النسيج العضلي
Muscle tissue

- يعتبر النسيج العضلي النمط النسيجي الأساسي الرابع، ويتألف من خلايا طورت قدرتها التقلصية إلى الشكل الأمثل.
- تولد خيوط الأكتين الدقيقة والبروتينات المرافقة الموجودة في الخلايا العضلية القوى الضرورية من أجل تقلص العضلات مؤديةً إلى حركة الدم ضمن أعضاء الأجهزة وحركة الجسم ككل.
- تنشأ كل الخلايا العضلية من الوريقة المتوسطة، ثم تتمايز تدريجياً وتتطاول و تصنع كميات كبيرة من بروتينات خيوط الأكتين والميوزين.

-يمكن تمييز ثلاث أنواع من النسج العضلية على أساس الخصائص الوظيفية والشكلية:

1-العضلات الهيكلية : **Skeletal muscle** تحتوي على حزم من خلايا عديدة نوى طويلة جداً مع تخطيطات عرضانية، ذات سريع، قوي وغالباً تحت التحكم الإرادي.

2-العضلة القلبية : **Cardiac muscle** تملك أيضاً تخطيطات عرضانية، وتتألف من خلايا متطاولة، غالباً متفرعة ومتحدة مع بعضها البعض ببنى تسمى الأقراص المقحمة **intercalated discs** . التقلص هنا غير إرادي، قوي وإيقاعي.

3-العضلات الملساء : **Smooth muscle** : وهي خلايا مغزلية، تغيب فيها التخطيطات العرضانية، وذات تقلصات غير إرادية و بطيئة.

- يحدث التقلص في كل الأنماط نتيجة انزلاق خيوط الميوسين السميكة على طول خيوط الأكتين الرفيعة .

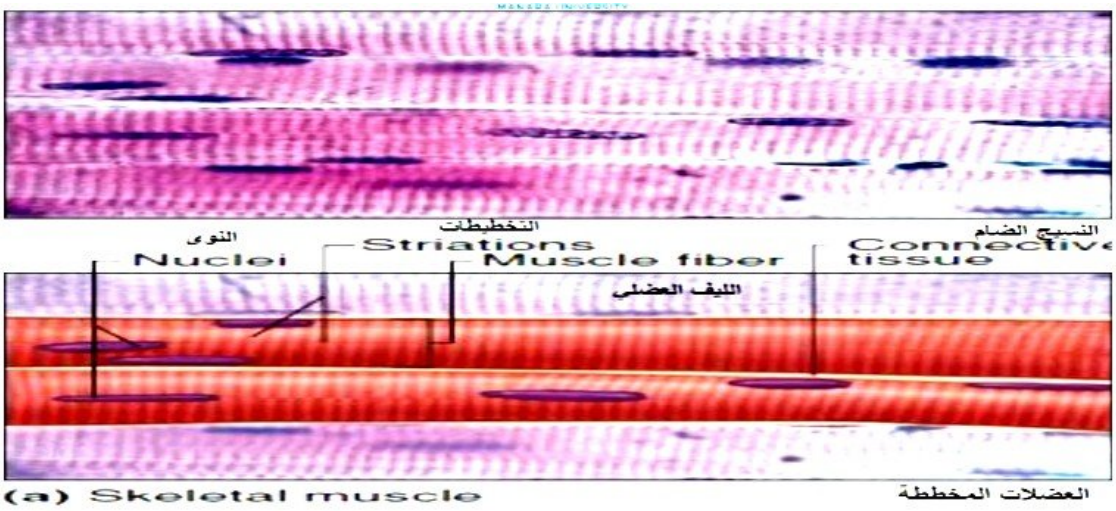
<u>- تسمى العضيات الموجودة في الخلايا العضلية بأسماء خاصة</u>:

فسيتوبلاسما الخلايا العضلية تدعى بالساركوبلاسما **sarcoplasm** . الشبكة السيتوبلاسمية الملساء تدعى بشبكة الساركوبلاسما **sarcoplasmic reticulum**. وغشاء الخلية العضلية وصفيحتها الخارجية تدعى بغمد الليف العضلي الساركو ليما **sarcolemma**

<u>أولاً: العضلة الهيكلية أو المخططة Skeletal (or striated) muscle</u>

تتألف العضلات الهيكلية من خلايا طويلة" تعرف أيضاً بالألياف العضلية" ، اسطوانية ، عديدة النوى ذات قطر 10-100 µm. تتوضع أغلب النوى المتطاولة في المحيط تحت الساركوليما مباشرة.

