة Cross-bridges** بين خيوط الأكتين والميوسين .يتكوّن الجسر المستعرض عندما يرتبط جُزَيْء من الأكتين برأس من الميوسين مكوّنًا الأكتوميوسين.



وفي العضلة المنبسطة، يغلق تروبوميوسين مواقع ارتباط الجسور المستعرضة، فلا يحدث الانقباض.

الآليّة الجُزَيْئيّة لانقباض العضلات:



- ✓ تُحدّد **خطوط Z (Z lines)** أحد طرفي خيوط الأكتين الرفيعة ويتحرك بعضها نحو بعض أثناء الإنقباض.
- ✓ تصطف **خطوط M (M lines)** الميوسين السميكة وتبقى ثابتة أثناء الإنقباض.

1. في حالة إنبساط العضلة:

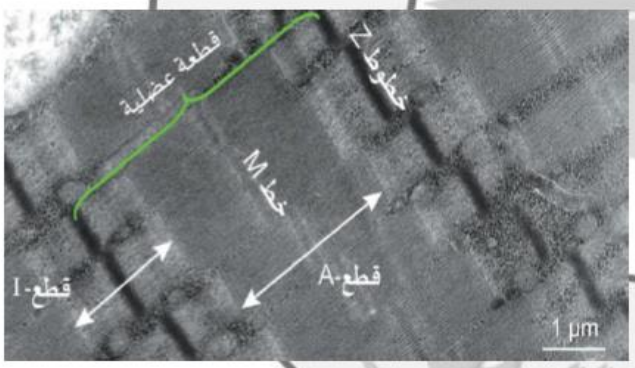
a) تُشدّ خيوط الأكتين الرفيعة المثبّتة إلى خطوط Z بعيدًا من خطّ M كما تتمدّد القطع (I).
b) القطع A تبقى من دون تغيير لأنّ طول خيوط الميوسين السميكة لا يتغيّر.

2. في حالة إنقباض العضلة:

✓ تشدّ الخيوط الرفيعة خطوط Z نحو خطّ M فتنكمش القطع (I).
✓ تصبح القطع A متقاربة، لكنَّ طولها يبقى هو نفسه.

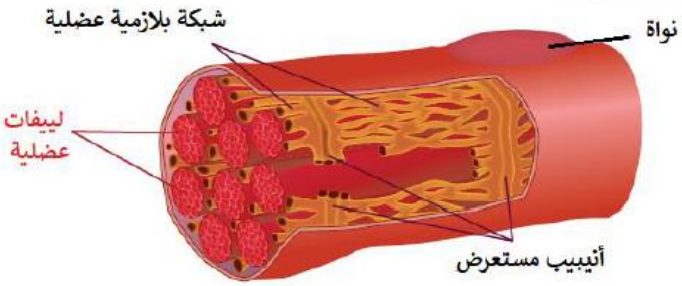
ملاحظات هامة:

1. أطوال الخيوط البروتينية، الأكتين والميوسين، لا تتغيّر في أثناء انقباض العضلة وانبساطها، بل تبقى ثابتة.
2. موقع الخطّ M يبقى مركّزًا في وسط القطعة العضليّة.
3. الخطين Z اللذين يحصران القطعة العضليّة من الجانبين يتقاربان في أثناء انقباض العضلة ويتباعدان في أثناء انبساطها.



صورة مجهرية إلكترونية:
للقطع العضلية .يمكنك أن ترى بوضوح خطوط Z و M
تشمل القطعة I المناطق الفاتحة إلى كلّ جانب من الخطّ Z في مركز القطعة A ترى الخطّ M هذه الخلية العضلية منبسطة لأنّ القطع I تبدو عريضة نسبيًّا.

ازدواج الاستثارة – الانقباض:



الليف العضلي (الخلية العضلية) أطول بكثير من الخلية العادية. ولضمان انقباض الخلية كلّها في الوقت نفسه، يوجد تركيب في الخلايا العضلية يُسمّى **الشبكة البلازمية العضلية Sarcoplasmic reticulum** (SR)

ما هي الشبكة البلازمية العضلية؟

هي شبكة من الأنيبيبات تمتدّ من الغشاء الخلوي لكلّ ليف عضليّ ليصل بين مختلف اللُيَيْفات العضلية بالإضافة إلى تراكيب تسمى الأنيبيبات المستعرضة (t-Tubules) (في العضلات الهيكلية و عضلة القلب).

