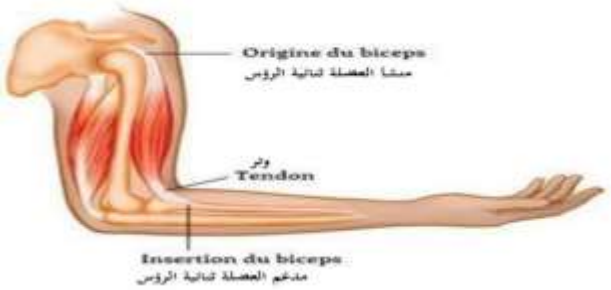
العضلات الهيكلية - Skeletal Muscles

- **العضلات الهيكلية (Skeletal Muscles):** هي عضلات إرادية يمكن التحكم بها بصورة مباشرة، وترتبط بالعظام بواسطة الأوتار، وظيفتها الأساسية هي دعم الجسم والمساهمة في تنفيذ الحركات المختلفة، من الحركات اليومية البسيطة إلى الحركات الرياضية المُعقّدة.
- **التراكيب التشريحية للعضلات الهيكلية:**

تشكل العضلات الهيكلية حوالي ٤٠-٥٠٪ من وزن الجسم الإجمالي لدى الإنسان البالغ، وتتباين هذه النسبة بين الرجال والنساء، إذ نرى ان الرجال يملكون كتلة عضلية هيكلية أكبر بالمقارنة مع النساء، ويؤثر التقدم بالعمر على امتلاك تلك الكتلة العضلية الهيكلية التي تتناقص تدريجياً مما يُفسر عدم قدرة كبار السن على الحركة الدائمة وضعف تلك الحركة، وان اهم المؤثرات الإيجابية التي تعمل على زيادة نشاط العضلات الهيكلية هو ممارسة الرياضة بالاستمرار، تتكون العضلة من جزئين رئيسين كما موضح في الشكل (١) هما:

* **منشأ العضلة:** هو موضع ارتباط العضلة بمفصل العظم وهي نقطة ارتباط قليلة الحركة عند حدوث الانقباض العضلي، على سبيل المثال منشأ العضلة ذات الرأسين العضدية (Biceps Brachii) في لوح الكتف (Scapula).
* **مدغم العضلة:** هو موضع ارتباط العضلة بوساطة الوتر بالعظم وهي نقطة ارتباط متحركة عند حدوث الانقباض العضلي، على سبيل المثال، مدغم العضلة ذات الرأسين العضدية (Biceps Brachii) في عظم الكعبرة (Radius).



الشكل (١)

- **تركيب العضلة الهيكلية:**

١. **الأنسجة الضامة: تعمل الأنسجة الضامة على توفير الدعم والحماية وتربط مكونات العضلة معًا، وتتكون من ثلاث طبقات رئيسية هي:**

* **الغلاف الخارجي (Epimysium):** طبقة نسيج ضام تحيط بالعضلة بأكملها وتوفر لها القوة والحماية.
* **الغلاف المحيط بالحزم العضلية (Perimysium):** طبقة تحيط بكل حزمة عضلية، وتحتوي على الأوعية الدموية والأعصاب.
* **الغلاف المحيط بالألياف العضلية (Endomysium):** طبقة رقيقة جدًا تحيط بكل ليف عضلي منفرد.

٢. **الحزم العضلية:** تتألف العضلة من مجموعات أو حُزَم من الألياف العضلية، وكل حزمة تحتوي على عدة ألياف عضلية متراصة معًا.

٣. **الألياف العضلية:** هي الوحدة الأساسية التي تكوّن العضلة، تتألف من خلايا طويلة أسطوانية الشكل تحتوي على عدة نوى وتُعرف بالألياف العضلية المخططة.

٤. **الأوعية الدموية:** تجهز العضلات بالأوكسجين والمواد الغذائية اللازمة لإنتاج الطاقة، تعمل على التخلص من الفضلات مثل ثاني أوكسيد الكاربون وحمض اللاكتيك.

٥. **الأعصاب:** توفر التنبيه العصبي للعضلات، حيث إن كل عضلة تحتاج إلى إشارة عصبية من الدماغ أو النخاع الشوكي لتبدأ بالانقباض، ترتبط الأعصاب بالعضلات عن طريق الوحدات الحركية (Motor Units).

٦. **الساركوبلازم:** السيتوبلازم الخاص بالخلية العضلية، يحتوي على الغلايكوجين والمايتوكوندريا والشبكة الساركوبلازمية والمايوغلوبين.

٧. **المايتوكوندريا:** تسمى أيضًا محطات إنتاج الطاقة داخل الخلية، مسؤولة عن إنتاج جزيئات ATP اللازمة لانقباض العضلة، خاصةً في الأنشطة التي تعتمد على الطاقة الهوائية.