هناك جمهرة قليلة من خلايا مولدة احتياطية تسمى الخلايا **cells satellite** .



1- تنظيم العضلة المخططة Organization of a Skeletal Muscle

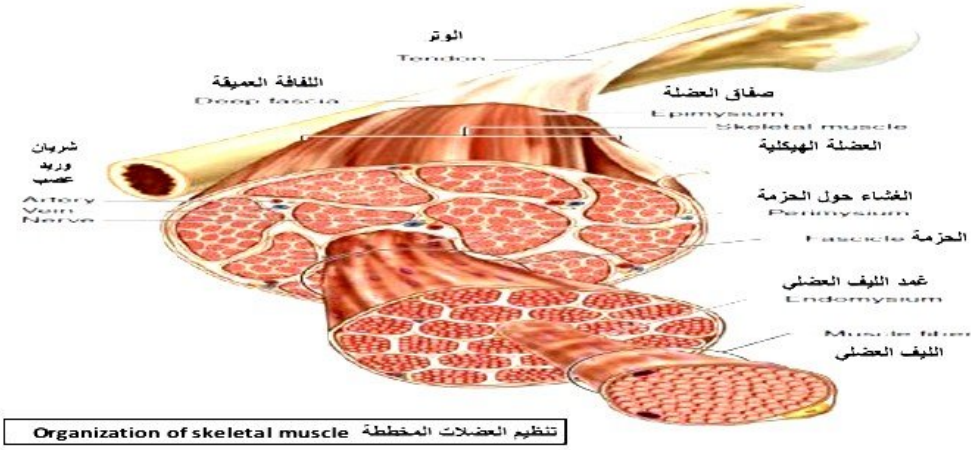
تحاط الألياف العضلية بعدة طبقات من نسيج ضام تساهم في تنظيم بناء العضلة:

1-الصفاق العضلي : **epimysium** : غمد خارجي من نسيج ضام غير منتظم، يحيط بكامل العضلة. تمتد منه حجب باتجاه الداخل حاملة معها الأعصاب الكبيرة، الأوعية الدموية واللمف إلى العضلة.

2-غمد الحزمة **perimysium** : طبقة رقيقة من النسيج الضام تحيط بكل حزمة من الألياف العضلية المسماة بالحزمة.

3-غمد الليف العضلي **endomysium** : طبقة رقيقة من الألياف الشبكية والخلايا الليفية المبعثرة، تحيط بكل ليف عضلي بمفرده.

يقوم الكولاجين في طبقات النسيج الضام بدور ناقل للقوى الميكانيكية المتولدة نتيجة انقباض الألياف العضلية، لأن الخلايا العضلية نادراً ما تمتد على كامل طول العضلة من النهاية إلى النهاية الأخرى.



Organization of skeletal muscle تنظيم العضلات المخططة

2- التنظيم ضمن الألياف العضلية الهيكلية Organization Within Muscle Fibers

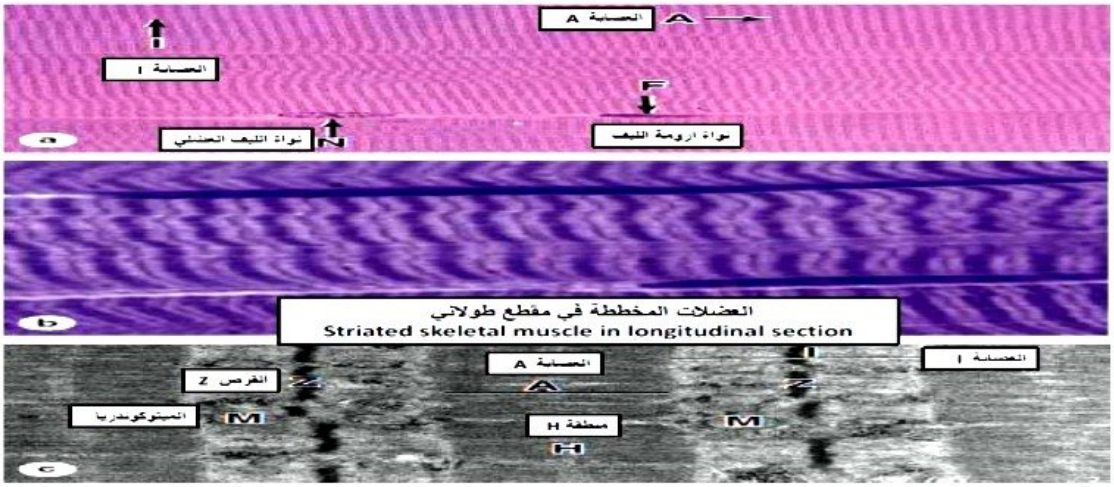
- تكون الساركوبلاسما عالية التنظيم، وتحتوي على حزم من خيوط اسطوانية طويلة تسمى الخيوط أو الليفيفات العضلية **myofibrils** وهي نوعان:

1- الأكتين (الليفيفات الرفيعة) 2-الميوزين (الليفيفات الثخينة).

- تمتد الليفيفات أو الخيوط العضلية بشكل موازي لمحور الليف الطويل.

- في المجهر الضوئي:

تبدي المقاطع الطولانية للعضلات الهيكلية تخطيطات عرضانية متناوبة نيرة وعاتمة، حيث تدعى العصابات العاتمة بالعصابات A bands ،و العصابات النيرة تسمى **I bands**



- في المجهر الالكتروني:

- تبدو كل عصابة نيرة I مقسومة بخط معترض قاتم يسمى قرص بيني (disc Z)

- تسمى **الوحدة الوظيفية** لجهاز التقلص في contractile apparatus في الخلية العضلية **بالقسيم العضلي الساركومير sarcomere** ويمتد من قرص **Z** إلى قرص Z ، ويقيس حوالي 2.5-µm طولاً في العضلة المستريحة.

- تتألف الألياف العضلية من اصطفاف منتظم متتالي للقسيمات العضلية نهاية -نهاية، وهذا الترتيب المنتظم ضمن الألياف العضلية يعطيها المظهر المخطط المميز.

- يعود مظهر الأشرطة A و I في الساركوميرات إلى الترتيب المنتظم لخيوط الميوزين **myosin** السميكة وخيوط الأكتين الرفيعة **F-actin** .

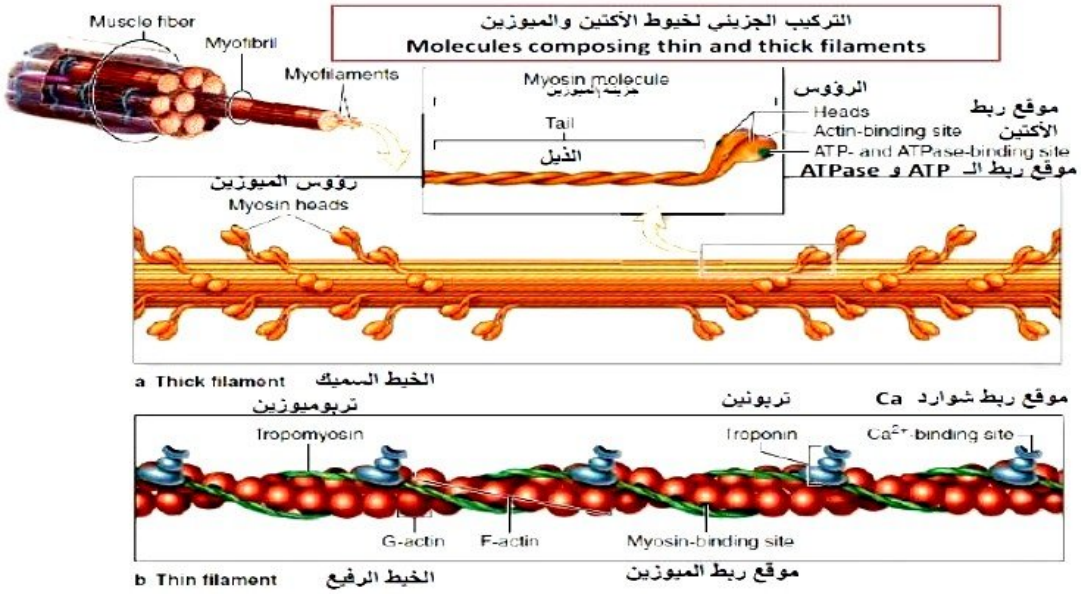
- تتوضع خيوط الميوزين في منتصف القسيم العضلي (**Myosin** بطول 1.6-µm و عرض 15-nm) .

