شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج العمانية

ملخص شرح درس الانقباض العضلي مع حل أسئلة نهاية الوحدة الخامسة

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 14-12-2023 16:52:04

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر

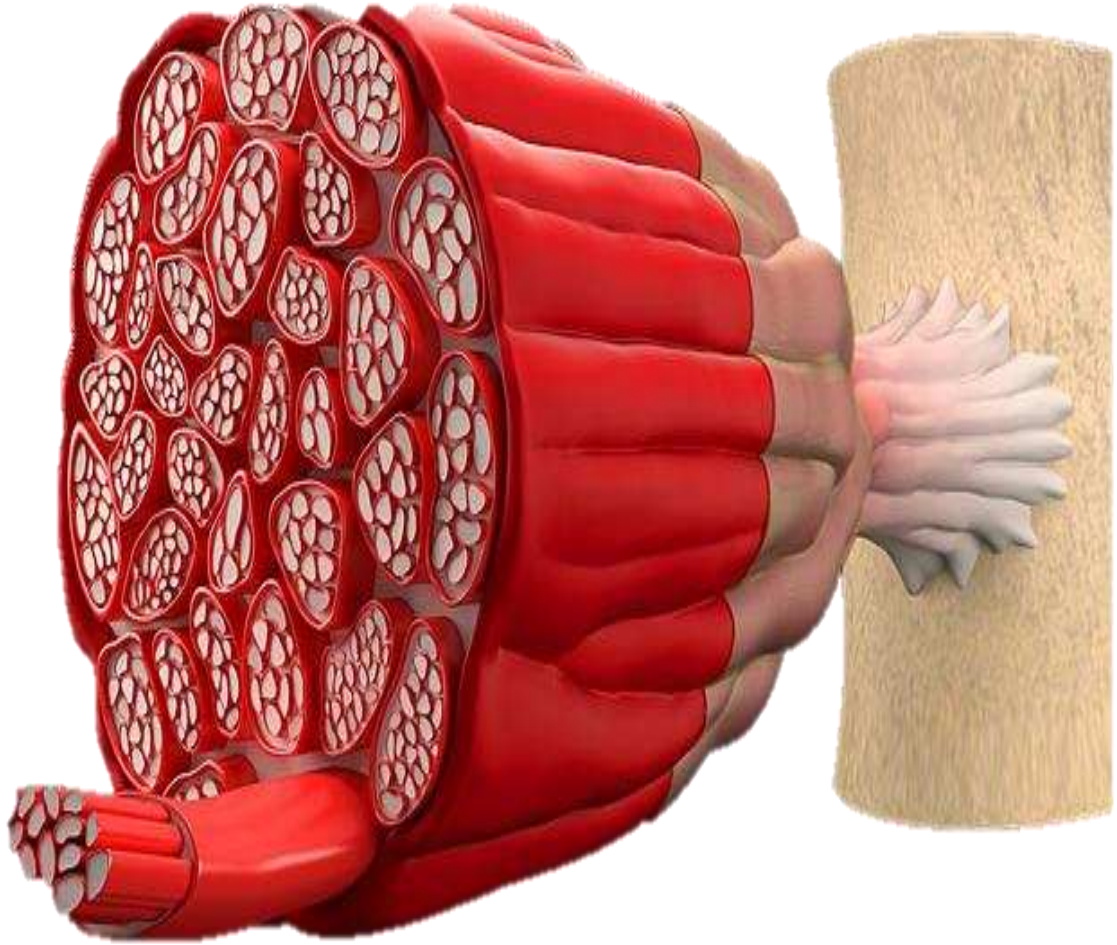
روابط مواد الصف الثاني عشر على تلغرام

التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر والمادة أحياء في الفصل الأول

1	نموذج إجابة الامتحان التجريبي النهائي الثاني نموذج حديث
2	امتحان تجريبي نهائي ثاني نموذج حديث
3	نموذج إجابة الامتحان التجريبي النهائي نموذج حديث
4	امتحان تجريبي نهائي نموذج حديث
5	أسئلة مترجمة من منهج كامبريدج لدرس التحكم في حلوكوز الدم

الانقباض العضلي



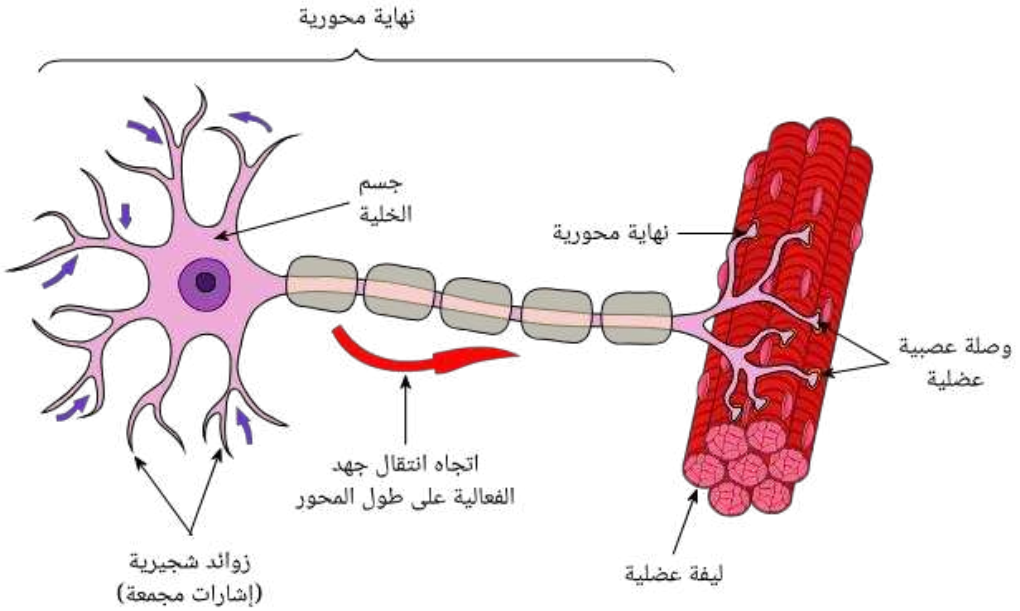
أحياء الصف الثاني عشر

الأهداف	معايير النجاح
9-5 يصف التركيب الدقيق للعضلة المخططة مع الإشارة إلى القطعة العضلية باستخدام الصور المجهرية الإلكترونية والرسوم التخطيطية.	• يعرف المصطلح العضلة المخططة. • يشرح سبب استخدام المصطلح الليف العضلي بدل الخلية العضلية للعضلات المخططة. • يقارن تركيب الليف العضلي بخلية جسدية نموذجية. • يرسم رسما تخطيطيا ويكتب مسميات ليبين السمات الرئيسية لليف العضلي المخطط، بما في ذلك الساركوبلازم، والساركوليما، والنواة، والميتوكندريا، وأنيبيبات T، والنمط المخطط بسبب الليفات العضلية. • يحدد السمات الرئيسية للتركيب الدقيق للعضلة المخططة في الصور المجهرية الإلكترونية والرسوم التخطيطية، بما في ذلك، حزم I، وحزم A، وحزم H، وخطوط Z، وخطوطM • يرسم رسما تخطيطيا ويكتب مسميات ليبين تنظيم حزم A، I، H، وخطوط Z، وخطوط Mفي جزء من ليف عضلي منبسط (في حالة الراحة) ، بما في ذلك مسميات خيوط الميوسين، وخيوط الأكتين وقطعة عضلية واحدة. • يشرح الأسباب التي تجعل من الممكن مشاهدة حزم I، وحزم A، وحزم H، وخطوط Z، وخطوط Mفي صور مجهرية إلكترونية لعضلة مخططة. • يصف الخيوط السميكة والرفيعة لليف العضلي

الأهداف	معايير النجاح
10-5 يشرح نموذج الخيط المنزلق للانقباض العضلي بما في ذلك دور تروبونين، وتروبوميوسين، وأيونات الكالسيوم و ATP.	• يعرف المصطلح نموذج الخيط المنزلق. • يصف تسلسل كيفية انقباض العضلة كما يفسره نموذج الخيط المنزلق، بدءا من إطلاق أيونات الكالسيوم من مخازنها في الساركوبلازما. • يشرح أدوار رؤوس الميوسين، والتروبونين، والتروبوميوسين، وأيونات الكالسيوم، و ATP، والخط Z في نموذج الخيط المنزلق للانقباض العضلي. • يرسم ويكتب مسميات رسم تخطيطي يبين تنظيم حزم A، I، H، وخطوط Z، وخطوط M في جزء من ليف عضلي منقبض، بما في ذلك مسميات خيوط الميوسين، وخيوط الأكتين وقطعة عضلية واحدة.

يتعلق هذا الموضوع بانقباض العضلات المخططة

وكيف تنقبض العضلات المخططة ؟



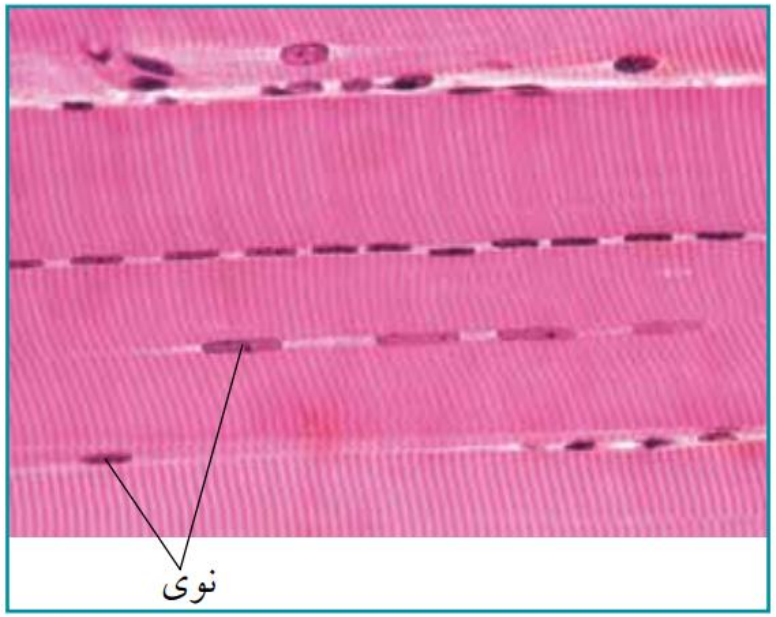
شكل 1: رسم يوضح الوحدة الحركية. تصل العديد من الوصلات العصبية العضلية بين النهايات المحورية للخلية العصبية الحركية والألياف العضلية.

عندما يتم تنبيهها للقيام بذلك عن طريق النبضات العصبية التي تصل إليها عبر الخلايا العصبية الحركية. يوصف هذا النوع من الأنسجة العضلية بأنه عصبي المنشأ

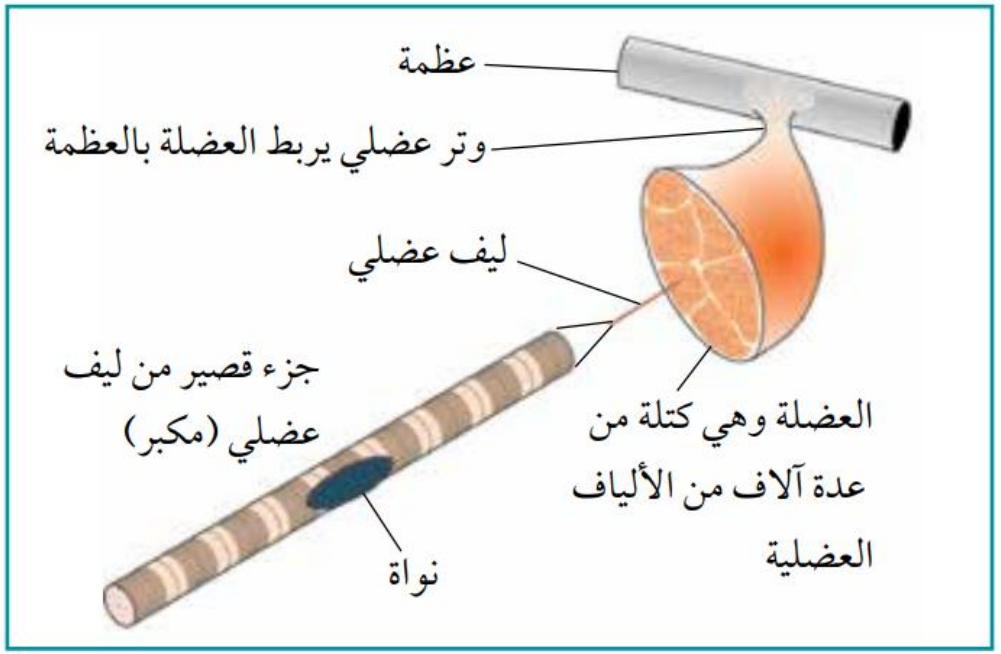
وما المقصود بالعضلة المخططة

نوع من الأنسجة العضلية في العضلات الهيكلية (وفي العضلة القلبية)، وتحتوي الألياف العضلية على خطوط عرضية منتظمة عند النظر إليها ورؤيتها تحت المجهر الضوئي.

وهناك خصائص أخرى للعضلات المخططة الهيكلية كما يظهرها (الشكل ٢٢-٥ والصورة ٧-٥) ومنها:



الصورة ٥-٧ صورة مجهرية ضوئية لعدة ألياف عضلية مخططة حيث يمكن مشاهدة الخطوط بالمجهر الضوئي. ويمكن مشاهدة العديد من النوى أيضًا (x 300).



الشكل ٥-٢٢ تركيب العضلة المخططة الهيكلية. نظرًا إلى أن كل عضلة تتكوّن من عدة أنواع من الأنسجة (نسيج عضلي مخطط، ودم، وأعصاب، ونسيج ضام)، فإنها تعدُّ مثالًا على العضو .

