This file has been cleaned of potential threats.

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

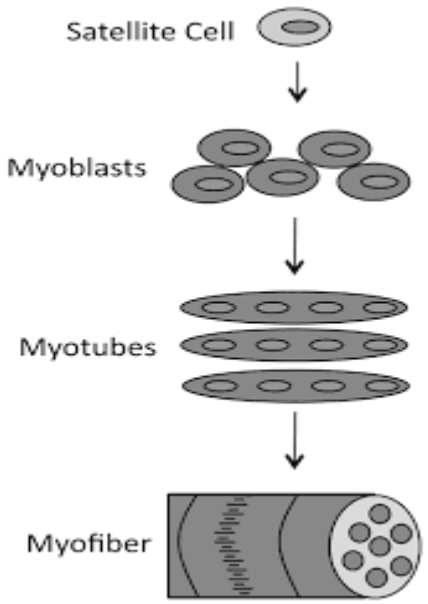
بيولوجيا

الخلية العضلية *Muscle Cell*

كما تعرف بخلية العضلة *myocyte* أو الليف العضلي *muscle fiber* وهي نوع من أنواع الخلايا توجد في نسيج العضلة ، وهي خلايا طويلة أنبوبية الشكل تنشأ وتنمو من الأرومة العضلية لتكوين العضلة.

الأرومة العضلية *Myoblast* هي **(نوع من الخلايا السلفية الجنينية القادرة على إنشاء خلايا العضلات)** ، الأرومات العضلية التي لا تشكل أليافاً عضلية تفقد التمايز لتعود خلايا ساتلية وتبقى تلك الخلايا الساتلية مجاورة للألياف العضلية بين الغشاء الخلوي *sarcolemma* وغمد الليف العضلي *endomysium* (النسيج الرابط الذي يفصل العضلة إلى ألياف منفردة) .

تتكون ألياف العضلة الهيكلية حينما تلتحم الأرومات العضلية ببعضها البعض، ولذا تكون الألياف العضلية متعددة النوى (تنشأ كل نواة من أرومة عضلية منفصلة)، والتحام الأرومات العضلية العضلية خاص بالعضلات الهيكلية مثل العضلة ذات الرأسين العضدية وليس العضلة القلبية أو العضلة الملساء.

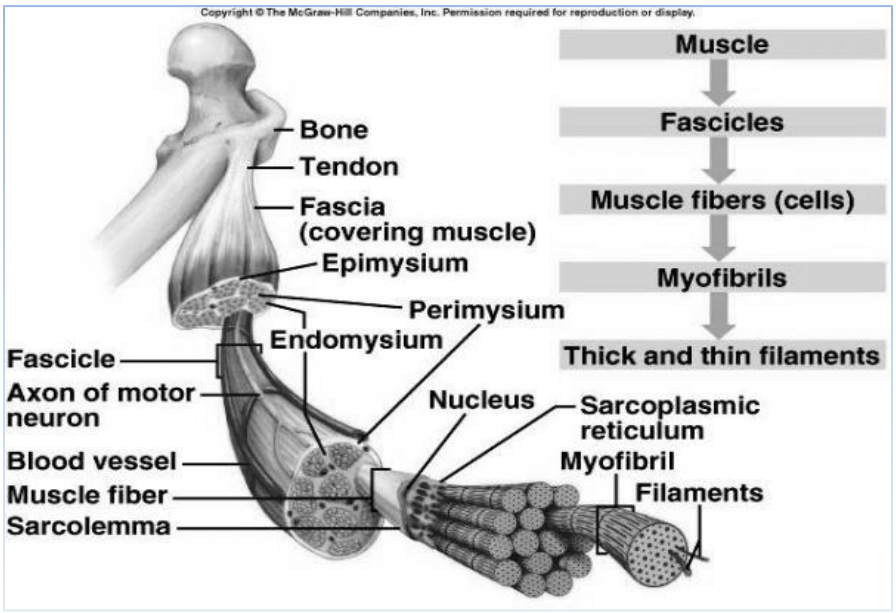


شكل (٢)
مراحل تكوين العضلات فى الانسان

وهناك أشكال عديدة للخلية العضلية منها الخلايا القلبية والهيكلية العظمية والعضلية الملساء ولكل منها خواص متنوعة ، والخلية العضلية القلبية هي المسؤولة عن توليد الدفعات الكهربائية التي تتحكم في معدل ضربات القلب بالاضافة إلى بعض الوظائف الأخرى.