- يعتبر الميوزين معقد كبير (~500 kDa) ويتألف من سلسلتين ثقيلتين متماثلتين و زوجين من السلاسل الخفيفة.

- ترتبط رؤوس الميوزين مع الأكتين وتتشكل جسوراً معترضة مؤقتة مابين الخيوط السميكة والرقيقة، وأيضاً مع – الـ ATP محفزةً إطلاق الطاقة (**actomyosin ATPase activity**) .

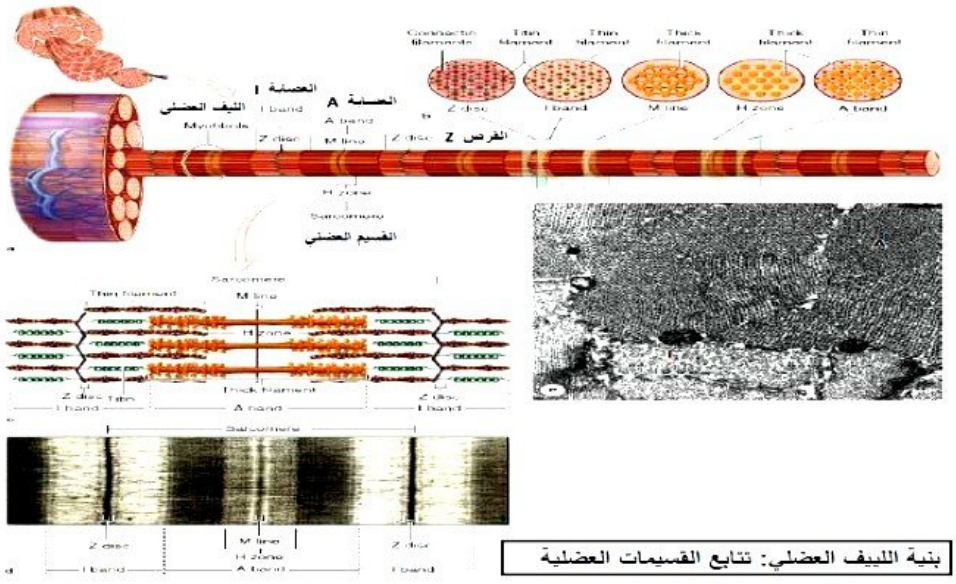
- تصطف عدة مئات من جزيئات الميوزين ضمن الخيط السميك بشكل تتراكب فيه الأجزاء التي تشبه القضبان مع بعضها البعض مع تبارز لرؤوس كروية تتجه باتجاه إحدى النهايات.

-خيوط الأكتين الحلزونية الرقيقة كل منها بطول 1.0-µm وعرض 8-nm وتمر بين الخيوط السميكة.



<u>إن تنظيم مركبات الليف العضلي المهمة هي كالتالي:</u>

- تتألف الأشرطة أو العصبات النيرة I من أجزاء الخيوط الرفيعة غير المتداخلة مع الخيوط السميكة
- تتألف العصابات العاتمة A من الألياف الثخينة والأجزاء المتداخلة معها من الخيوط الرفيعة ، ولذلك تكون قاتمة التلون. تنغرس خيوط الأكتين بشكل عمودي في أقراص Z .
- يظهر في مركز العصابات A منطقة نيرة تدعى H zone وهي منطقة تواجد أجزاء من خيوط الميوزين لوحدها من دون خيوط الأكتين الرفيعة



بنية الليف العضلي: تتابع القسيمات العضلية

3- الشبكة الساركوبلاسمية ونظام الأنيبيبات المعترضة في العضلات الهيكلية System Transverse Tubule

- تدعى الشبكة السيتوبلاسمية الملساء في العضلات الهيكلية بالشبكة الساركوبلاسمية، وهي تحيط أيضاً بالليفات العضلية وتحتوي على مضخات وبروتينات من أجل حصر شوارد الكالسيوم.