- مخططة (أي لها خطوط عرضية) على مسافات منتظمة.
- عديدة النوى (مدمج خلوي).
- خلاياها أسطوانية طويلة وغير متفرعة.
- تترتب بها البروتينات المنقبضة على شكل حزم متوازية من الليفيات العضلية

تركيب العضلات المخططة الهيكلية

تتكون العضلة

من

آلاف الألياف العضلية

كل

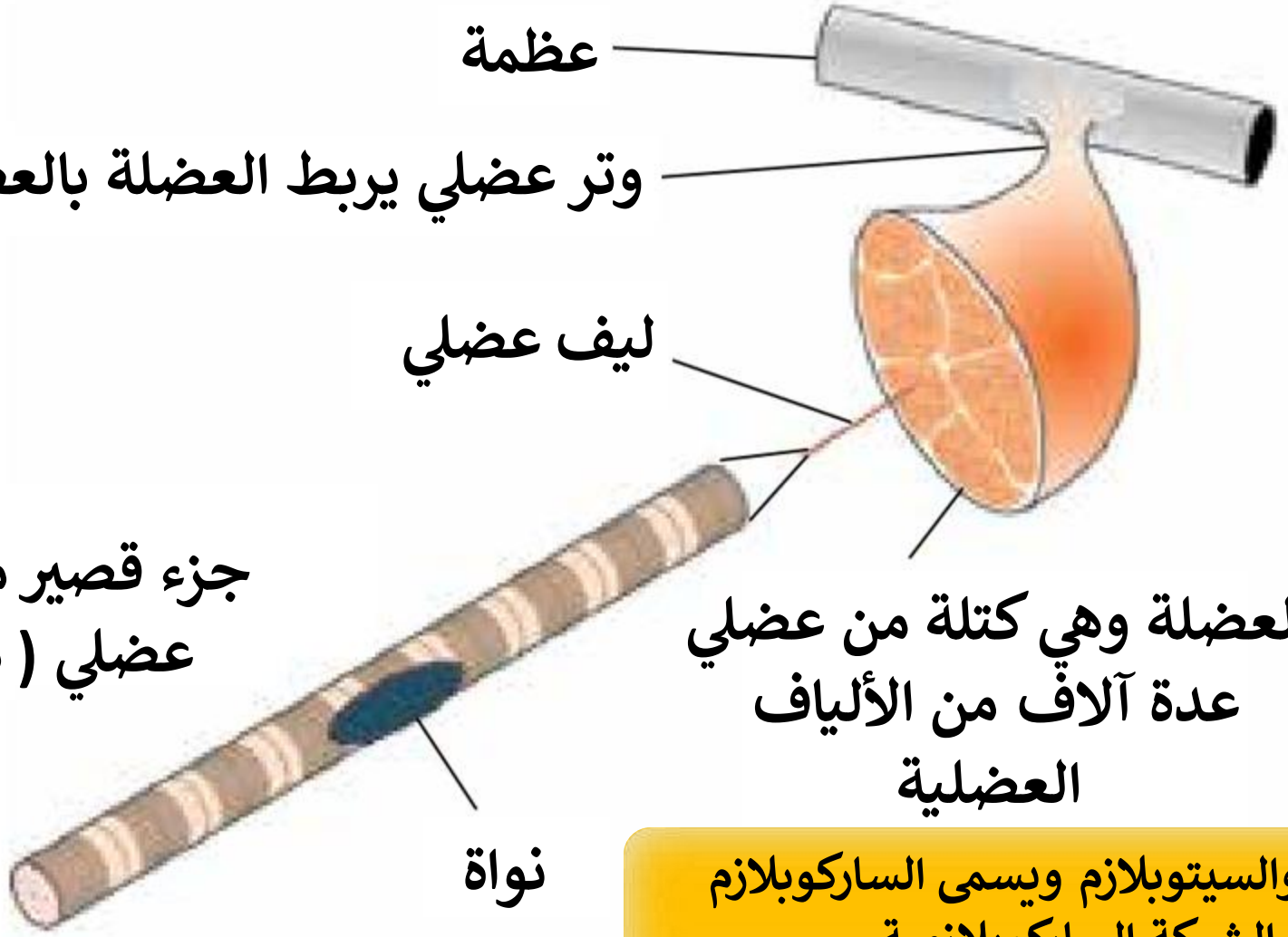
ليف عضلي

عبارة

عبارة عن (خلية تسمى مدمج خلوي لأنها عديدة النوى) عالية التخصص وبترتيب عالي التنظيم من البروتينات

تحتوي على

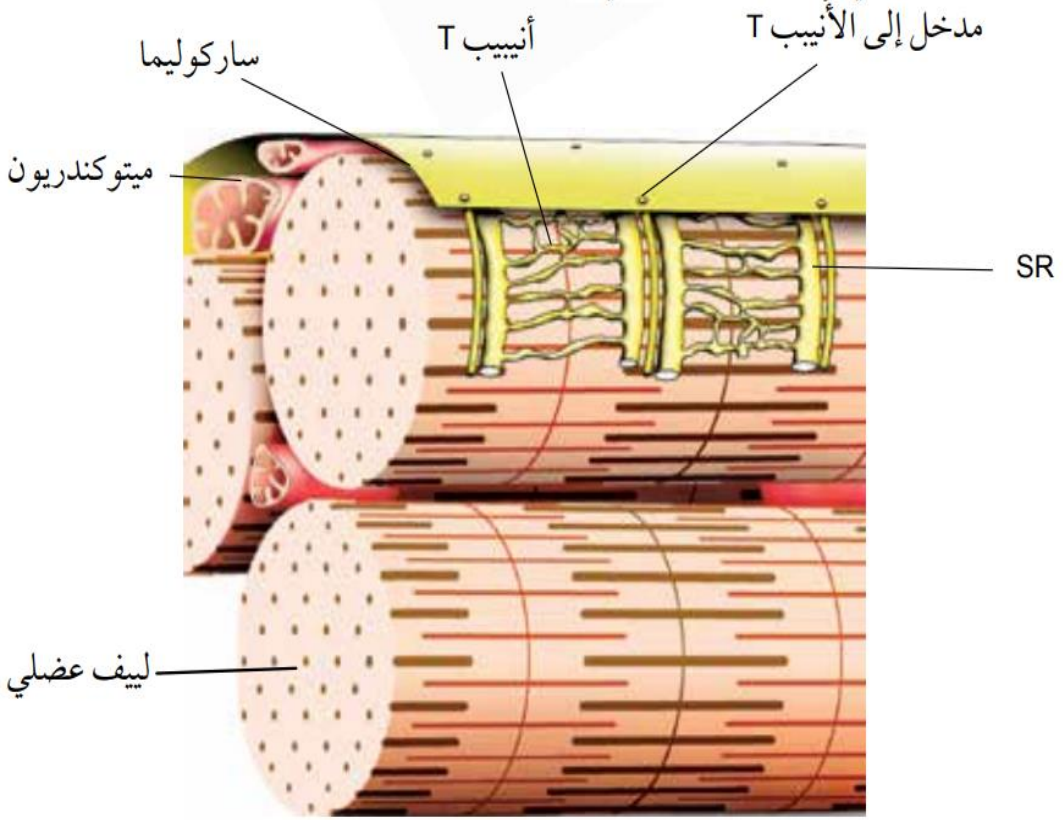
غشاء سطح الخلية يسمى السركوليما والسيتوبلازم ويسمى الساركوبلازم والشبكة الاندوبلازمية وتسمى الشبكة الساركوبلازمية



لنتعرف على التركيب الدقيق لجزء من الليف العضلي

(أ) جزء قصير من الليف العضلي

(ب) طرف الليف العضلي تحت التكبير العالي



عدد كبير من الميتوكندريا، وغالبا ما تكون متراصة ومرتبة بإحكام بين الليفات العضلية تقوم الميتوكندريا بعملية التنفس الهوائي، وتنتج ATPاللازم لانقباض العضلات

وغالبا يحتوي

الساركوليما

يحتوي على

انثناءات عميقة تمتد إلى داخل الألياف العضلية

تسمى

أنيبيبات T

تمتد بالقرب من

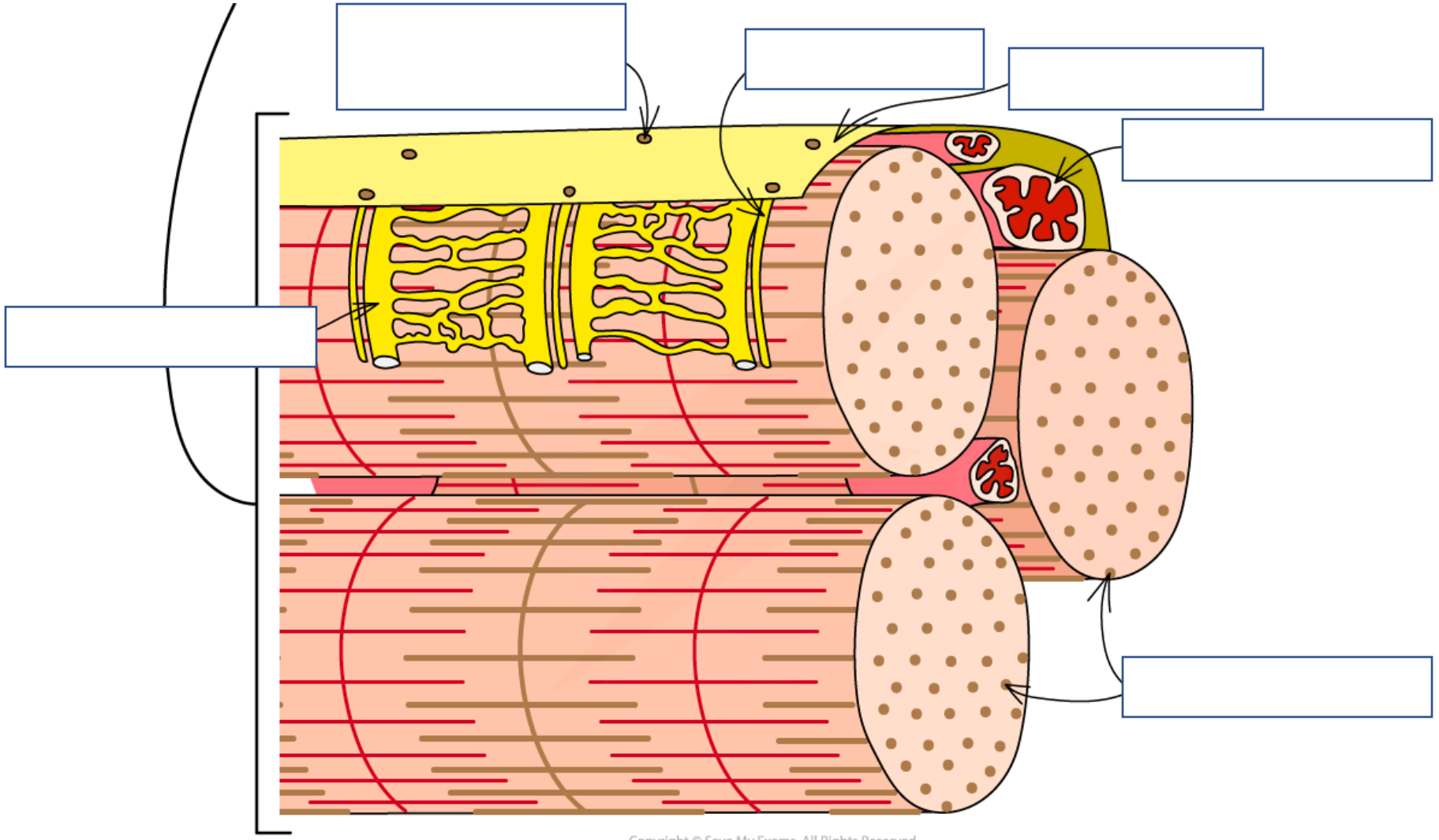
SR (الشبكة الساركوبلازمية)

تحتوي على

عدد ضخم من المضخات البروتينية التي تنقل أيونات الكالسيوم إلى التجاويف الداخلية لـ SR

تقويم تكويني

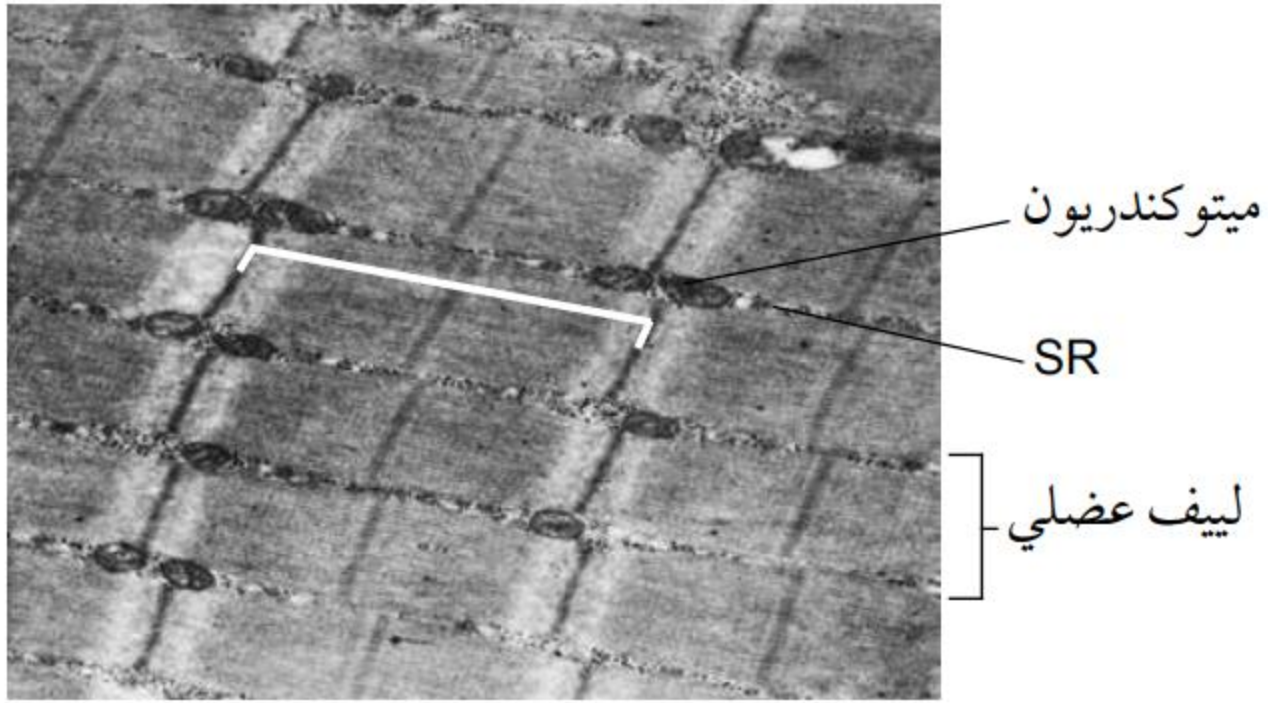
ارسم رسما تخطيطيا ويكتب مسميات ليبين السمات الرئيسية لليف العضلي المخطط، بما في ذلك الساركوبلازم، والساركوليما، والنواة، والميتوكندريا، وأنيبيبات T، والنمط المخطط بسبب الليفات العضلية.



Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved

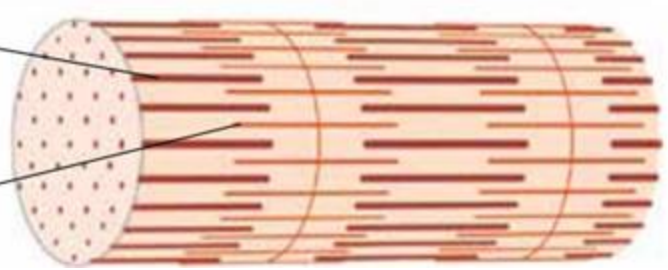
ماذا تلاحظ على الألياف العضلية من خلال الصورة المقابلة؟

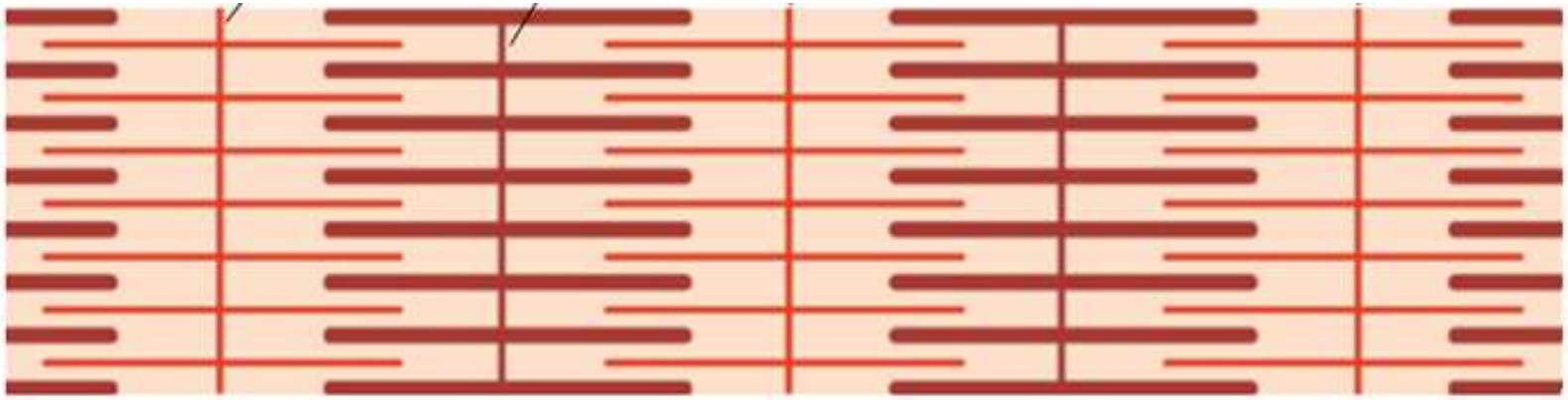
- خطوطها عرضية
- تنتج هذه الخطوط بسبب الترتيب المنتظم جدا للعديد من الليفات العضلية في الساركوليما.
- تكون خطوط كل ليف من الألياف العضلية في النسيج العضلي بالطريقة نفسها تماما
- يصطف كل ليف منها بدقة مقابل الليف المجاور، وبذلك يتم إنتاج النمط المخطط

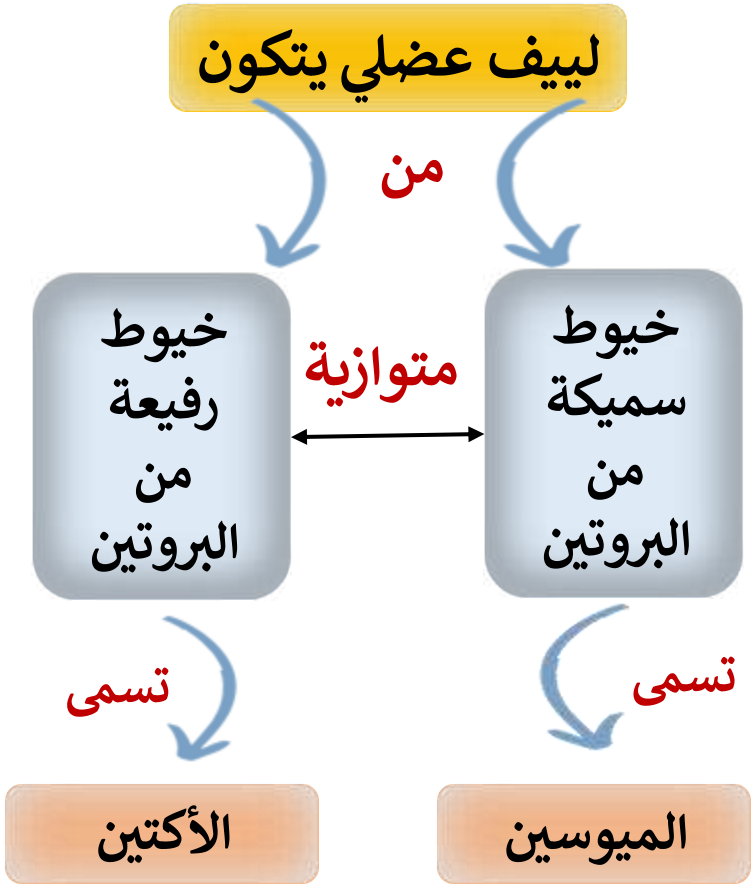


الصورة ٥-٨ صورة تمثل مقطعًا طوليًا لليف عضلي، كما يرى باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ، تظهر أجزاء من سبعة ليفات عضلية. تشير الحاصرة باللون الأبيض داخل الصورة إلى قطعة عضلية (x 12000).

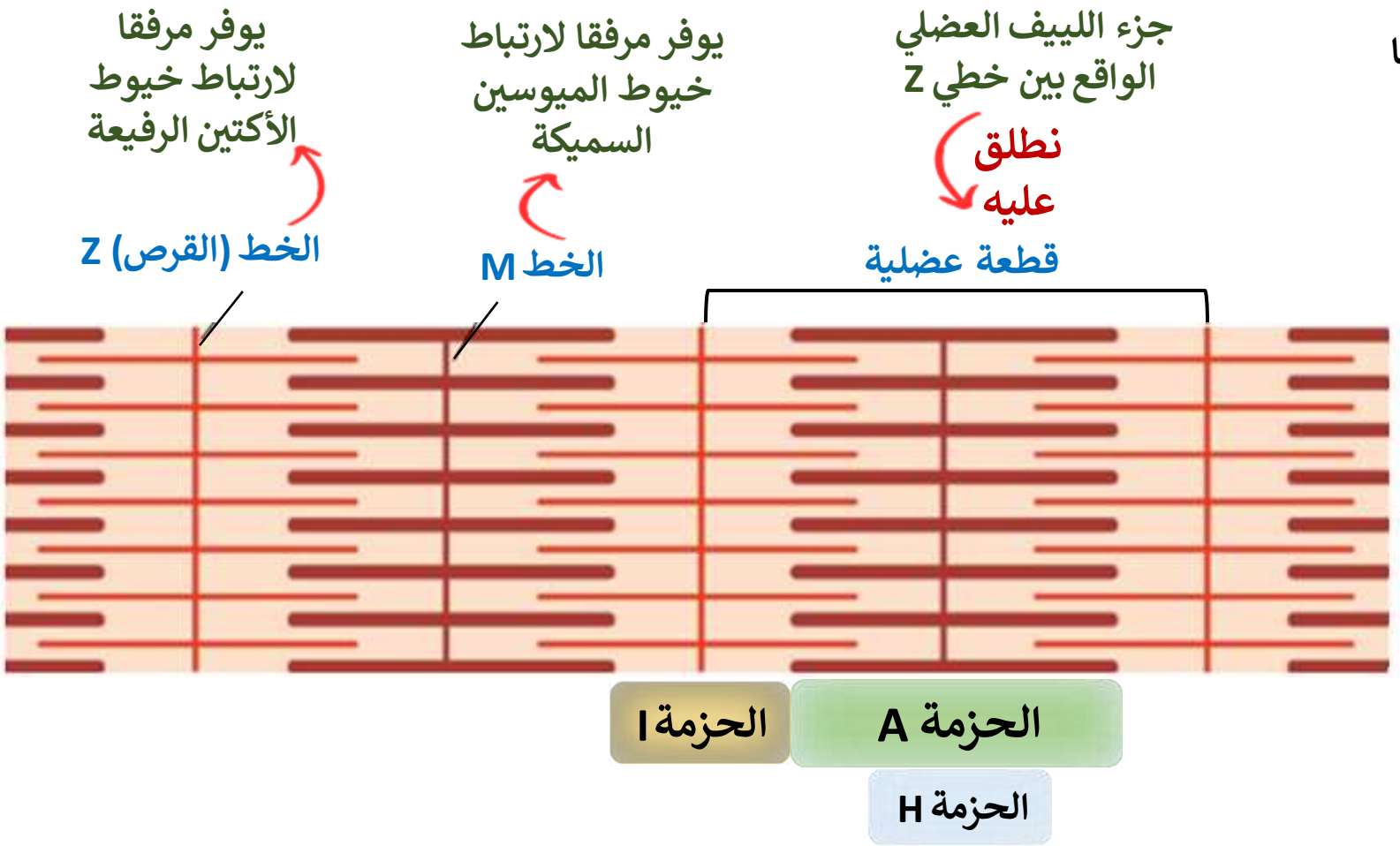
لنتعرف على التركيب الدقيق لجزء من ليف عضلي