وتتكون الخلية العضلية من مقاطع تسمى ساركوميرات *sarcomerat* تنشأ من بروتينات خيطية متداخلة من الأكتين والميوسين ، حيث تتداخل جزيئات الأكتين والميوسين في بعضها البعض ، فعندما تتداخل جزيئات الأكتين والميوسين وتقترب من بعضها البعض تقصر المسافة بينهما وتنقبض العضلة ، أما عند ابتعاد جزيئات الأكتين عن خيوط الميوسين فتترتخي العضلة .

كل مجموعة من الخلايا العضلية تكون حزمة ليفية عضلية وهي بالتالي قابلة للتقلص والتمدد ، ويستخدمها الكائن الحي في تحريك جسده بشكل ارادي مثل عضلات الجهاز العظمي ، كما توجد أنواع من الخلايا العضلية تتحرك بشكل لاارادي في القلب والجهاز الهضمي والأمعاء وغيرها من الأجهزة الضرورية لبقاء الكائن الحي ، وتتميز الخلايا العضلية القلبية بقدرتها على انتاج النبضات الكهربية التي تنظم عمل القلب.



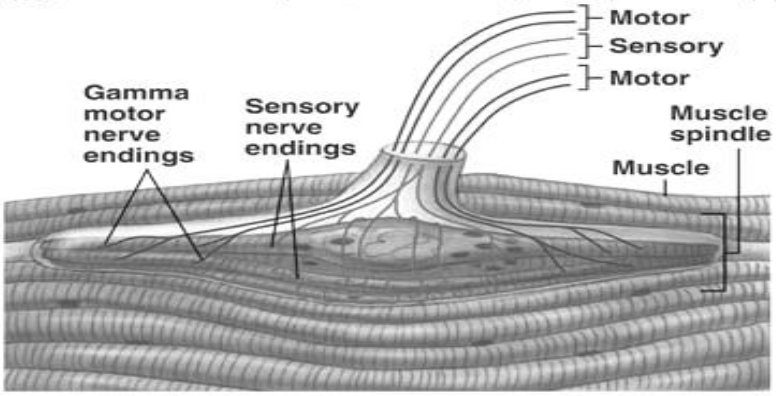
شكل (٣)
الانسجة المكونة للعضلات

تتصل الخلايا العضلية بأطراف خلايا عصبية تحثها على الانقباض أو الاسترخاء ، كذلك تمتد إليها اوعية دموية لتمدها بالأكسجين والغذاء والطاقة (كربوهيدرات).

وتُحاط الليفة العضلية الأحادية بغمد الليف العضلي *endomysium* والتي تعني حرفيا "ضمن العضلة أو داخلها" وهو **(طبقة هشة من نسيج ضام فجوي يغلف ويغمد كل خلية عضلية منفردة أو ليف عضلي وهو يحتوي أيضا على شعيرات دموية وأعصاب)** ، وفي داخل الخلية العضلية تتصل الليفات العضلية ببعضها البعض بغمد الليف العضلي فتشكل مايسمى بالحزم ، ثم تتحد تلك الحزم التي تكون بدورها نسيجاً عضلياً .