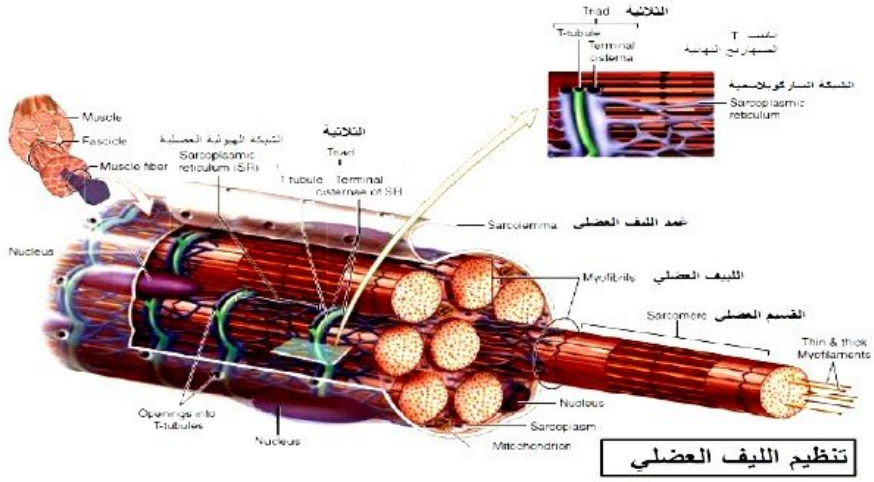
- عند تنبيه العصب المحرك يحدث إزالة استقطاب للغشاء و تحرير الكالسيوم من صهاريج الشبكة الساركوبلاسمية عبر الأقنيةvoltage-gated Ca2+ channels

- يتم تحرير متواقت لشوارد الكالسيوم عبر كل الألياف العضلية وبالتالي حدوث انقباض متزامن في كل الألياف العضلية

<u>هناك مايسمى بالثلاثية triad T ،تتألف هذه الثلاثية من:</u>

1- انغمادات انبوبية للغشاء السيتوبلاسمي تدعى بالأنيبيبات المعترضة transverse or T tubules، حيث تمتد عميقاً في الساركوبلاسم وتحيط بكل ليف عضلي.

2 - صهاريج انتهائية **terminal cisternae** من الشبكة الساركوبلاسمية تمتد إلى جانبي الانغمادات السابقة.



تنظيم الليف العضلي

4- تعصيب العضلات الهيكلية Innervation

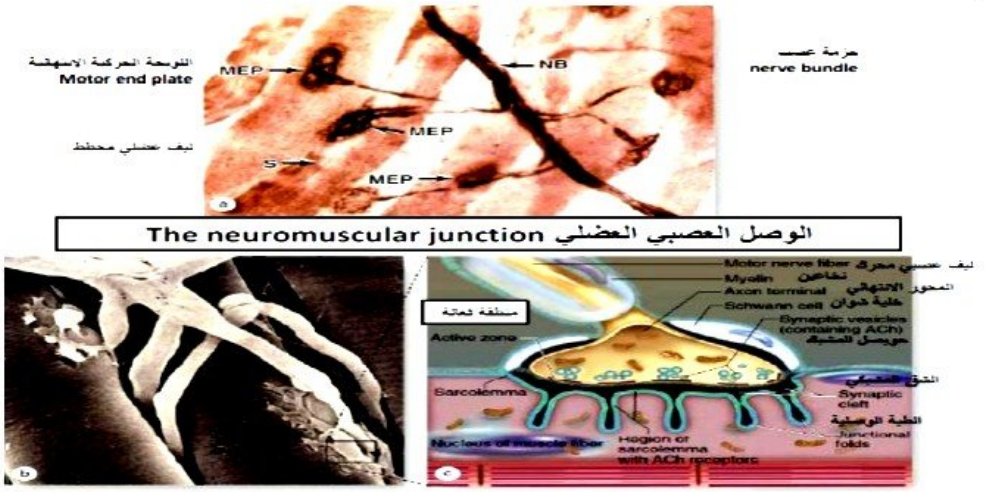
- تتفرع الأعصاب المحركة المغمدة بالنخاعين ضمن الصفاق العضلي، لتعطي فيما بعد تفرعات عديدة غير مغمدة تمر عبر غمد الليف العضلي لتشكل مشابك مع كل ليف عضلي.