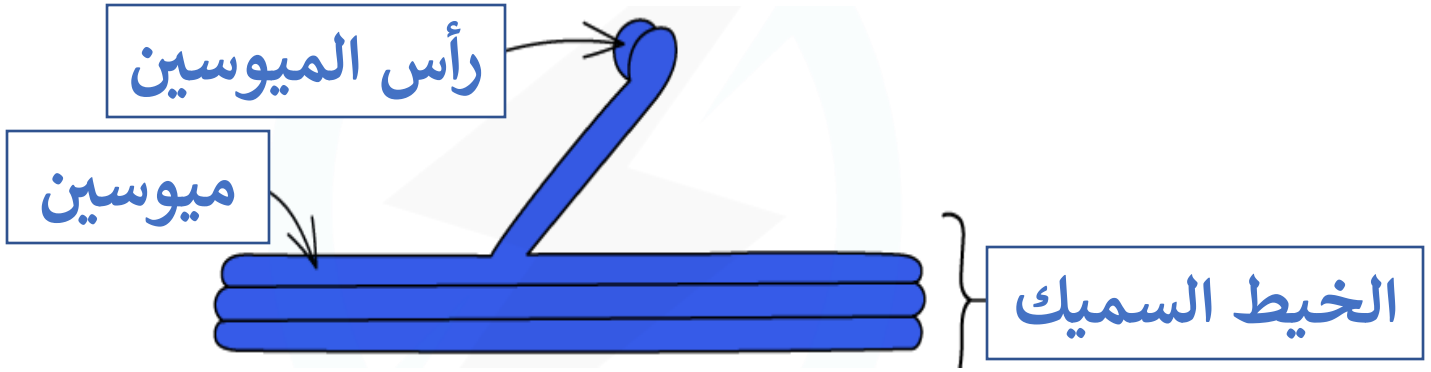




كما نلاحظ وجود خطوط
طولية بين الميوسين والأكتين
لنتعرف على مسمياتها وأهميتها



لنتعرف على تركيب الخيوط
السميكة والخيوط الرفيعة



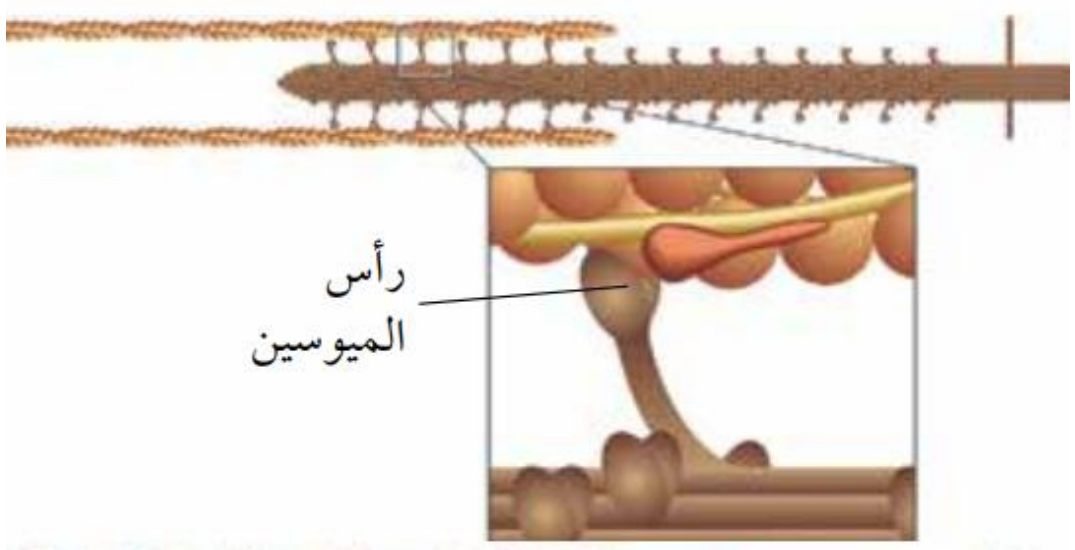
تتكون الخيوط السمكية

من

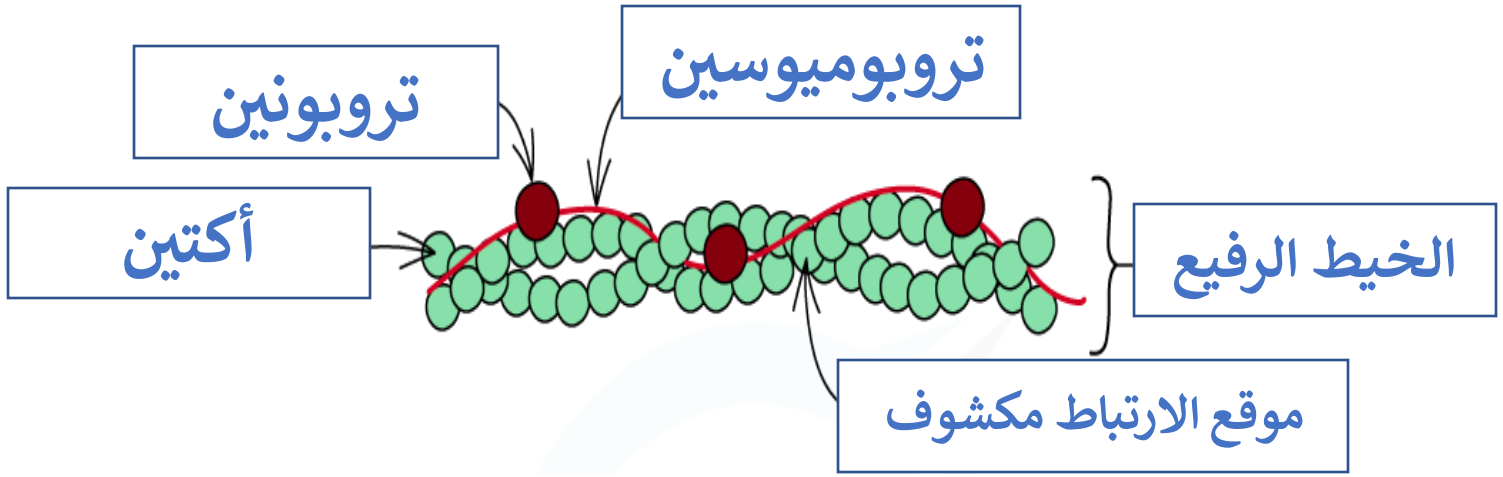
الميوسين

هو

وهو بروتين ليفي
له رأس كروي الشكل. يساعد الجزء الليفي
على تثبيته في الخيط السميك. فتتموضع
العديد من جزيئات الميوسين معا في حزمة
حيث تتجه رؤوسها الكروية جميعها بعيدا
عن الخط M



لنتعرف على تركيب الخيوط
السميكة والخيوط الرفيعة



تتكون الخيوط الرفيعة

من

الأكتين

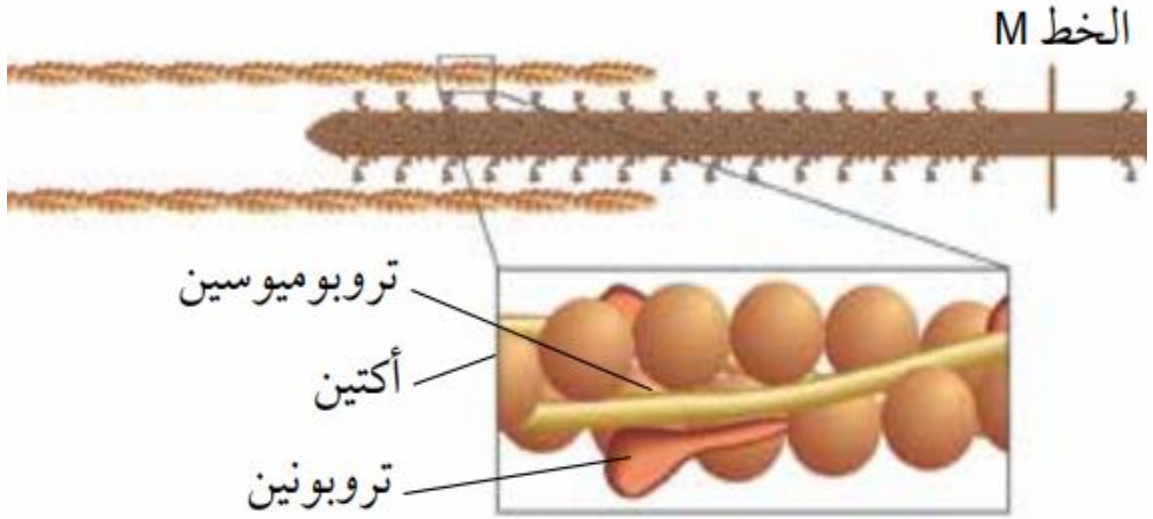
هو

وهو بروتين كروي
ترتبط العديد من جزيئات الأكتين معا لتشكيل سلسلة. تلتف اثنتان من هذه السلاسل إحداهما على الأخرى لتشكل خيطا رفيعا..

يلتف حولها
بروتينين

بروتين ليفي
التروبوميوسين

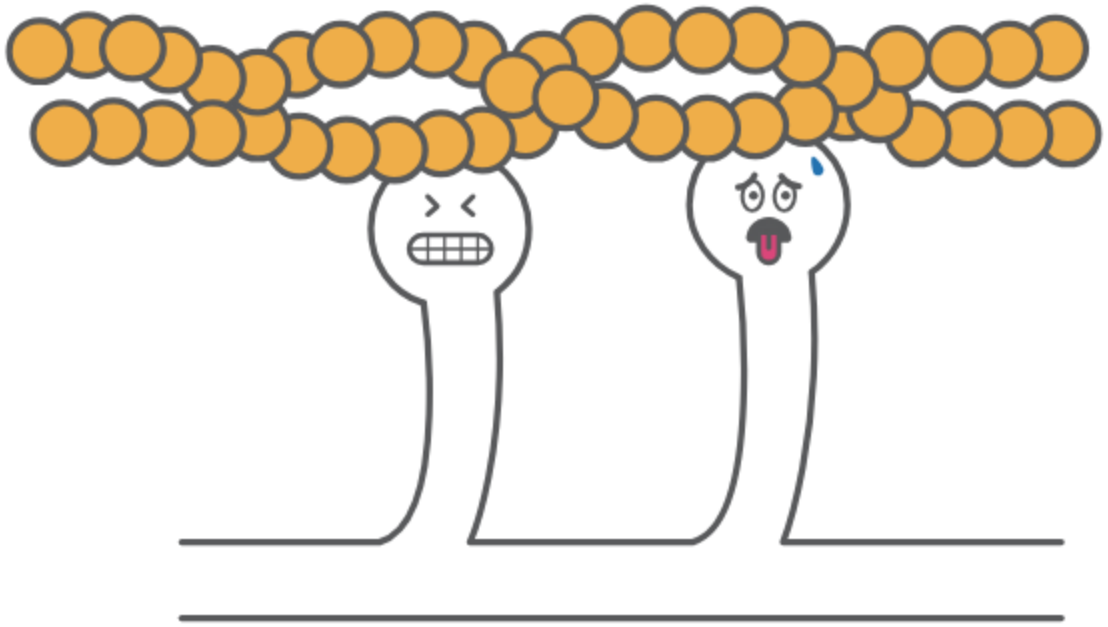
التروبونين يرتبط
بسلسلة الأكتين على
مسافات منتظمة



كيف تنقبض العضلات

يعرف النموذج الذي يفسر كيفية انقباض الليف العضلي باسم
نموذج الخيط المنزلق

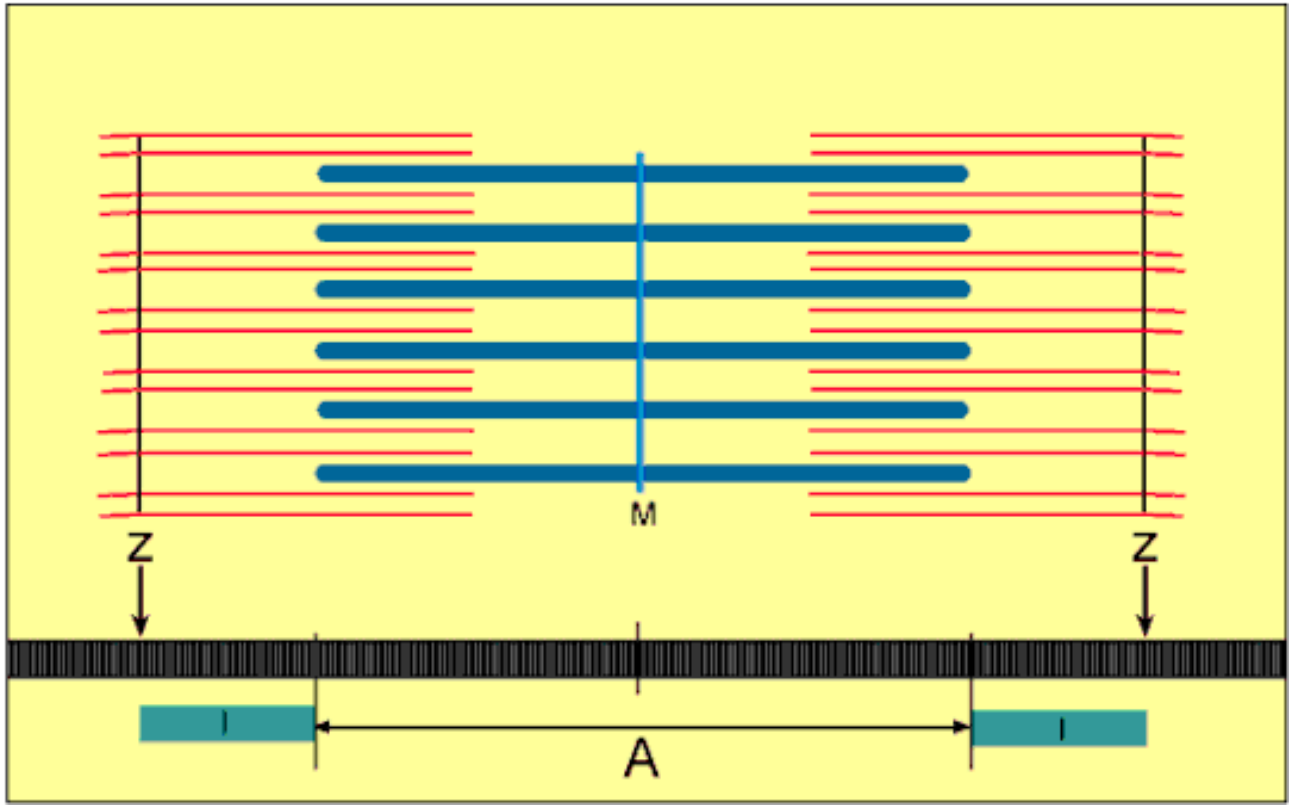
وما المقصود به

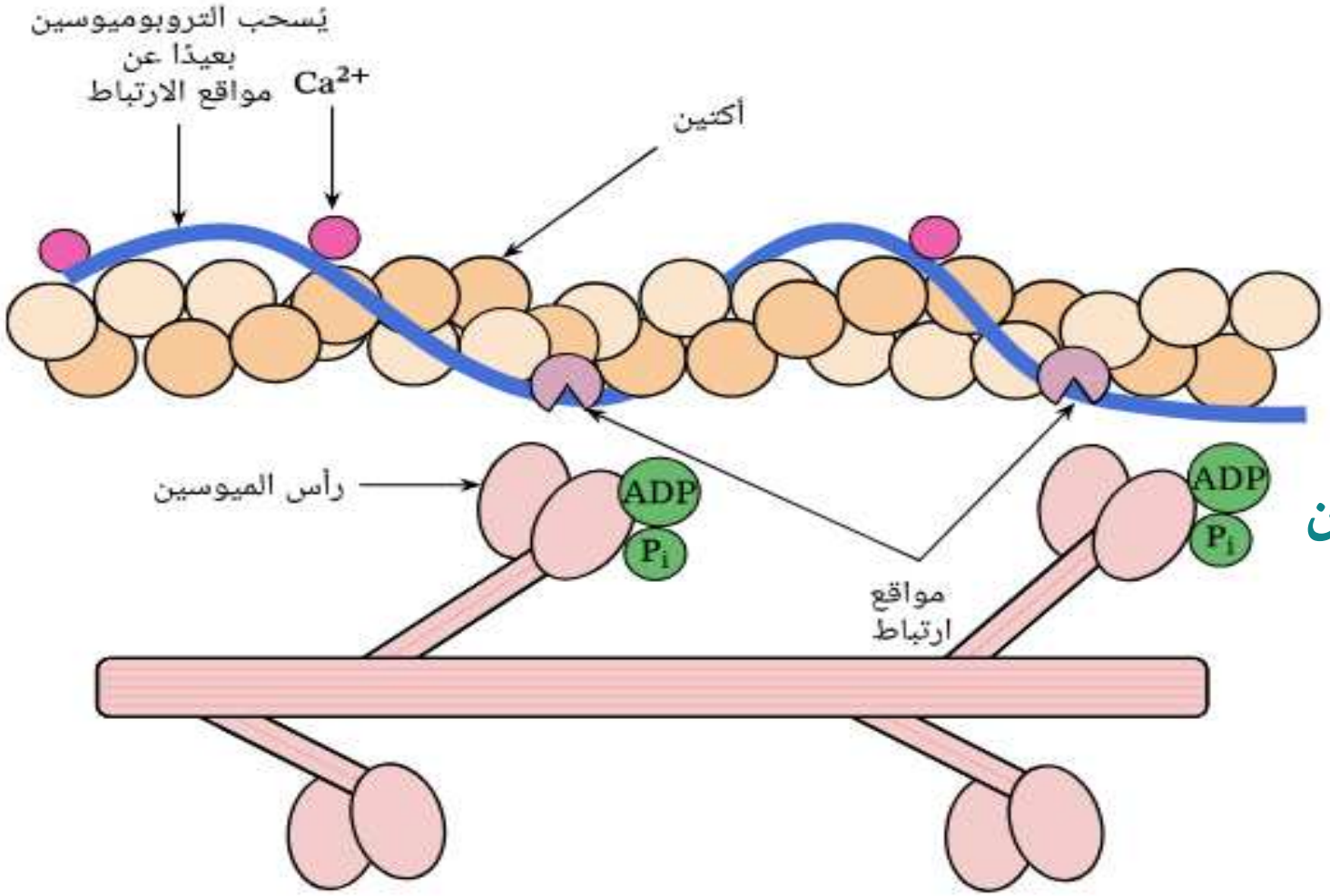


آلية انقباض العضلات. داخل كل قطعة عضلية، تتحرك الخيوط الرفيعة لتقترب من بعضها بفعل رؤوس الميوسين في الخيوط السميكة ما يسبب تقصر الطول الإجمالي لكل ليف عضلي.