وينتشر المغزل العضلي*Muscle spindles* على طول العضلة ويزود الجهاز العصبي المركزي بالمعلومات والتغذية الرجعية الحسية ، والمغازل العضلية هي عبارة عن **(مستقبلات حسية توجد في باطن العضلة والتي تكشف في المقام الأول التغيرات في طول العضلة وتعمل على نقل معلومات عن طول العضلة الى الجهاز العصبي المركزي عن طريق الخلايا العصبية حيث يمكن معالجة هذه المعلومات من قبل المخ لتحديد موضع أجزاء الجسم)** ، وتلعب المغازل العضلية دوراً هاماً كذلك في تنظيم انقباض العضلات عن طريق تنشيط الخلايا العصبية الحركية بواسطة (منعكس الشد) لمقاومة شد العضلات حيث يلعب دوراً في تطاول المغزل العضلى .

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



شكل (٤)
المغازل العضلية

أ- أنـواع الخـلايا العضـلية :

هناك ثلاثة أنواع من الخلايا العضلية :

١- **خلايا العضلات الهيكلية:** أو العضلات الإرادية وتوجد على وحول الهيكل العضمي وتتصل به بواسط الأوتار، وتستخدم في الحركة وحفظ التوازن ، رغم أن التوازن لا يعتبر حركة ارادية تماماً، تشكل هذه العضلات نحو ٤٠-٥٠٪ من وزن الذكور البالغين و ٣٠-٤٠٪ من وزن الاناث.

٢- **خلايا العضلات الملساء** : أو العضلات الإرادية وتوجد داخل جدران الاعضاء والأجهزة مثل المريء والمعدة والامعاء والأوعية الدموية، وعلى عكس العضلات الهيكلية فإن العضلات الملساء ليست تحت ارادة الكائن الحي .

٣- **خلايا عضلة القلب** : ورغم أنها عضلة لإرادية الا انها اشبه بالعضلات الهيكلية.

العضلات الهيكيلية كذلك تنقسم إلى نوعين هما الخلايا العضلية الحمراء أو بطيئة الأكسدة وبطيئة التقلص وهي التي تمنح العضلات اللون الأحمر وهي تقوم بإنتاج الطاقة هوائياً ، ويزداد فيها نسبة الهموجلوبين والميتوكندريا وتنقل الانزيمات المحللة للسكر، والنوع الاخرى هى الخلايا العضلية البيضاء أو سريعة الاكسدة .

جدول (١)
مقارنة بين العضلات الهيكلية والملساء والقلبية

أوجه المقارنة	العضلات الهيكلية	العضلات الملساء	العضلات القلبية
أماكن تواجدها	تكسو العظام من الخارج وبعضها يتصل بالهيكل العظمي	في الأحشاء	في القلب
تركيبها	حزم متوازية مخططة يتجمع في ليفات من خيوط الأكتين الرفيعة والميوسين الغليظة	غيرمخططة، غير مرتبة في حزم ، لا ترتبط بالعظام وخلاياها مغزلية الشكل، وحيدة النواة	خلايا عضلية أسطوانية مخططة وحيدة النواة، متفرعة ، ترتبط مع بعضها بالقرص البيني
سرعة انقباضها	تنقبض بسرعة	تنقبض ببطء	متوسطة السرعة في انقباضها
الجهاز المسيطر عليها	الأعصاب الحركية في الدماغ	الجهاز العصبي المركزى	الجهاز العصبي المركزى والطرفى

ب- التغذية العصبية للعضلات :

يوجد بين كل أنواع العضلات الهيكلية والملساء وعضلة القلب اختلافات كثيرة ، ولكن جميع الانواع تعتمد على انزلاق خيوط الاكتين بالنسبة إلى الميوسين من اجل إجراء التقلص حسب نظرية (الانزلاق الخيطى) ، في العضلات الهيكلية والملساء يتم الانقباض بتحفيز النبضات الكهربائية التي ترسلها الأعصاب ، أما في عضلة القلب فيتم الانقباض بتحفيز الخلايا الداخلية بانتظام عن طريق العقدة الجيبية الأذينية *Sinoatrial node* وهي النسيج المولد للاشارات المحفزة لضربات القلب أي المنظم لنبض القلب، وهي مجموعة خلايا تقع في جدار الأذين الأيمن قرب مدخل الوريد الأجوف العلوي ، هذه الخلايا هي خلايا عضلية قلبية معدلة لا تتقلص، وإنما تقوم بتوليد الشارة المحفزة للقلب بشكل دوري يتراوح ما بين ٦٠-١٢٠ مرة في الدقيقة بحسب العمر أثناء الراحة الجسدية.

