

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

5fd43120723fb64c07fc22a3a22c9100066a6e191482ff334e935b0f6fdc8f6f

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

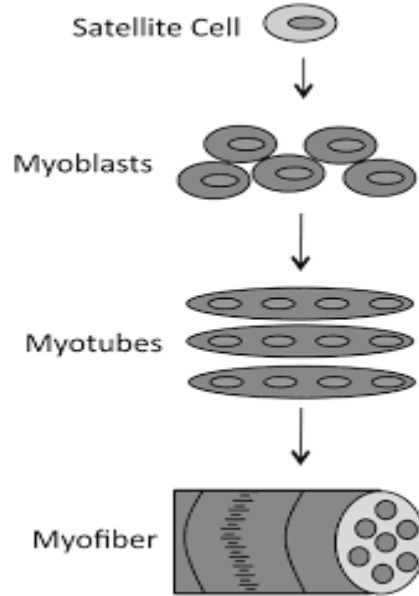
بيولوجيا

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 لخلايا 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.



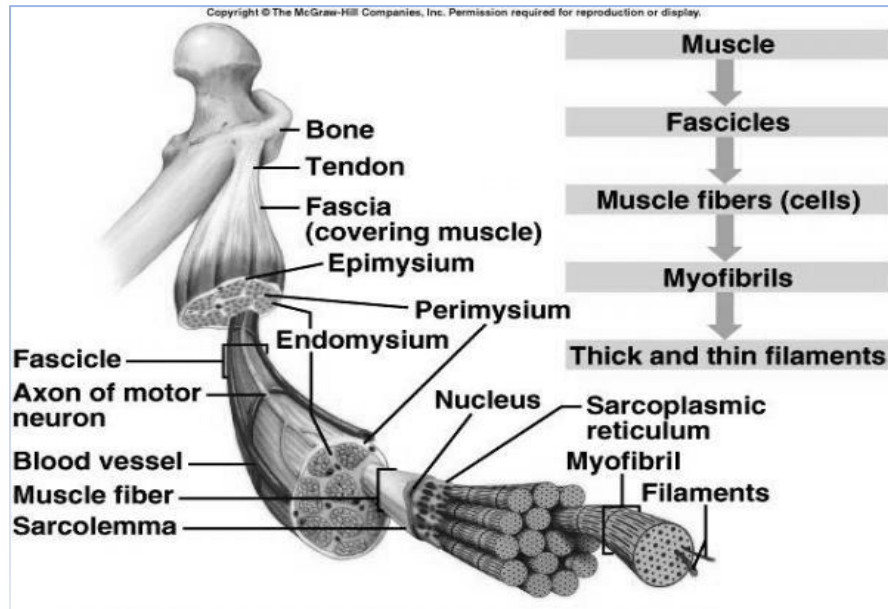
شكل (٢)

مراحل تكوين العضلات في 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 بالإضافة 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 وتقرب من بعضها البعض تقصر المسافة بينهما وتقبض العضلة ، أما عند ابتعاد جزيئات الأكتين عن خيوط الميوسين فتترتخي العضلة .

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



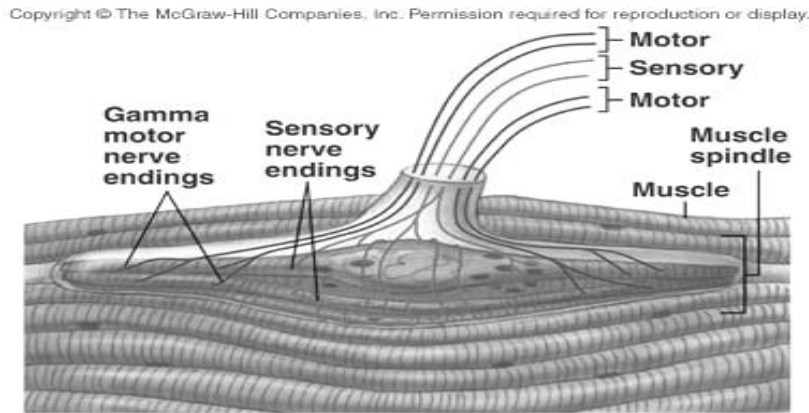
شكل (٣)

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 اللييفة العضلية الأحادية بغمد الليف العضلي *endomysium* والتي تعني حرفياً "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 العضلي .



شكل (٤)
المغازل العضلية

أ- أنواع الخلايا العصبية :

هناك ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية :

١- خلايا العضلات الهيكلية: أو العضلات الإرادية وتوجد على وحول الهيكل العظمي وتتصل به بواسطة 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 الهيكلية كذلك تنقسم إلى نوعين هما الخلايا العضلية الحمراء أو بطيئة الأكسدة وبيئية النقص وهي التي تمنح العضلات اللون الأحمر وهي تقوم بإنتاج الطاقة هوائياً ، ويزداد فيها نسبة الهيموجلوبين والميتوكوندريا وتنقل الانزيمات المحللة للسكر، والنوع الاخرى هي الخلايا العضلية البيضاء أو سريعة الاكسدة .