نلاحظ من خلال
الشكل

تسبب العضلات الحركة عن طريق انقباضها. تصبح القطع العضلية في كل لييف عضلي أقصر مع سحب أقراص Z قرب بعضها.

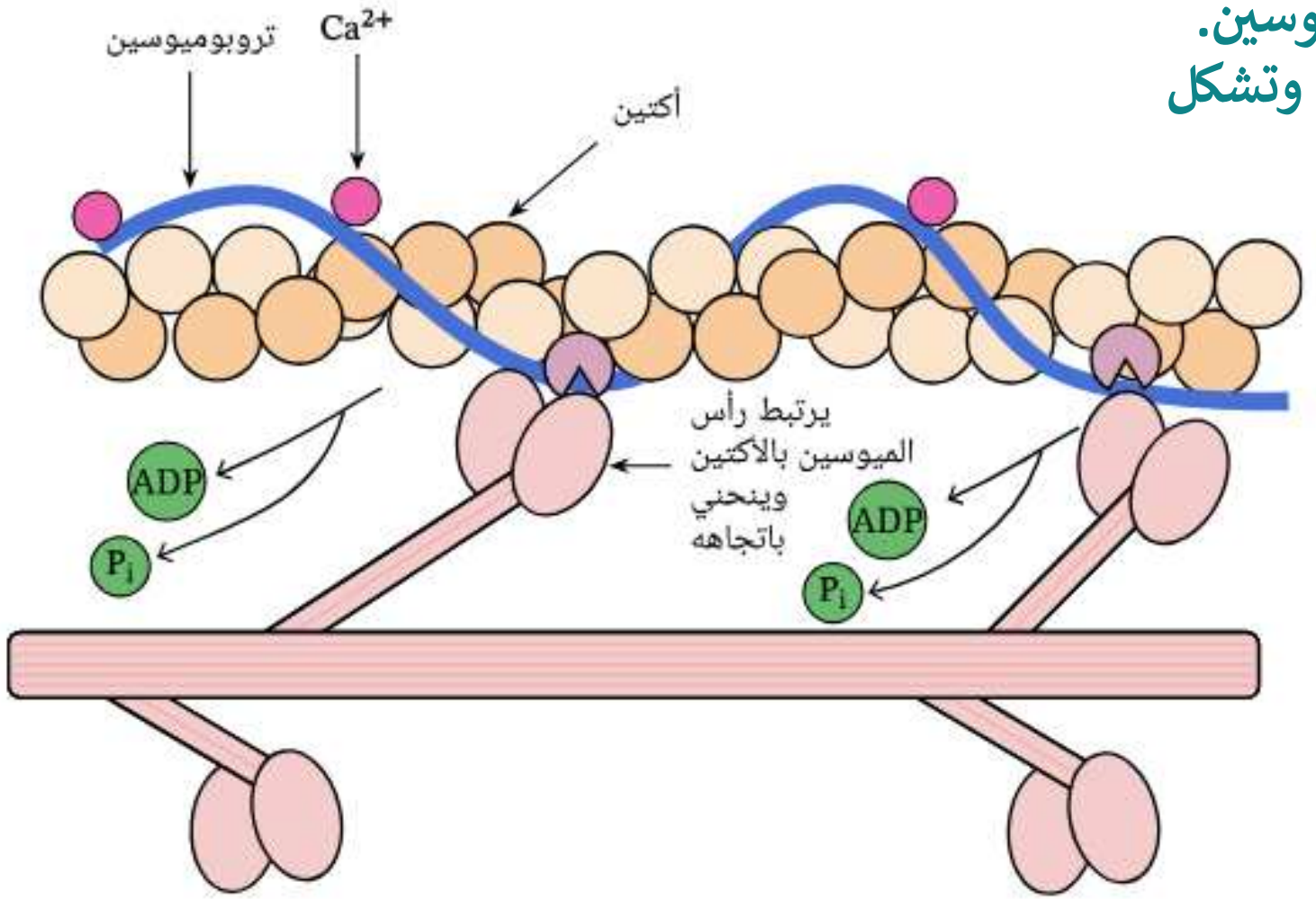




1 يتم إطلاق أيونات الكالسيوم من SR

2 وترتبط بالتروبونين. هذا الارتباط يحفز جزيئات التروبونين لتغيير شكلها

3 تنتقل جزيئات التروبونين والتروبوميوسين إلى موضع مختلف على الخيوط الرفيعة (الأكتين)



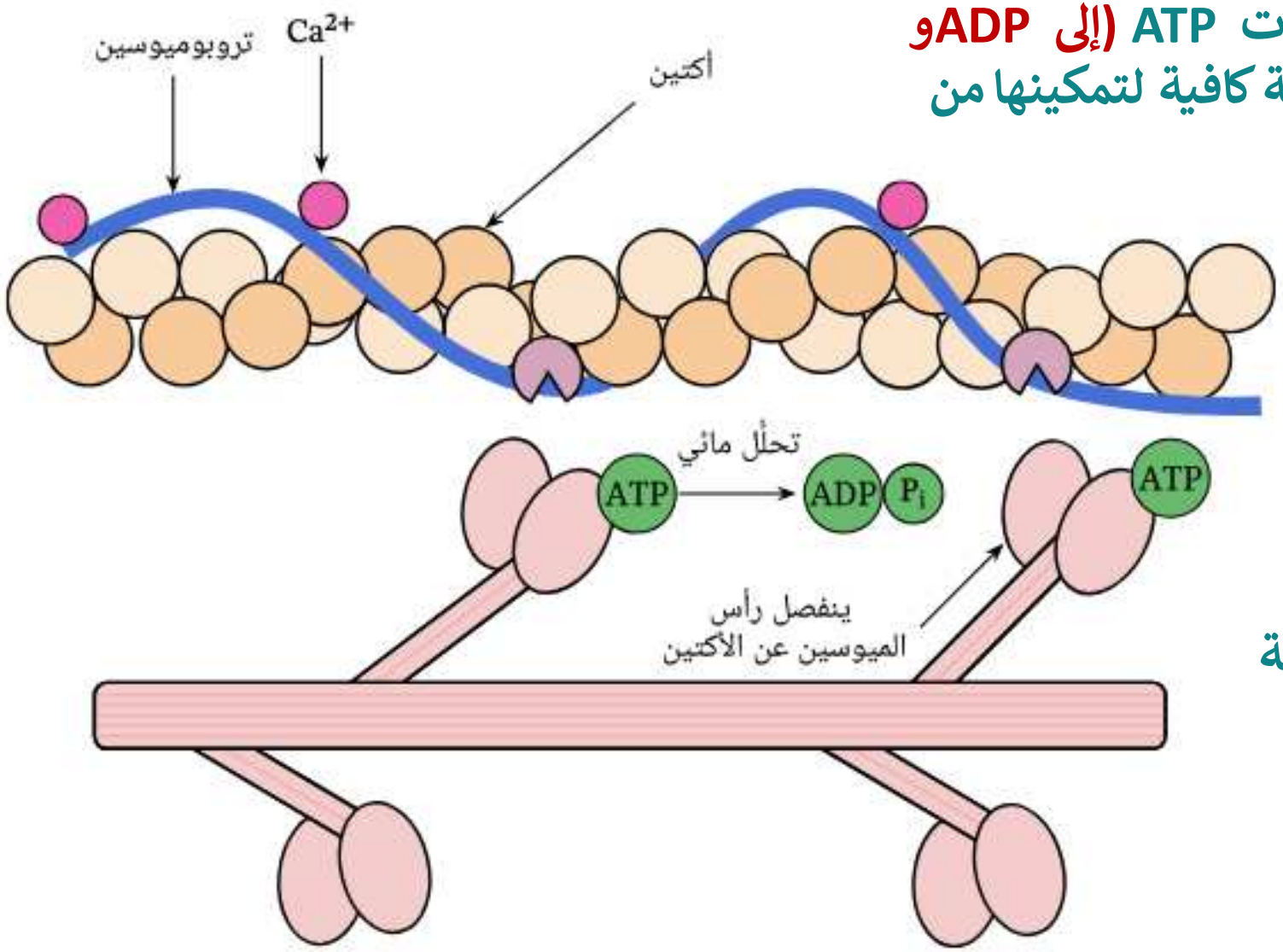
4 مما يؤدي إلى انكشاف أجزاء من جزيئات الأكتين، والتي تعمل كمواقع لربط الميوسين. ترتبط رؤوس الميوسين بهذه المواقع، وتشكل جسور متقاطعة بين نوعي الخيوط **(يطلق Pi ويغير من زاويته)**

5 **(وهذا التغير في الزاوية) يجعل** رؤوس الميوسين تتحرك، وتسحب خيوط الأكتين نحو مركز القطعة العضلية.

(وهذه العملية تطلق ADP من رأس الميوسين)

إنفصال ADP من رأس الميوسين يسمح بإرتباط ATP بدلا منه)

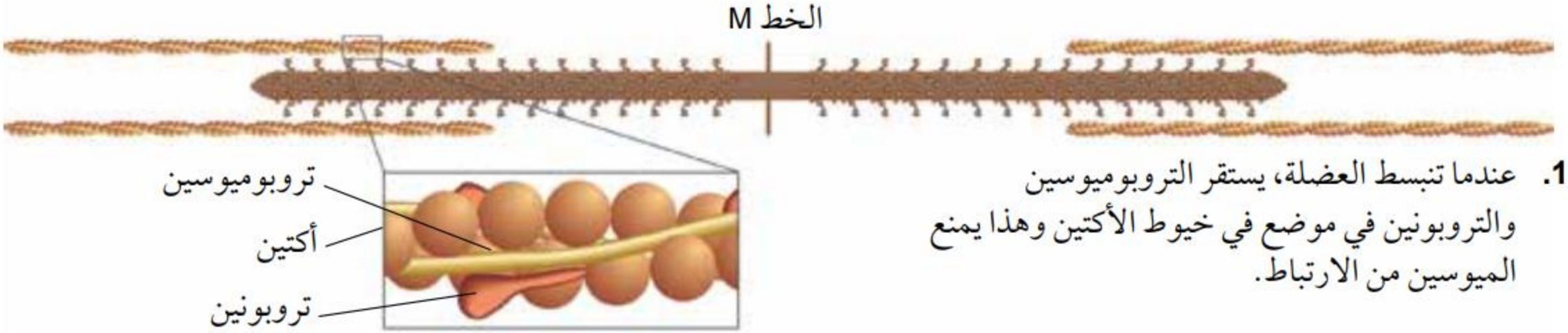
6 ثم تقوم الرؤوس بالتحلل المائي لجزيئات ATP (إلى ADPو Piبواسطة إنزيم ATPase)لتوفير طاقة كافية لتمكينها من الانفكاك عن خيوط الأكتين



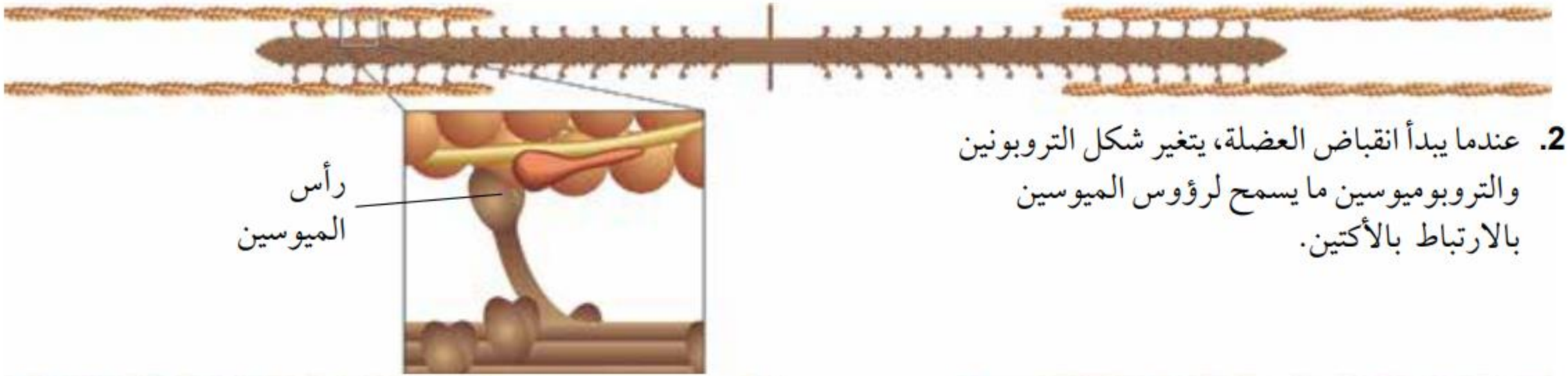
7 تعود الرؤوس وتتحرك إلى مواقعها السابقة وترتبط مرة أخرى بالمواقع المكشوفة على الأكتين.

8 ترتبط رؤوس الميوسين الآن أبعد قليل على طول الخيوط الرفيعة مقتربة من القرص Z

9 يستمر ويتكرر هذا طالما أن العضلة لديها إمدادات كافية من ATP

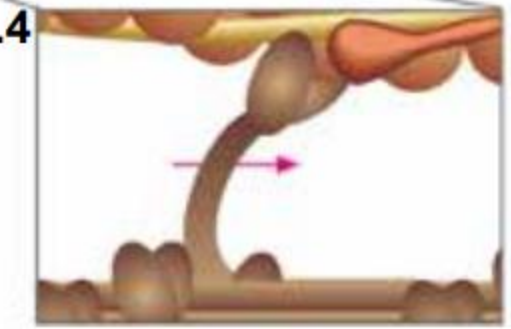


1. عندما تنبسط العضلة، يستقر التروبوميوسين والتروبونين في موضع في خيوط الأكتين وهذا يمنع الميوسين من الارتباط.



2. عندما يبدأ انقباض العضلة، يتغير شكل التروبونين والتروبوميوسين ما يسمح لرؤوس الميوسين بالارتباط بالأكتين.