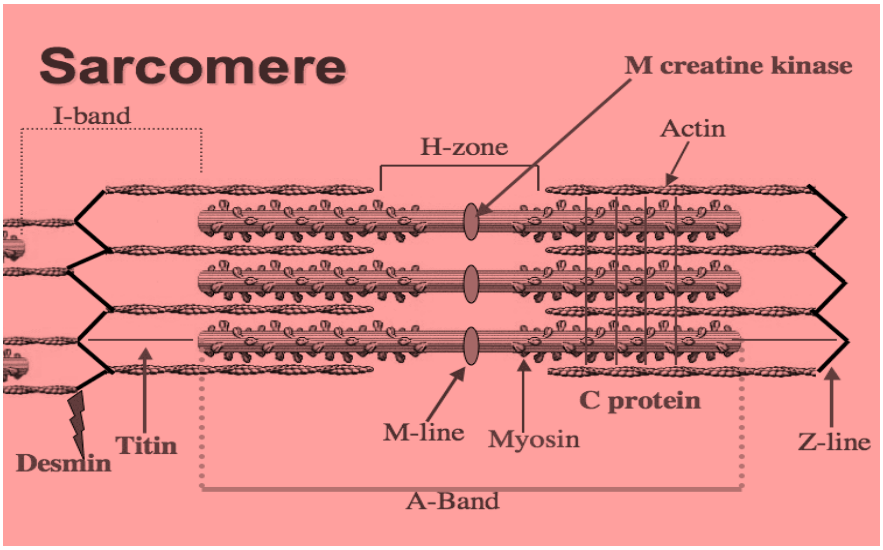
وتبدء الاشارة العصبية من المخ وتنتقل الى الحبل الشوكي الذى ينقسم إلى فرعين ظهري وبطني ، ويخرج من الفرع البطني للحبل الشوكي ألياف عصبية أو محاور لخلايا عصبية حركية ، يتصل المحور الواحد بمجموعة من الألياف العضلية التي يختلف عددها حسب حجم العضلة ونوع الحركة المطلوبة منها، اما الفرع الظهرى للحبل الشوكى فيقوم بنقل الاشارات العصبية الواردة من الاعصاب الحسية الى المخ .

عند تنبيه أحد المحاور أو الخلية العصبية الحركية بمنبه قوي فإن كل الألياف العضلية المرتبطة بذلك المحور تنقبض معاً وبأقصى ما لديها ونستطيع زيادة قوة انقباض العضلة بزيادة أعداد الألياف العضلية المشاركة في الانقباض إلى أن تشارك ألياف العضلة جميعها بالانقباض وهنا يصل انقباضها إلى حده الأقصى.

- التغيرات البيولوجية للعضلات عند التنبية العصبى :