جدول (1)
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 لبيفات من خيوط الأكتين الرفيعة والميوسين الغليظة	غير مخططة، 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 المركزي	الجهاز العصبي المركزي والطرفي

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 الخيطي) ، 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 للإشارات 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 60-120 مرة في الدقيقة بحسب العمر أثناء الراحة الجسدية.

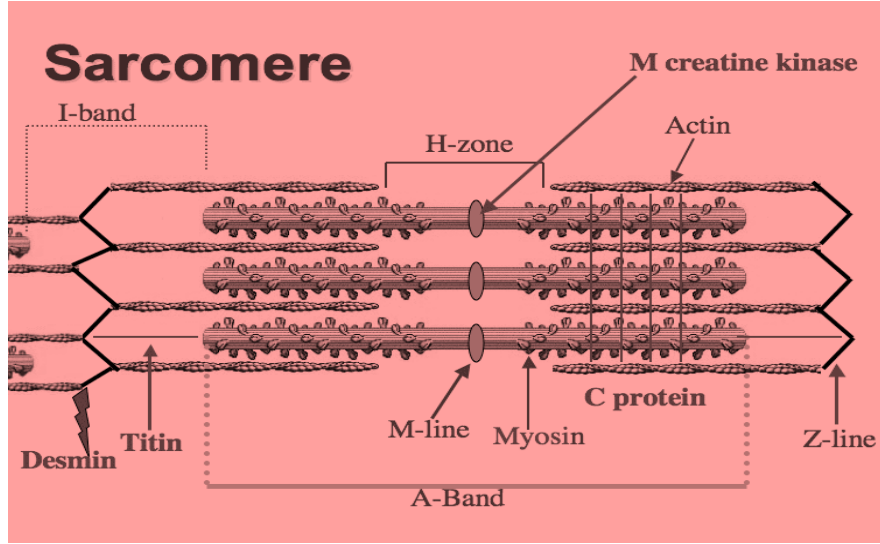
وتبدء الإشارة العصبية من المخ وتنتقل الى الحبل الشوكي الذي ينقسم إلى فرعين ظهري وبطني ، ويخرج من الفرع البطني للحبل الشوكي ألياف عصبية أو محاور لخلايا عصبية حركية ، يتصل المحور الواحد بمجموعة من الألياف العضلية التي يختلف عددها حسب حجم العضلة ونوع الحركة المطلوبة منها، اما الفرع الظهري للحبل الشوكي فيقوم 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 التنبيه العصبى :

- ١- يتحرر الناقل الكيميائي الأستيل كولين من النهايات العصبية.
- ٢- يرتبط الأستيل كولين بمستقبلاته على الغشاء البلازمي للييف العضلي.
- ٣- تزداد نفاذية الغشاء للأيونات.
- ٤- تنتج حالة إزالة الاستقطاب في غشاء اللييف العضلي بنفس الطريقة التي تمت عند تنبيه العصب.
- ٥- يشكل إزالة وإعادة الاستقطاب جهد فعل ينتشر على طول اللييف العضلي وعبر انغمادات غشائية تدعى الأنيبات المستعرضة تمتد بين اللييفات 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 بالاكيتين في حالة ارتخاء العضلة ، اما في حالة تحفز العضلة للإنقباض عبر قنوات الكالسيوم وجهد الفعل *action potential* ، فتظهر مواقع اتصال الاكيتين 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 الاكيتين بالمايوسن.
- ٧- طول خيوط الميوسين السميكة يبقى ثابتاً أثناء الانقباض والراحة بينما يقصر طول القطعة العضلية ويقترب خطا *Z* من بعضهما عند الانقباض، بينما يزداد 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 الخيطي

ج- الظواهر البيولوجية بالعضلات :

١- استهلاك الطاقة أثناء نشاط العضلة :

تحتاج العضلة إلى الطاقة في كل من الخطوات الآتية :

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 جزئي 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 تراي 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- الجللايكوجين: يتحطم الجللايكوجين 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 الجللايكوجين 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 العضلي) لأن الحموضة الزائدة الناتجة من تراكم حمض اللاكتيك تؤدي إلى انقاص القوة التي تولدها انشاءات الجسور العرضية ، وباستراحة بسيطة يمكن أن تتقبض العضلة إذا ما نبهت حيث يستهلك حمض اللاكتيك لبناء جلايكوجين وفوسفات الكرياتين من جديد.

٣- التشنج العضلي :

في حالة نقص كمية ATP تبقى 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 وتتبسط العضلة ذات الثلاثة رؤوس في نفس الوقت، وبسط الساعد عملية مزدوجة أيضاً فتتقبض فيها العضلة ذات الثلاثة رؤوس وتتبسط العضلة ذات الرأسين ، ذلك هو سر عمل معظم عضلات الجسم فهي تعمل مثني 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 العضلي، الشلل التشنجي، اجراء التشخيص يمكن أن يكشف أمراض واضطرابات العضلات مثل قياس مستويات انزيم الكيراتين في الدم والعضلات وقياس النشاط الكهربائي في العضلات، بالإضافة 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 لها غير 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 .