ما هي وظيفة الشبكة البلازمية العضلية:

تختزن الشبكة البلازمية العضلية أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}).

ما الذي يتحكم في نقل أيونات الكالسيوم من وإلى السيتوسول المحيط باللُيَيْفات العضلية؟

بروتينات ناقلة.

كيف تتم عملية إزدواج الإستضارة – الإنقباض؟

1. عندما يرسل الدماغ إشارة للانقباض، تنتقل إشارة عصبية بسرعة على امتداد الأنيبيبات المستعرضة في جميع أنحاء الليف العضلي (استثارة).
2. تحفز الإشارة الكهربائية إطلاق أيونات Ca^{2+} من مخازن الكالسيوم في جميع أنحاء الليف العضلي.
3. يتسبَّب الإطلاق المتزامن لأيونات Ca^{2+} ، في انقباض جميع اللُيَيْفات العضلية في الخلية في الوقت نفسه (انقباض).
4. عندما تتوقّف استثارة الخلية العصبية، تضخّ بروتينات النقل النشط أيونات Ca^{2+} إلى الشبكة البلازمية العضلية ثانية، فيتوقّف الانقباض .

مرض الخلايا العصبيّة الحركية:

التصلّب الجانبي العضلي الضموريّ (ALS) هو أحد الامراض العصبية الحركية المتعدّدة التي تؤدي الى ضمور الخلايا العصبية الحركية التي تتحكم في حركة العضلات الارادية .

أعراضه:

a) تصلّب العضلات وارتعاشها.

b) الضعف المتدرج للعضلات.

c) الوفاة بسبب تناقص حجم العضلات.

أسبابه: مجهولة لكن بعض الحالات سببها وراثي بنسبة 5% -10%. حيث تضمر الخلايا العصبية الحركية ثم تموت فتفقد القدرة على نقل الإشارات العصبية من الدماغ إلى العضلة فتتوقف العضلة عن الحركة.

علاجه: ليس له علاج.

دور ATP في انقباض الليف العضلي

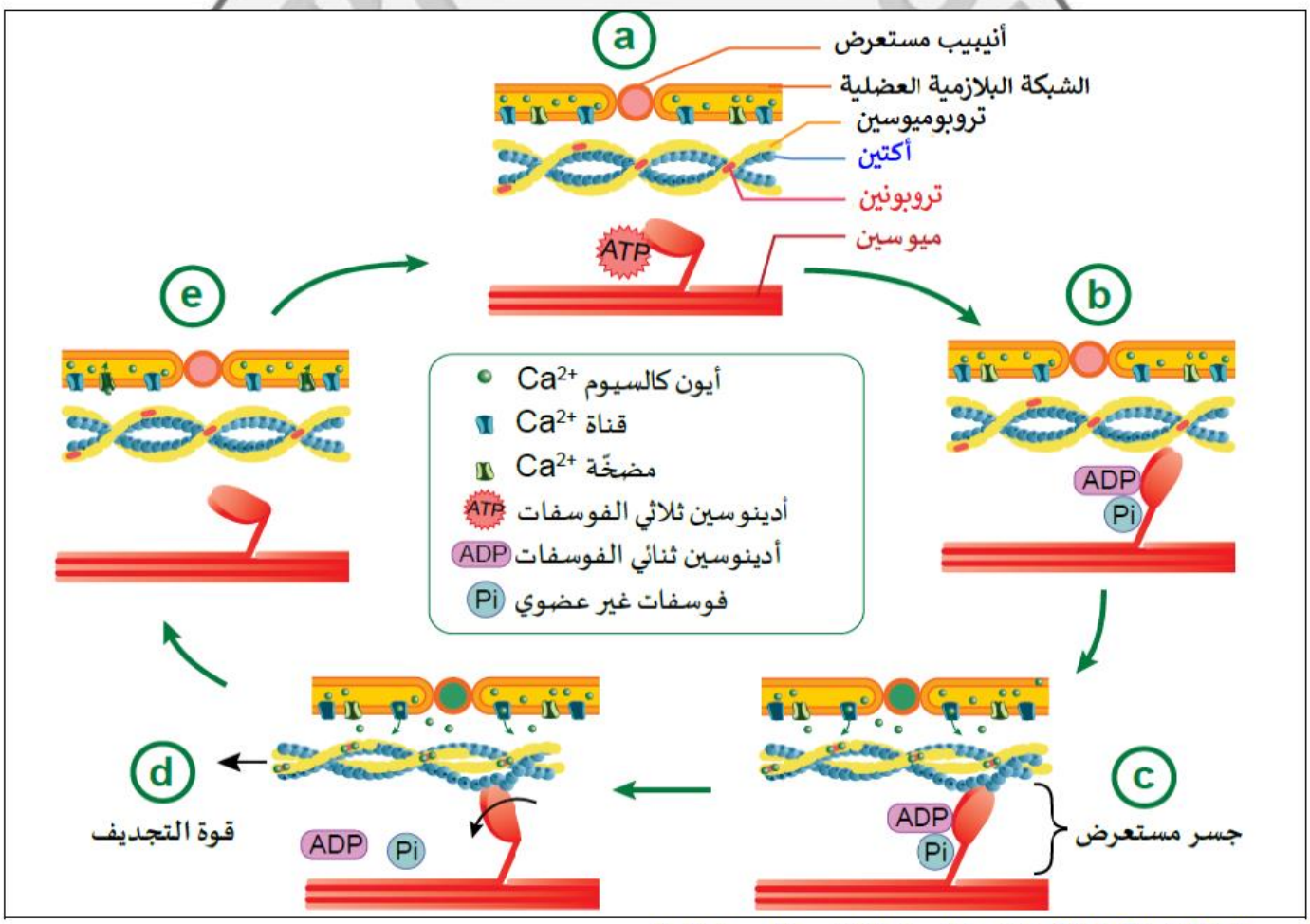
تحتاج العضلات إلى طاقة هائلة للإنقباض.