- تحيط خلايا شوان بتفرعات للمحور العصبي الصغيرة وتغطي نقاط تماسها مع الخلية العضلية؛ ومن ثم تتحد صفيحتها الخارجية مع غشاء الخلية العضلية.

- تتوسع تفرعات المحور العصبي الانتهائية لتتوضع ضمن وهدات موجودة على سطح الخلية العضلية، وتسمى هذه البنية باللوحة المحركة الانتهائية **motor end plates (MEP)**، وهي جزء من المشابك العصبية العضلية.

- تحتوي نهايات المحور العصبي على ميتوكوندريا وأعداد هائلة من حويصلات تحوي على ناقل عصبي (الأستيل كولين).

- يتواجد مابين المحور العصبي والعضلة الشق المشبكي . ويبدي الغشاء الخلوي العضلي طيات عميقة، مما يزيد من مساحة المنطقة ما بعد المشبكية وبالتالي يزداد عدد مستقبلات الأستيل كولين عبر الغشائية.



ثانياً: العضلة القلبية Cardiac muscle

- هي خلايا مخططة ذات قطر 15-30 µm وطول 85-120 µm

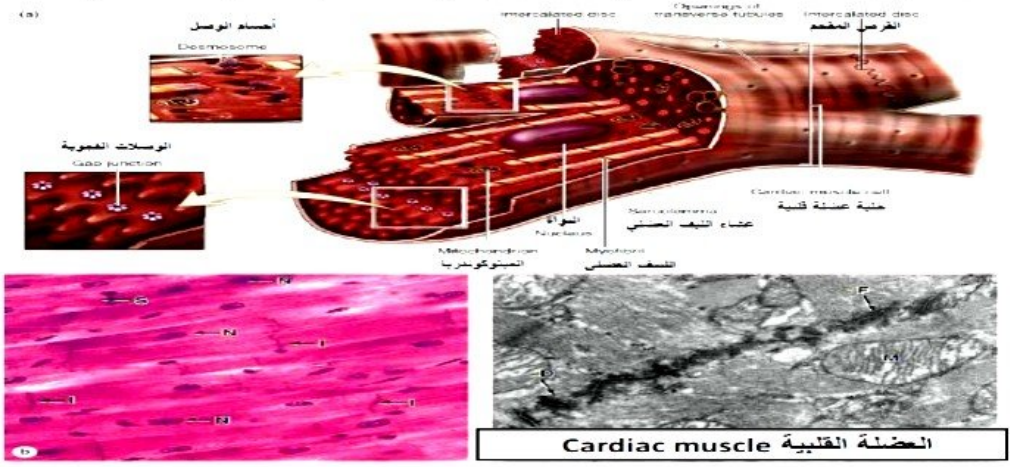
- بخلاف العضلات الهيكلية تمتلك كل خلية عضلية قلبية نواة وحيدة مركزية التوضع.

- يحيط بالخلايا العضلية غمد رقيق مع شبكة غنية من الشعيرات الدموية.

- تتميز الخلايا العضلية القلبية بما يسمى بالأقراص السلمية **intercalated discs** . **حيث** تظهر بشكل خطوط معترضة تعبر الألياف بفواصل غير منتظمة في أماكن اتصال الخلايا، وهي عبارة عن سطوح بينية بين الخلايا المتجاورة وتتواجد فيها العديد من معقدات الوصل.

- تشغل الميتوكوندريا 40 % من حجم الخلية.

- تعتبر الحموض الدسمة الوقود الأساسي للقلب وتخزن في قطيرات ليبيدية على شكل غلسريدات ثلاثية.



ثالثاً: العضلات الملساء Smooth muscles

- تخصصت هذه العضلات بالانقباض المستمر والبطيء تحت تأثير الأعصاب اللاإرادية autonomic nerves والهرمونات المتعددة
- يشكل هذا النوع العضلي المركبة الرئيسية في الأوعية الدموية والأقنية التناسلية، البولية، الهضمية والتنفسية وأعضائها المرافقة .
- هي خلايا متطاولة مستدقة الأطراف وغير مخططة، كل منها محصور بغمد الليف العضلي.
- يتراوح طول الخلايا العضلية الملساء من 20 µm في جدران الأوعية الدموية إلى 500 ميكرون في رحم الحامل
- تمتد الخيوط العضلية السميكة والرفيعة في الخلايا العضلية الملساء بشكل مائل في الساركوبلاسما.