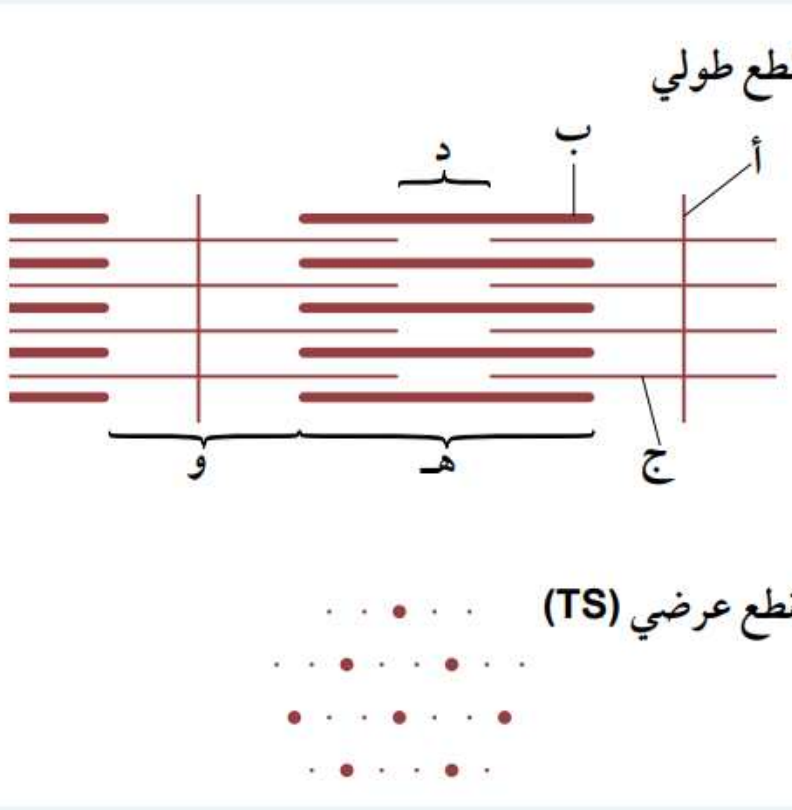
3. تتحرك رؤوس الميوسين، فتسحب الأكتين وتتسبب في تقلص العضلة 10 nm تقريبًا.



4. يتسبب التحلل المائي لجزيئات ATP في إطلاق رؤوس الميوسين التي ترتد إلى الوراء وتكرر عملية الارتباط ثم الحركة.

تقويم ختامي

تم فحص مقاطع طولية وعرضية من ألياف عضلية مخططة تحت المجهر الإلكتروني. يوضح الشكل ٢٦-5 ، رسوما للتراكيب التي شوهدت في قطعة عضلية عند رؤيتها في مقاطع طولية ومقاطع عرضية تحت المجهر الإلكتروني النافذ.



الشكل ٥-٢٦ مقطع طولي ومقطع عرضي في ليف عضلي مخطط.

1. سم التراكيب:

أ :

ب:

ج:

أ. ١. (أ) الخط Z، (ب) خيط سميك، (ج) خيط رفيع.

2.سم مناطق القطعة العضلية

د:

هـ:

و:

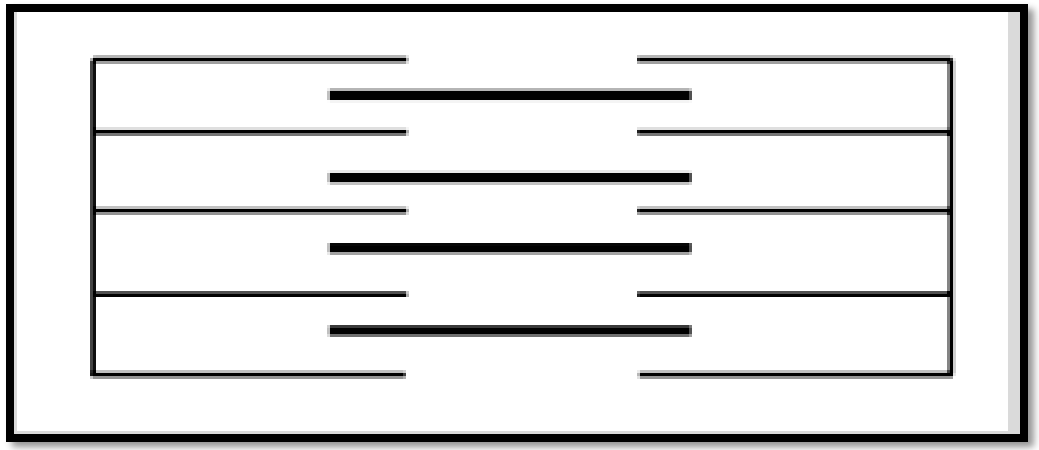
٢. (د) الحزمة H، (هـ) الحزمة A، (و) الحزمة I.

3.اذكر المنطقة من القطعة العضلية التى أخذ منها المقطع العرضي.

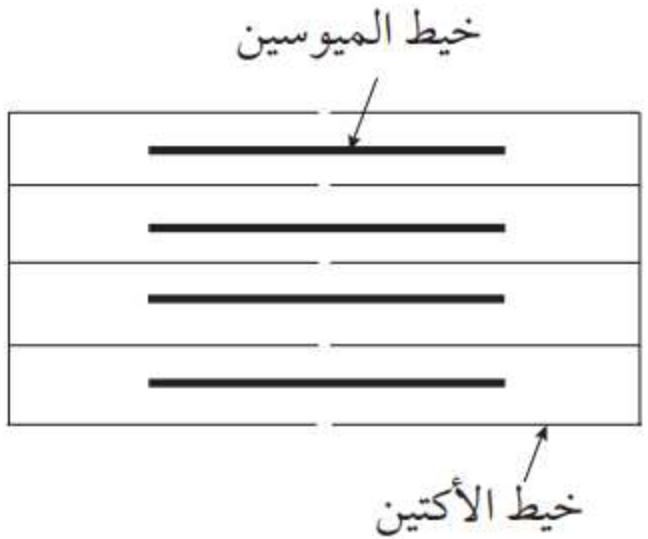
ب. منطقة التداخل بين الخيوط السميكة والخطوط الرفيعة هي الحزمة A.

تقويم ختامي

يبين الشكل قطعة عضلية في عضلة في حالة انبساط. ارسم رسما تخطيطيًا للقطعة العضلية كما تظهر في عضلة منقبضة بشكل كامل اكتب بوضوح المسميين: خيوط الأكتين والميوسين.



٣. يجب أن يبيّن الرسم التخطيطي تحريك الأكتين نحو الداخل ورسم جميع الخيوط بالأطوال نفسها (انظر الرسم التخطيطي أدناه)، مع المسميات الصحيحة للأكتين والميوسين.



تقويم ختامي

ج. اصنع نموذجًا لقطعة عضلية واستخدمه لشرح كيف يؤدي انزلاق الخيوط في القطعة العضلية إلى انقباض الألياف العضلية. استخدم النموذج الذي صنعته لشرح نموذج الخيط المنزلق للانقباض العضلي لزملائك.

يمكن أن يكون الشرح مشابهًا ما يلي:

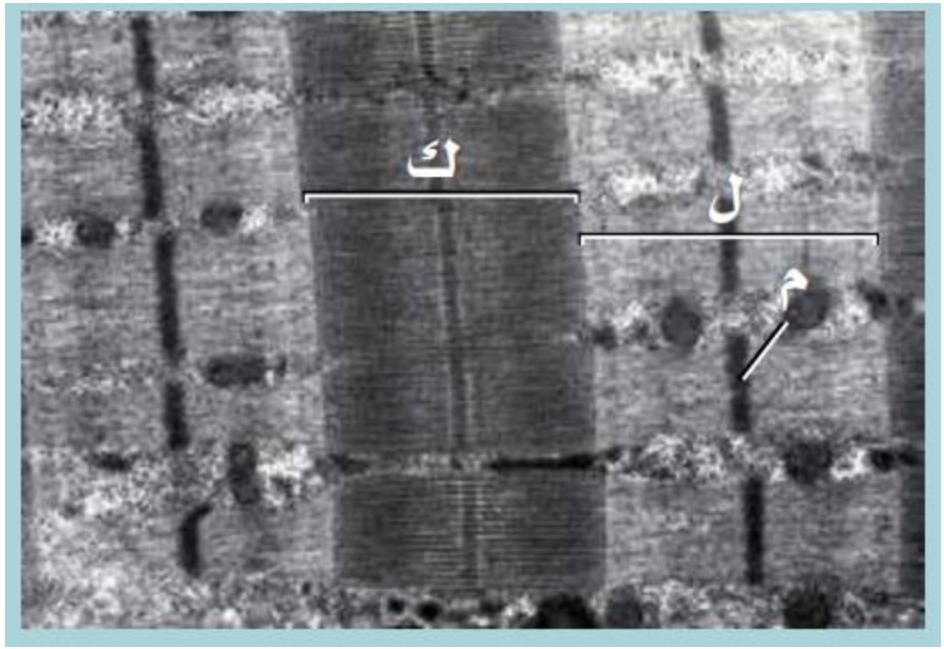
لا تمتد الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة عبر القطعة العضلية بشكل كامل. فعندما تنقبض العضلة، تتلامس رؤوس الميوسين مع الخيوط الرفيعة ثم تنحني (تنثني) نحو مركز القطعة العضلية. تعمل قوة الانحناء (الانثناء) هذه على تحريك الخيوط الرفيعة لتقترب من بعضها بحيث يكون هناك المزيد من التداخل بين الخيوط السميكة والرفيعة (تصبح الحزمة H أقصر). يقلل ذلك المسافة بين خطوط Z وبالتالي يقل الطول الإجمالي للقطعة العضلية.

لتقصير طول جميع القطع العضلية في الليفات العضلية يؤدي إلى تقصير (انكماش/انقباض) الألياف العضلية.

يمكن المساعدة في الإجابة عن الجزء (ج) من خلال رسمَين تخطيطيَّين بسيطَين يعرض كل منهما خيطًا سميكًا واحدًا وخيطَين رفيعَين على كلا جانبَي خطَّي Z. يُظهر أحد الرسمَين التخطيطيَّين القطعة العضلية في حالة الراحة مع وجود الحزمة H، ويُظهر الرسم الثاني قطعة عضلية منقبضة بالكامل مع عدم وجود الحزمة H.

أسئلة نهاية الوحدة

تظهر الصورة المجهرية الإلكترونية الآتية أجزاء من بعض الليفات العضلية في عضلة مخططة في حالة انبساط.



أ. 1. سم الأجزاء المسماة (ك، ل، م).

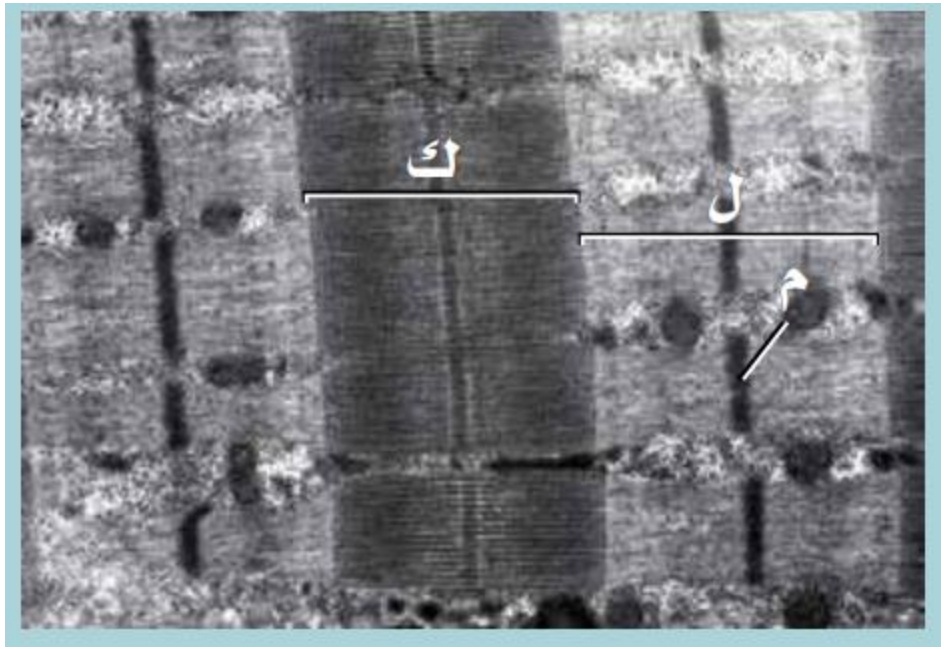
أ. ١. ك: الحزمة A، ل: الحزمة ا، م: الخط أو القرص Z

٢ . كم عدد الليفات العضلية التي يمكن رؤيتها في الصورة المجهرية الإلكترونية؟ اشرح إجابتك.

٢. 5

تنفصل الليفات العضلية بعضها عن بعض بواسطة الميتوكندريا أو الشبكة الإندوبلازمية الساركوبلازمية.

تظهر الصورة المجهرية الإلكترونية الآتية أجزاء من بعض الليفات العضلية في عضلة مخططة في حالة انبساط.

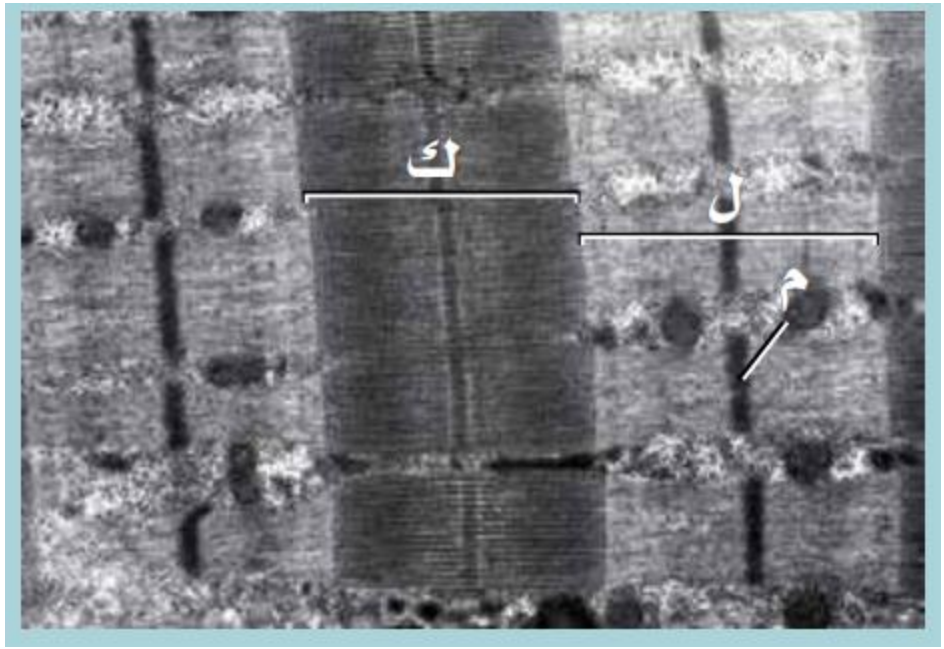


ب. 1. هناك العديد من حبيبات الجلايكوجين والميتوكوندريا مرئية في الصورة المجهرية الإلكترونية. اشرح سبب وجودهما هناك.