مصدر هذه الطاقة: ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات) .

يتحلل مائياً ATP على رأس كل جزيء من الميوسين إلى:

1. أدينوسين ثنائي فوسفات (ADP) .
2. فوسفات غير عضوي (Pi) .
3. وإطلاق الطاقة المطلوبة لإنقباض العضلة .

ATP ⟹ ADP + Pi + طاقة



الدورة الكاملة لانقباض العضلات وانبساطها:

a) عند بدء الانقباض، يتمّ تنشيط الميوسين بوساطة ATP.

b) يتحلّل ATP على رأس جُزَيْء الميوسين، وتنطلق الطاقة مسبّبةً ثني رأس الميوسين إلى الخلف.

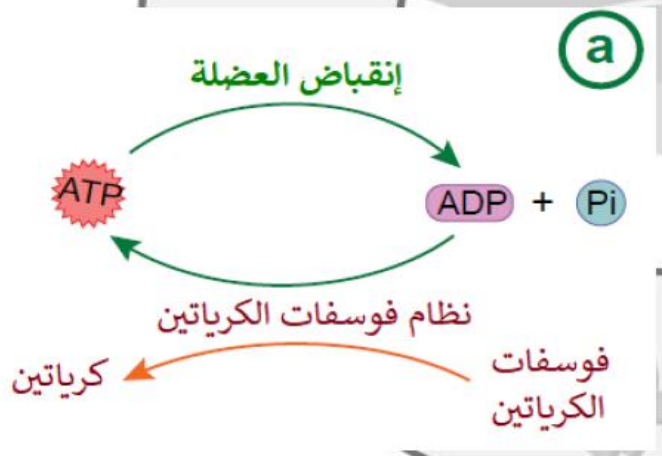
c) تسبّب إشارة عصبية، تنتقل في الأنيبيب المستعرض، فتح قنوات Ca^{2+} في الشبكة البلازمية العضلية وترتبط أيونات Ca^{2+} بالتروبونين؛ ما يغيّر شكل التروبوميوسين ويؤدّي ذلك إلى كشف موقع ارتباط الميوسين على الأكتين، فيجذب رأس الميوسين مشكّلً جسرًا مستعرضًا بين الميوسين والأكتين.

d) يطلق رأس الميوسين ADP و Pi ، ما يتسبَّب في تغيير شكله، ودفع خيط الأكتين مسبّبًا الانقباض. تعرف هذه الحركة باسم **قوّة التجديف power stroke** ويتسبّب حدوث الآلاف من هذه التفاعلات في تحرّك خيوط الأكتين باتجاه خطوط M تتكرّر الخطوات a → d ما دام الكالسيوم موجودًا.

e) مع انتهاء الإشارة العصبيّة، تُضخّ أيونات الكالسيوم بالنقل النشط الى مخازنها في الشبكة البلازمية العضلية فينبسط الميوسين.