١- يتحرر الناقل الكميائى الأستيل كولين من النهايات العصبية.
٢- يرتبط الأستيل كولين بمستقبلاته على الغشاء البلازمي لليف العضلي.
٣- تزداد نفاذية الغشاء للأيونات.
٤- تنتج حالة ازالة الاستقطاب في غشاء الليف العضلي بنفس الطريقة التي تمت عند تنبيه العصب.
٥- يشكل إزالة واعادة الاستقطاب جهد فعل ينتشر على طول الليف العضلي وعبر انغمادات غشائية تدعى الأنيبيبات المستعرضة تمتد بين الليفات العضلية وتصل إلى مقربة من مخازن الكالسيوم في الشبكة الإندوبلازمية مما يؤدي إلى تحرر الكالسيوم منتشراً بين الخيوط العضلية البروتينية مؤدياً إلى انقباضها.
٦- نتيجة لحدوث المؤثر يرتبط التروبونين *Troponin* ببروتين اخر يسمى التروبومايوسين *tropomyosin* الذي يتواجد بين الالياف العضلية داخل العضلات .
التروبونين : هو عبارة عن بروتين يقوم بتنظيم عملية انقباض العضلات ويوجد في العضلات القلبية والهيكلية ولا يوجد في العضلات الملساء.
التروبومايوسن : هو عبارة عن بروتين يقوم بمنع اتصال الميوسين بالاكتين في حالة ارتخاء العضلة ، اما في حالة تحفز العضلة للإنقباض عبر قنوات الكالسيوم وجهد الفعل *action potential* ، فتظهر مواقع اتصال الاكتين بالميوسن عبر ارتباط الكالسيوم بالتروبونين وتحدث عملية الإنقباض ، بمعنى اخر يساعد التروبونين في عملية انقباض العضلات عبر ارتباطه بالكالسيوم وهذا يؤدي الى ابعاد التروبومايوسن عن مواقع اتصال الاكتين بالمايوسن.
٧- طول خيوط الميوسين السميكة يبقى ثابتاً أثناء الانقباض والراحة بينما يقصر طول القطعة العضلية ويقترب خطا Z من بعضهما عند الانقباض، بينما ويزداد طول القطعة العضلية ويبتعد الخطان عن بعضهما في حالة الانبساط.
٨- خيوط الأكتين الرفيعة تنزلق على خيوط الميوسين الغليظة مقربة خطي Z من بعضهما مسببة قصر القطعة العضلية وبالتالي قصر العضلة بأكملها.

تنزلق الخيوط الرفيعة والسميكة على بعضها في أثناء الانقباض فقط ولا يحدث ذلك في أثناء الانبساط والسبب في ذلك يعود إلى ايونات الكالسيوم ، فعند صدور أمر بالحركة يؤدي إلى حدوث جهد فعل وهذا يؤدي إلى تحرير أيونات الكالسيوم التي تسبب ارتباطاً مباشراً بين الجسور العرضية للميوسين وخيوط الأكتين ، ونظراً لقدرة الجسور العرضية على الانثناء نحو وسط القطعة العضلية (منطقة H) فإن هذه الجسور تسبب سحب خيوط الأكتين معها نحو وسط القطعة العضلية ويحدث بذلك الانزلاق.



شكل (٥)
نظرية الانزلاق الخيطى

ج- الظواهر البيولجية بالعضلات :

١ – استهلاك الطاقة أثناء نشاط العضلة :

تحتاج العضلة إلى الطاقة في كل من الخطوات الاتية :

أ– تكرار انثناء الجسور العرضية لإحداث انزلاق معقول وتكراره يتطلب فصل الارتباط بين الجسر العرضي والأكتين، ثم إعادة ارتباطه بموقع جديد على خيط الأكتين ، حيث تحتاج عمليتا الفصل وإعادة الارتباط إلى استهلاك جزيء واحد من ATP .

ب– إعادة ضخ أيونات الكالسيوم نحو الشبكة الإندوبلازمية عند زوال المنبه وقبل حدوث الارتخاء تحتاج إلى طاقة ATP ويعد هذا نوعاً من النقل النشط.

٢ – مصدر الطاقة في العضلة :

أ– تحتوي العضلة عادة على كمية قليلة من **جزيئات ادينوسين تراى فوسفات ATP** وهي المصدر المباشر لانقباض العضلة وهذه الكمية لا تكفي إلا لبضعة انقباضات ، ولكن هناك مصادر أخرى للطاقة منها :

ب– فوسفات الكرياتين(*Creatine Phosphate CP*): وهو مصدر سريع لتزويد العضلة بالطاقة يكف لمدة ثوانٍ فقط، وأثناء الراحة يصبح تركيز فوسفات الكرياتين CP خمس مرات قدر تركيز ATP .