١. توجد حبيبات الجلايكوجين في العضلة حيث يتم تفكيكها في الخلايا، يتم تحليل (تكسير) حبيبات الجلايكوجين لتوفير الجلوكوز لعملية التنفس.

أما وجود العديد من الميتوكندريا التي تقوم بعملية **التنفس الهوائي** فهي توفر (الكثير) من ATP (لانقباض العضلات).

تظهر الصورة المجهرية الإلكترونية الآتية أجزاء من بعض الليفات العضلية في عضلة مخططة في حالة انبساط.



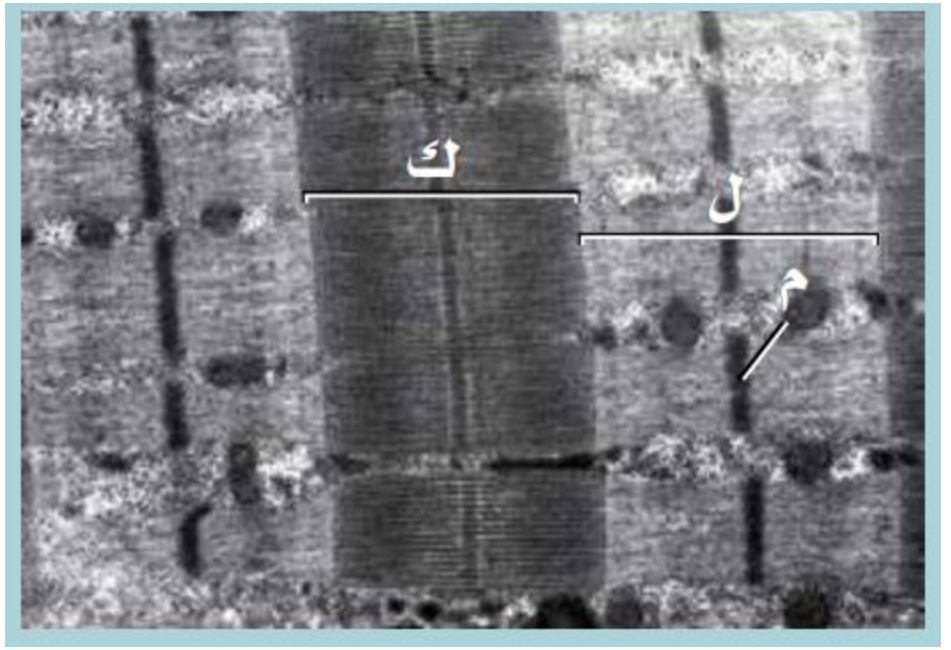
٢. صف كيف يمكنك معرفة أن هذه الصورة المجهرية الإلكترونية هي لعضلة منبسطة وليست منقبضة.

٢. في العضلة المنبسطة تكون الحزمة ا واسعة (عريضة/ممتدة)جدًا.

في الحزمة ا لا يوجد تداخل بين الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة.

في العضلات المنقبضة، تكون الخيوط الرفيعة أقرب بعضها إلى بعض ما ينتج منه حزمة ا رفيعة/قصيرة الامتداد ضيقة.

تظهر الصورة المجهرية الإلكترونية الآتية أجزاء من بعض الليفات العضلية في عضلة مخططة في حالة انبساط.



ج. يصل تكبير هذه الصورة المجهرية الإلكترونية 16 000 مرة.
احسب الطول الحقيقي للقطعة العضلية التي تتضمن المنطقة (ك) .
أعط إجابتك بوحدة الميكرومتر (µm).

ج. الطول الحقيقي للقطعة العضلية =

$$\frac{\text{المسافة (طول القطعة العضلية) في الصورة المجهرية الإلكترونية.}}{\text{مقدار التكبير}}$$

المسافة (الطول في الصورة) = 43 mm

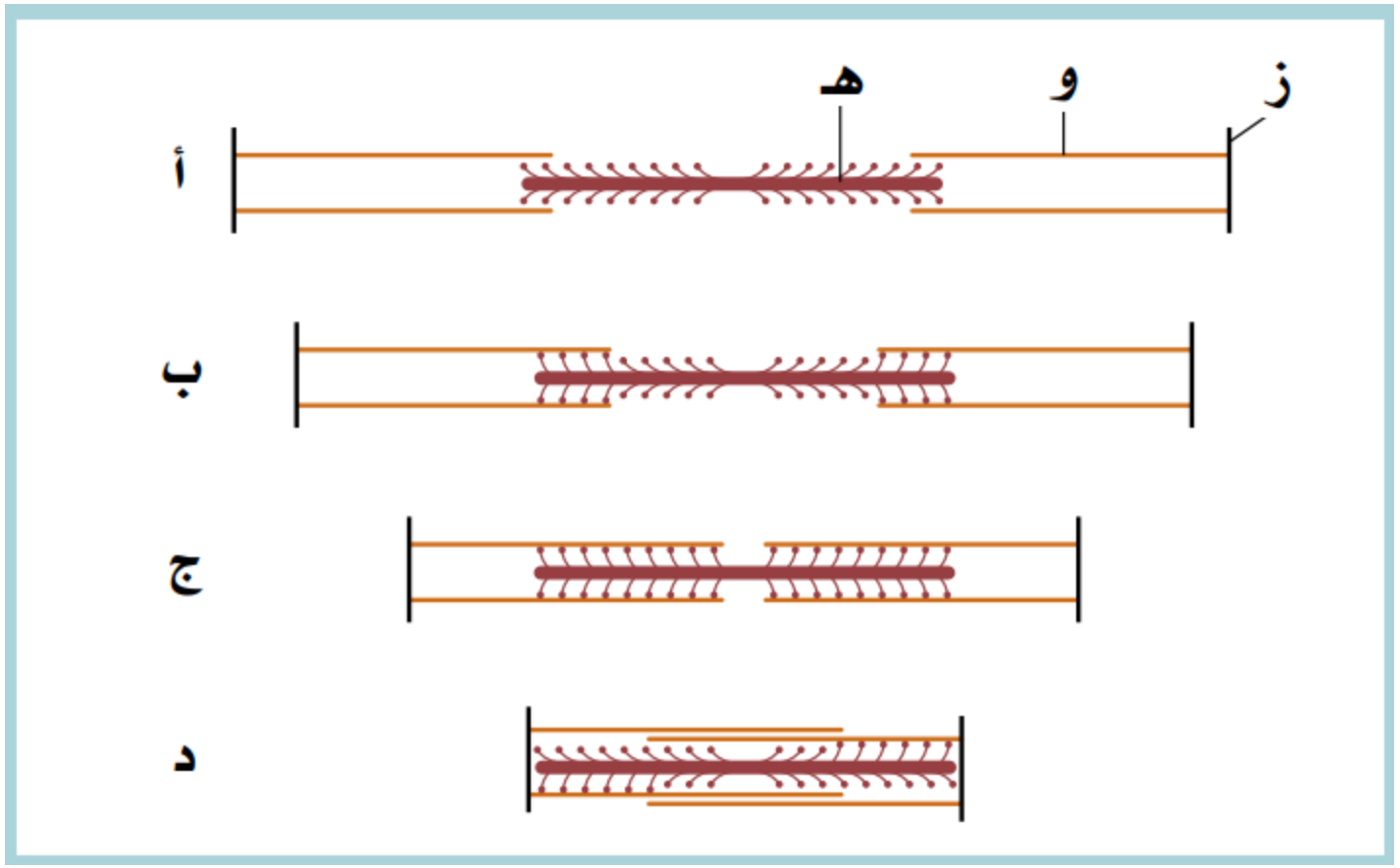
(اقبل 44 mm).

= 43000 µm

$$= \frac{43000\ \mu m}{16000}$$

= 2.7 µm

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



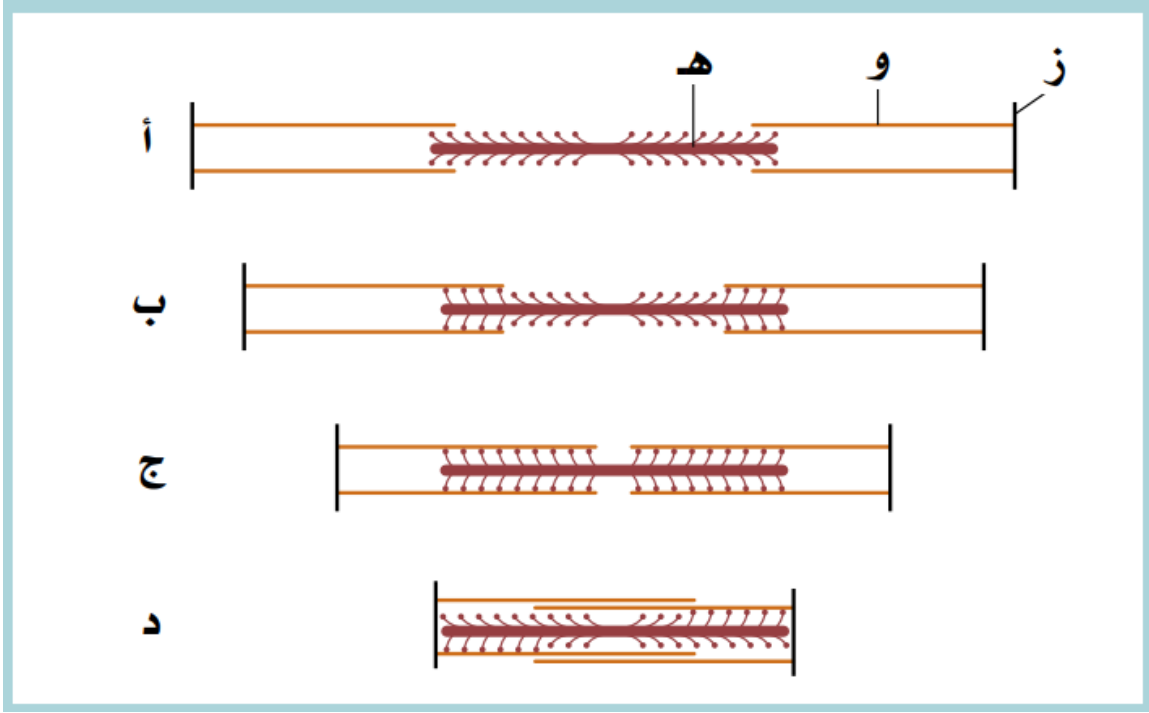
أ. سم الأجزاء: (هـ، و، ز).

أ. هـ : الميوسين أو الخيوط السميكة.

و: الأكتين أو الخيوط الرفيعة.

ز: الخط أو القرص Z

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



ب. اشرح سبب عدم وجود جسور عرضية لألكتين والميوسين في الرسم التخطيطي (أ).

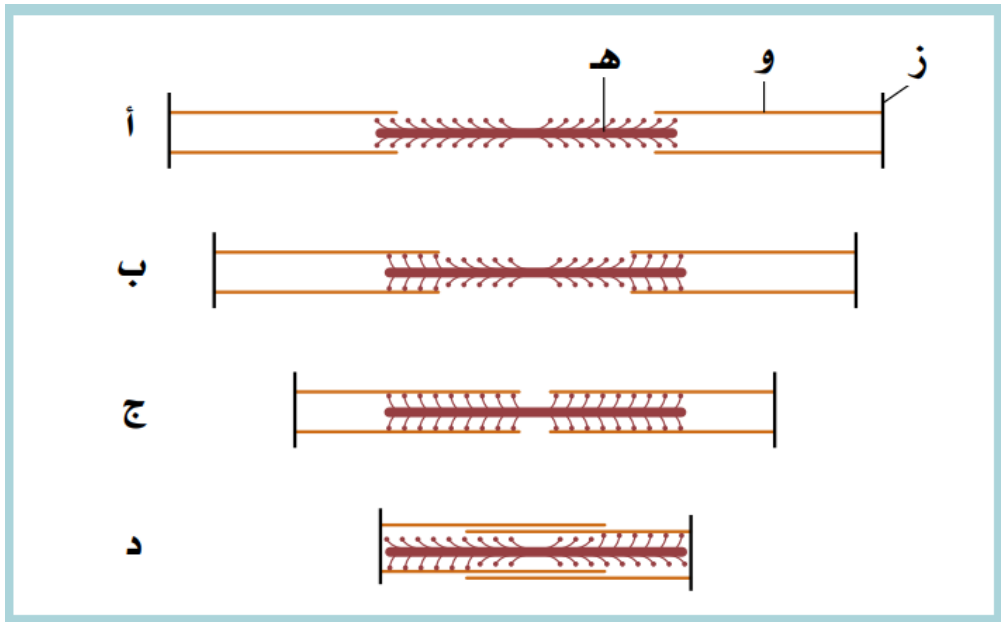
ب. لا يوجد جسور عرضية للأكتين والميوسين لأن العضلة في حالة انبساط،

تغطي جزيئات التروبونين والتروبوميوسين مواقع الارتباط على الأكتين أو الخيوط الرفيعة،

لا يمكن أن يرتبط الميوسين بالأكتين لتشكيل جسور عرضية.

أسئلة نهاية الوحدة:

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



ج. في بعض حالات الانقباض تستطيع الألياف العضلية أن تنقبض بقوة أكبر مقارنة بحالات انقباض غيرها. اقترح أي رسم تخطيطي يوضح حالة الانقباض التي يمكنها إنتاج أكبر قوة ممكنة، واشرح أسباب اختيارك لذلك.