مصادر الطاقة للعضلات:

تحتوي العضلة في حالة الراحة على ATP يكفي لبضعة انقباضات. ولتجديد الطاقة المخزونة اللازمة. لإطالة النشاط، تستخدم العضلة آليَّتَيْن أخْرَيَيْن:

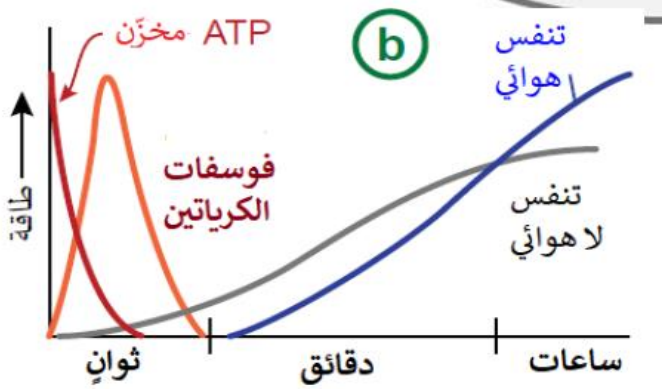


a **فوسفات الكرياتين Creatine phosphate** مصدر هام للفوسفات (Pi) يعطيه لل ADP ويتحول إلى كرياتين.

$$ADP + Pi \xrightarrow{\text{إنزيم الفوسفوكاينيز}} ATP$$

فيتكون ال ATP من إتحاد ADP مع Pi في وجود إنزيم الفوسفوكاينيز.

يعتبر هذا التحول لتكوين مصدر الطاقة (ATP)هو التحول السريع (في ثوان).



b **يتحلل االجلايكوجين Glycogen** إلى الجلوكوز . الجلوكوز يدخل في سلسلة من التفاعلات لتكوين ATP بطريقتين مختلفتين.

- ✓ طريقة التنفس الهوائي
- ✓ طريقة التنفس اللاهوائي

كلا الطريقتين تستغرق وقتاً زهما أبطأ من فوسفات الكرياتين لتكوين الATP المستخدم للإنقباض العضلات (دقائق وساعات).

إنتبه ATPمصدر الطاقة لانقباضات العضلات، ويتمّ إنتاجه من خلال مسارات متعددة

أنواع الإنقباضات العضلية:

تولّد جميع العضلات قوًى من خلال الانقباض. وفي الغالب، فإن القوى تنتج في العضلات الهيكلية عملً مقصودًا أو عمًلا إراديًا.