ج– الجلايكوجين: يتحطم الجلايكوجين بواسطة أنزيمات متعددة ويعطي سكر الجلوكوز الذي يتأكسد ويتحلل في عملية (الفسفرة التأكسدية) ليعطي ATP 38 حيث تزود العضلة بالطاقة من ٥–١٠ دقائق من التمرين.

أما في عملية (التخمر) فيتحلل الجلايكوجين ليعطي 2ATP فقط، وتلجأ العضلة إلى عملية التخمر عندما تكون الانقباضات متتالية وسريعة وكمية الأكسجين غير كافية لإتمام عملية الفسفرة التأكسدية، نتيجة

ذلك يتراكم حمض اللاكتيك في العضلة مسبباً حالة تعرف بـ (التعب العضلى) لأن الحموضة الزائدة الناتجة من تراكم حمض اللاكتيك تؤدي إلى انقاص القوة التي تولدها انثناءات الجسور العرضية ، وباستراحة بسيطة يمكن أن تنقبض العضلة إذا ما نبهت حيث يستهلك حمض اللاكتيك لبناء جلايكوجين وفوسفات الكرياتين من جديد.

٣- التشنج العضلي :

فى حالة نقص كمية ATP تبقي الجسور العرضية مرتبطة بمكان واحد من الأكتين مما يؤدي إلى استمرار انقباض العضلة وهذا ما يعرف بالتشنج العضلي.

٤- عمل العضلة :

يعتبر ثني الساعد عملية مزدوجة تنقبض فيها العضلة ذات الرأسين وتنبسط العضلة ذات الثلاثة رؤوس في نفس الوقت، وبسط الساعد عملية مزدوجة أيضاً فتنقبض فيها العضلة ذات الثلاثة رؤوس وتنبسط العضلة ذات الرأسين ، ذلك هو سر عمل معظم عضلات الجسم فهي تعمل مثنى أو في مجموعات سواء في ذلك عضلات الساقين أو عضلات الأصابع أو العضلات الست التي تحرك مقلة العين فلا توجد عضلة تعمل على انفراد، فإن أبسط حركة تستدعي نشاط مجموعات بأكملها من العضلات، وقد يكون بعضها بعيداً عن مكان الحركة، ومثال على ذلك عندما تشد الحبل تجد أن عضلات الساق والظهر وأصابع القدم تشارك مع عضلات الذراعين، عندما تنقبض العضلة تقصر في الطول ولكنها تزداد سمكاً في الوسط وذلك يحدث في الألياف العضلية وبذلك تظهر في العضلة بأكملها ولذلك تتضخم العضلة ذات الرأسين .

٥- الأمراض :

تشمل أعراض أمراض العضلات الضعف العضلى، الشلل التشنجي، اجراء التشخيص يمكن أن يكشف أمراض واضطرابات العضلات مثل قياس مستويات انزيم الكيراتين في الدم والعضلات وقياس النشاط الكهربائي في العضلات، بالاضافة إلى لاختبارات الجينية لتحديد الحمض النووي المسبب لحدوث التشوهات المختلفة بالعضلات.

هناك العديد من الأمراض والظروف التي تسبب انخفاض في قوة العضلات والمعروفة باسم ضمور العضلات تشمل على سبيل المثال السرطان والإيدز، أثناء الشيخوخة يحدث انخفاض تدريجي في القدرة على المحافظة على وظيفة العضلات الهيكلية، السبب الدقيق لهاغير معروف لكنها أمر طبيعي كجانب من جوانب الشيخوخة وليست في الواقع حالة مرضية.

٦- قلة النشاط البدني والخمول:

الخمول وسوء التغذية في الانسان والفترات الطويلة من الثبات والسكون تؤدي إلى ضعف وضمور العضلات الهيكلية يرافقه صغر حجم وعدد خلايا العضلات وكذلك انخفاض المحتوى من البروتين، كما في حالة الغيبوبة وفي حالات رواد فضاء السابحين في الفضاء .