ج. الرسم التخطيطي ج،

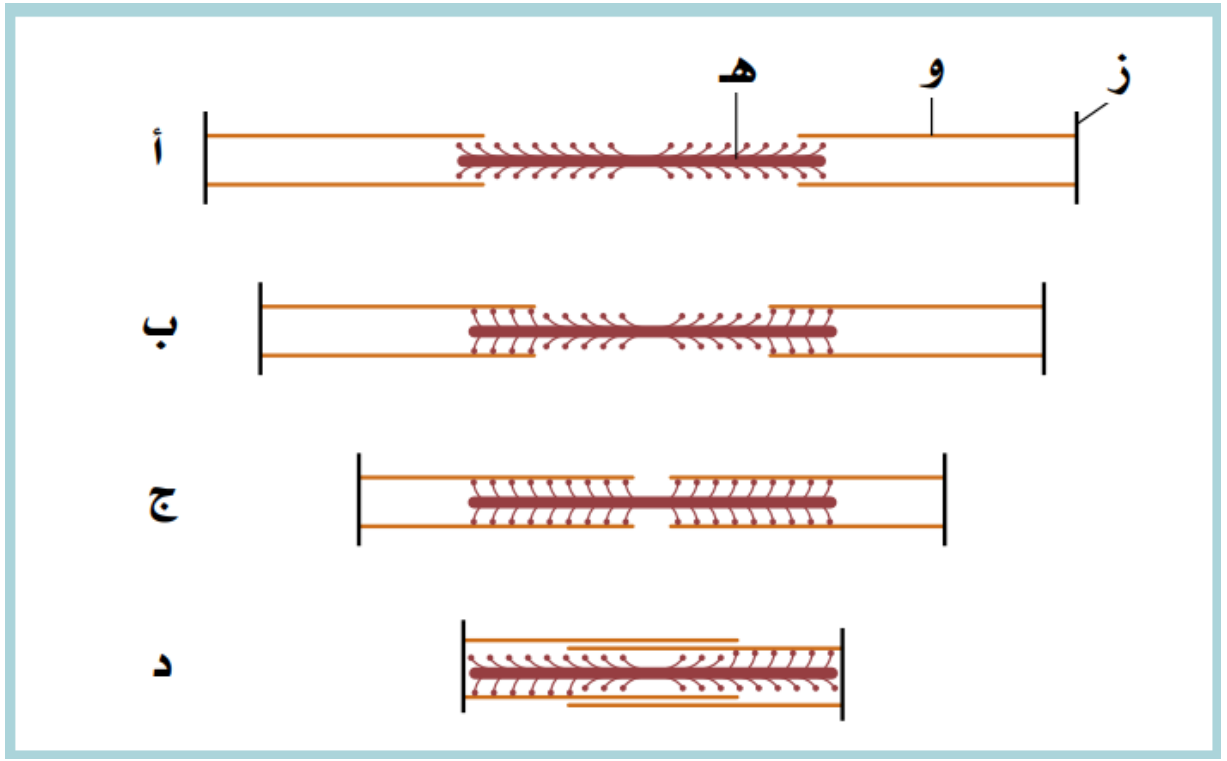
يوضح التداخل الأكبر بين الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة،

يمكن أن يتكوّن الحد الأقصى لعدد الجسور العرضية بين الخيوط السميكة والرفيعة،

فتُحدث حركة رؤوس الميوسين أكبر قوة،

في الحالة الموضحة في الرسم التخطيطي (د)، الكثير من رؤوس الميوسين لا يتصل بالخيوط الرفيعة فوق بعضها.

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



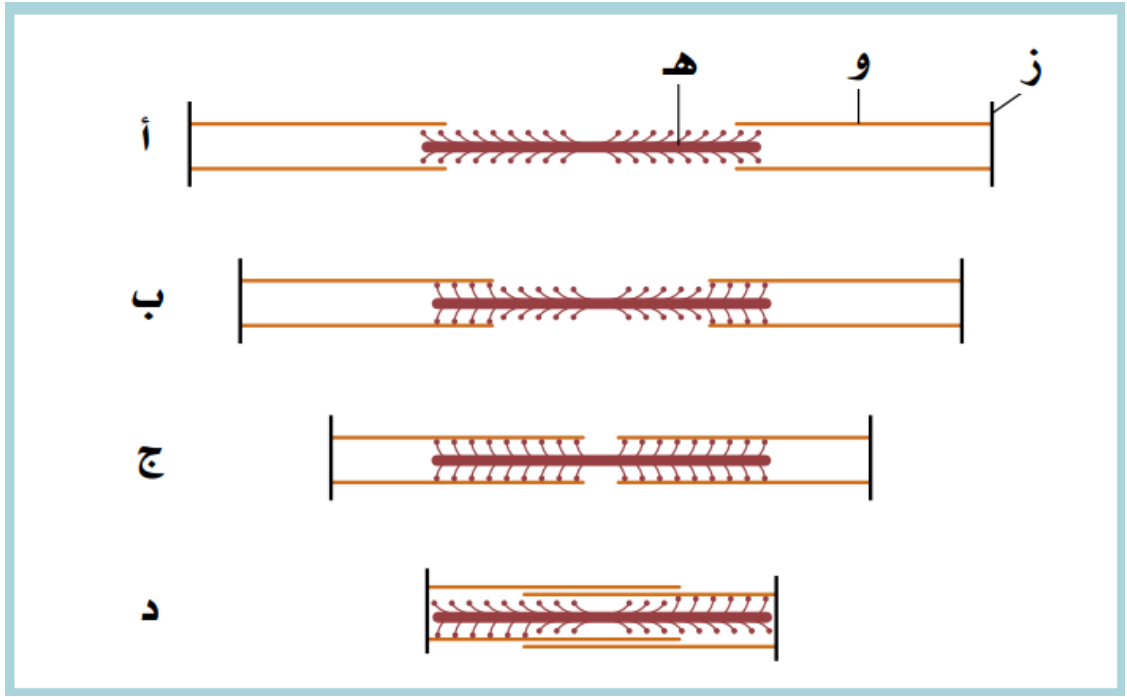
د. لا يمكن للقطعة العضلية أن تقصر أكثر من ذلك من دون تكوّم الخيوط السميكة والرفيعة فوق بعضها.

لا يمكن للخيوط الرفيعة أن تتحرك بالقرب من بعضها أكثر من ذلك / وصلت الخيوط السميكة إلى الخط (القرص) Z.

د. اشرح سبب عدم قدرة القطعة العضلية الموضحة في الرسم التخطيطي (د) على الانقباض أكثر.

أسئلة نهاية الوحدة

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



هـ. ١. يمكن لرؤوس الميوسين تحريك الخيوط الرفيعة في اتجاه واحد فقط. وهي مرتبة بحيث إنها تسحب الخيوط الرفيعة قرب بعضها ما يجعل القطعة العضلية أقصر.

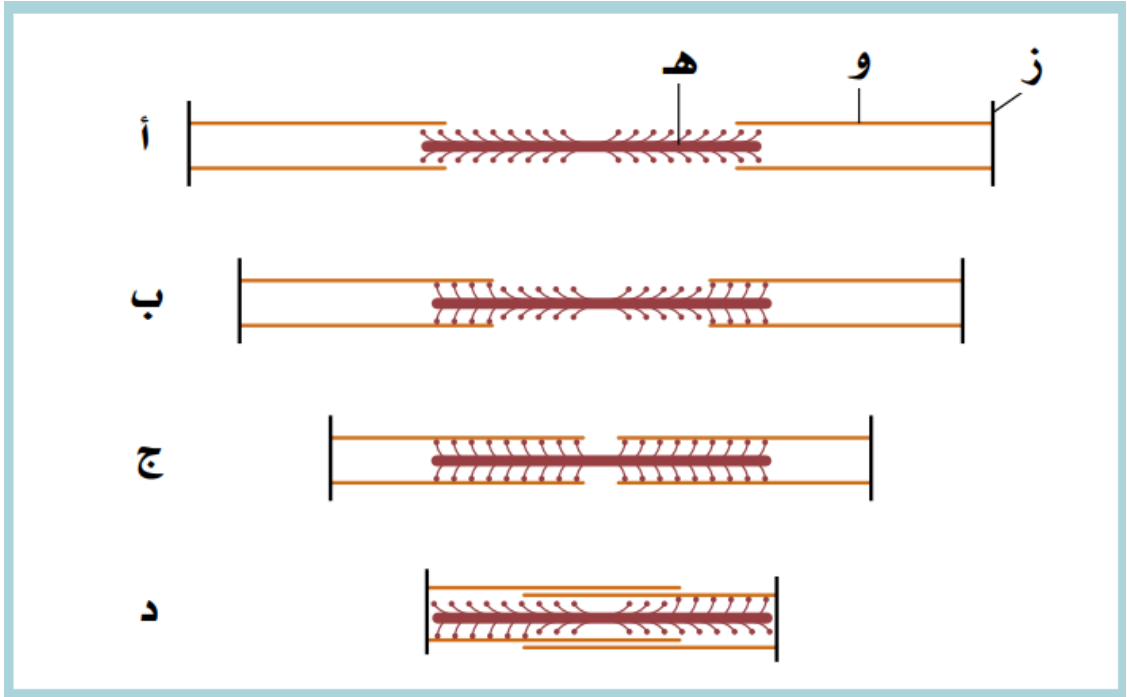
لا يمكنها سحب (أو دفع) الخيوط الرفيعة في الاتجاه الآخر.

هـ. يمكن للعضلة أن تنقبض بقوة، لكنها لا تستطيع سحب نفسها إلى طولها الأصلي كما كانت في حالة الانبساط.

1. بالإشارة إلى آلية انقباض العضلات، اشرح سبب ذلك.

أسئلة نهاية الوحدة

تُظهر الرسوم التخطيطية الآتية جزءا من قطعة عضلية في حالات مختلفة من الانقباض.



هـ. يمكن للعضلة أن تنقبض بقوة، لكنها لا تستطيع سحب نفسها إلى طولها الأصلي كما كانت في حالة الانبساط.

٢. اقترح كيف يمكن إرجاع القطعة العضلية في الرسم التخطيطي (د) إلى الحالة الموضحة في الرسم التوضيحي (أ).

٢. تترتب معظم عضلات الهيكل العظمي في أزواج متضادة. ويؤدي انقباض عضلة منهما إلى سحب العضلة الأخرى، ما يؤدي إلى استطالة القطع العضلية فيها. تنزلق الخيوط الرفيعة متجاوزة الخيوط السميكة لينتج تداخل أقل بينهما (أو تصبح الحزمة ا أكثر عرضًا /اتساعًا/امتدادًا).

على سبيل المثال، عندما تنقبض العضلة ذات الرأسَين وتقصر، يمكن سحبها مرة أخرى إلى حالتها الأكثر طولًا عن طريق انقباض العضلة ذات الرؤوس الثلاثة.

وهكذا، يمكن إرجاع القطعة العضلية (المنقبضة) في الرسم التخطيطي (د) إلى حالتها الأكثر طولًا الموضحة في (أ) بفعل عمل أزواج العضلات المتضادة.

أخذت خزعة من عضلة في ساق حصان سباق سليم. تم فصل الألياف العضلية بعضها عن بعض وأخذت مقاطع عرضية من أحد هذه الألياف. ثم فحصت هذه المقاطع العرضية باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ. يوضح الشكل الآتي رسوما تخطيطية لثالثة مقاطع عرضية مختلفة من لييف عضلي مأخوذ من ليف عضلي

أ. اشرح الاختلافات بين المقاطع س و ص و ع. يمكنك تنفيذ رسم تخطيطي مع مسمياته لتوضيح إجابتك

٧. أ. توضح الرسوم التخطيطية مقاطع عرضية في قطعة عضلية أو الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة.

يُظهر الرسم (س) خيوط الأكتين أو الخيوط الرفيعة وحدها (**انظر الرسم التخطيطي**)،

يظهر الرسم (ع) التداخل بين الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة (**انظر الرسم التخطيطي**)،

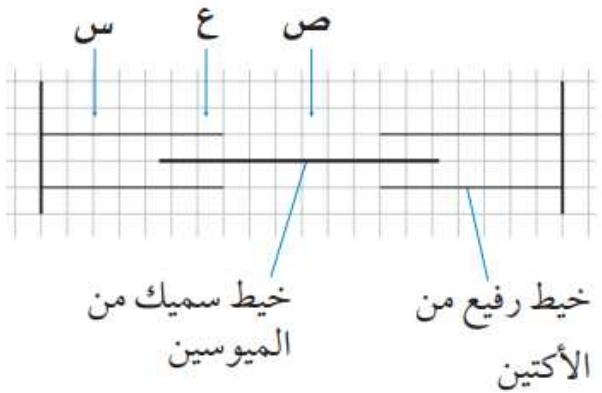
ويُظهر الرسم (ص) خيوط الميوسين أو الخيوط السميكة وحدها (**انظر الرسم التخطيطي**).

والرسم (س) يمثل الحزمة I

والرسم (ع) يمثل الحزمة A (منطقة تداخل الخيوط السميكة مع الحزمة الرفيعة)،

الرسم (ص) يمثل الحزمة H.

يحيط بكل خيط من الخيوط السميكة ستة خيوط رفيعة، وتشكل الخيوط السميكة جسورًا عرضية مع كل من الخيوط الرفيعة.



أخذت خزعة من عضلة في ساق حصان سباق سليم.
تم فصل الألياف العضلية بعضها عن بعض وأخذت مقاطع عرضية من أحد هذه الألياف. ثم فحصت هذه المقاطع العرضية باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ. يوضح الشكل الآتي رسوما تخطيطية لثالثة مقاطع عرضية مختلفة من ليف عضلي مأخوذ من ليف عضلي

ب. تم أخذ المقاطع من ليف عضلي في حالة انبساط. اقترح واشرح كيف ستظهر المقاطع الثلاثة إذا تم أخذها من ليف عضلي انقبض إلى أقصى حد ممكن له.

ب. إذا كانت العضلة في حالة انقباض، فحينئذٍ لا تظهر كل من الحزمة I والحزمة H

لذلك لن يكون هناك مقطع مثل الذي يظهر في الرسم (س) ولا المقطع الذي يظهر في الرسم (ص).

عندما تنقبض العضلة بشكل كامل تصل نهايات الخيوط السميكة بالكامل إلى خطوط أو أقراص Z.