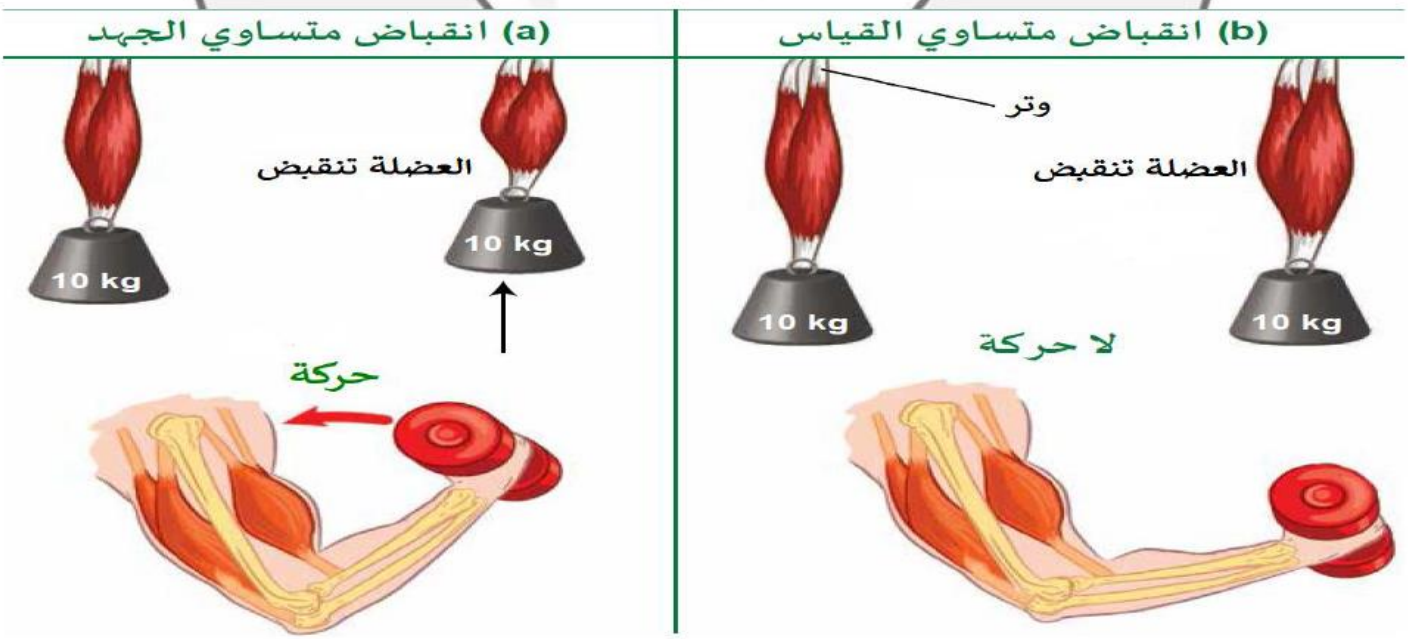
يوجد نوعين من الإنقباضات العضلية:

a) الانقباضات متساوية الجهدIsotonic contractions

- ✓ تحدث عندما تنتج قوة العضلة حركة انقباض العضلة ذات الرأسين لرفع وزن.
- ✓ في هذه الحالة تقصر العضلة لتولّد جهدًا يكفي لتحريك الثقل.
- ✓ توجد في عضلات إرادية أو لا إرادية.

1. الانقباضات متساوية القياس Isometric contractions

- ✓ تحدث عندما تنتج العضلة قوّة بدون حركة .
- ✓ تبقى العضلة بالطول نفسه لحمل الثقل في الموضع نفسه.
- ✓ توجد في عضلات إرادية أو لا إرادية.



مثال:

تنقبض عضلات الظهر والكتف والبطن والفخذ بشكل متساوي القياس لتبقي الجسم جالساً في وضع مستقيم.

إنّ الانقباضات متساوية الجهد ومتساوية القياس قد تكون إراديّة أو لا إراديّة.

خصائص النسيج العضلي:

عدد العضلات الهيكلية في جسم الإنسان أكثر من 650 عضلة. وتتصف بثلاث خصائص مشتركة.

1. **المرونة Elasticity**
هي قدرة العضلة على الانقباض والقصر، ثم الاستطالة والانبساط للعودة إلى شكلها الأصلي.

2. **الإنقباض Contractility**
هو الخاصّية التي تسمح لجميع العضلات بالتصلّب أوالقصر .يسمح الانقباض للنسيج العضلي بسحب نقاط اتصالها بالعظام وبذل القوى . وكلا المرونة والانقباض في العضلة يشبهان أفعال تمدّد الأربطة المطاطية.

3. **الإستثارة Excitability**
خاصيّة استجابة الخلايا العضلية للإشارات الكهروكيميائية من الخلايا العصبية.

حالات ضمور العضلات Atrophy : وفيها تتناقص هذه الخصائص.

ضمور العضلات هو: إضعاف العضلات وتقليل حجمها بفعل المرض وقلّة الاستخدام والشيخوخة.

1. لا يغير من طول العضلة.
2. يقلل من قوة الإنقباض ومساحة المقطع العرضي للعضلة.
3. يحدث لدى رواد الفضاء العائدين من الفضاء والناس الذين يتعافون من الإصابات بسبب قلة إستخدام العضلات في الفضاء لإنعدام الجاذبية الأرضية.
4. التمارين الرياضية لتقوية العضلات والتغذية السليمة تقلل من ظهور حالات ضمور العضلات خصوصاً في الشيخوخة.
5. على مستوى الخلايا العضلية، فأن قلة حجم الخلية وقلة الألياف المسؤولة عن الإنقباض تؤثر بشكل كبير على أداء العضلة.