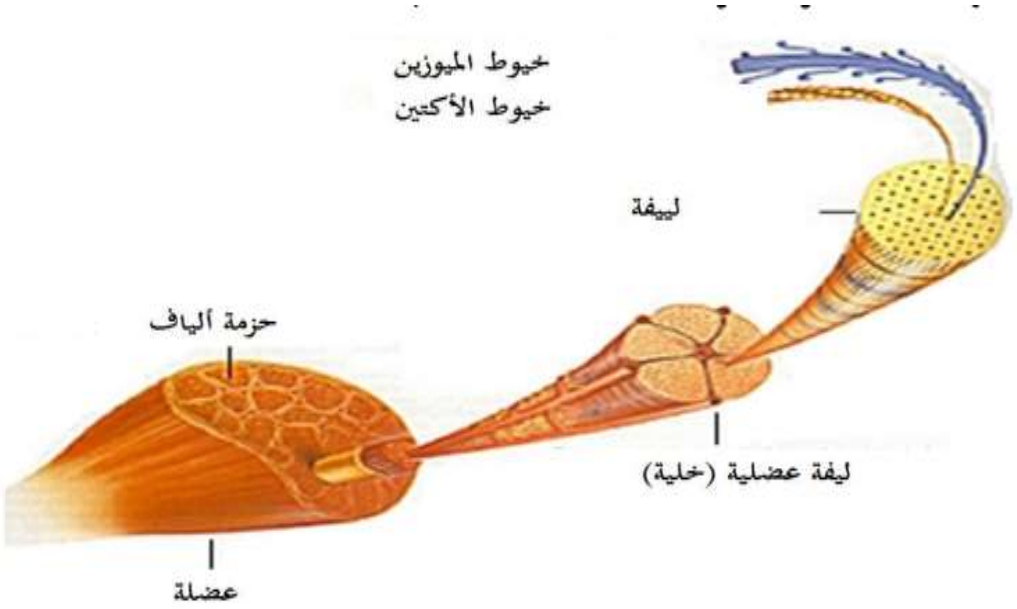
٨. **الشبكة الساركوبلازمية:** شبكة متخصصة من القنوات والأنابيب تحيط بالليفات العضلية.

٩. وظيفتها الأساسية خزن وإطلاق أيونات الكالسيوم (Ca++) التي تُعد أساسية لبدء الانقباض العضلي.

١٠. تراكيب دقيقة داخل الألياف العضلية، تتألف من وحدات متكررة تسمى القسيمات العضلية (Sarcomeres)، القسيمات العضلية هي الوحدة الوظيفية الأساسية للانقباض.

مكونات الليفة العضلية (Myofibrils components)، تتألف من خيوط دقيقة (Myofilaments) بنوعين رئيسيين:

* **خيوط الأكتين (Actin Filaments):** خيوط رقيقة تتكون من بروتين الأكتين، تروبونين، تروبوميوسين، مهمة جدًا في آلية الانقباض حيث ترتبط بها رؤوس الميوسين.
* **خيوط الميوسين (Myosin Filaments):** خيوط سميكة تتكون من جزيئات بروتين الميوسين ذات رؤوس ترتبط مع الأكتين، مما يؤدي لحدوث الانقباض العضلي.



الشكل (٢)

- **أنواع الالياف العضلية:**

تُصنَّف الألياف العضلية الهيكلية وفقًا لسرعة الانقباض والخصائص الأيضية (البيوكيميائية) إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

* **الألياف بطيئة الانقباض (Slow Twitch - Type I):**

❖ **الخصائص:**

١. سرعة انقباضها بطيئة نسبيًا.
٢. تعتمد على النظام الهوائي (Aerobic System) لإنتاج الطاقة.
٣. غنية جدًا بالميتوكوندريا والأوعية الدموية والمايوغلوبين (Myoglobin)، ما يعطيها اللون الأحمر الداكن.
٤. تحتوي على إنزيمات هوائية بشكل كبير.
٥. قدرتها عالية على مقاومة التعب العضلي.

❖ **الوظيفة:**

مثالية للأنشطة التي تستغرق وقتًا طويلاً أو المتوسطة الشدة، مثل الركض الطويل، ركوب الدراجة لفترات طويلة.

* **الألياف سريعة الانقباض الغلايكوليتية (Fast Twitch Glycolytic - Type IIb)**

❖ **الخصائص:**

١. سرعة وقوة انقباضها عالية جدًا.
٢. تعتمد على النظام اللاهوائي (Anaerobic Glycolysis) في توفير الطاقة.
٣. تحتوي على كمية أقل من الميتوكوندريا والمايوغلوبين (لذا يكون لونها فاتحًا أو أبيض).
٤. غنية بالإنزيمات الغلايكوليتية (Glycolytic Enzymes).
٥. قدرة منخفضة على مقاومة التعب (تتعب بسرعة).

❖ **الوظيفة:**

مناسبة للأنشطة القصيرة والقوية والسريعة مثل الركض السريع (١٠٠م)، والقفز، ورفع الأثقال بأوزان ثقيلة.

* **الألياف سريعة الانقباض التأكسدية (Fast Twitch Oxidative - Type IIa):**

❖ **الخصائص:**

١. سرعة انقباضها عالية.
٢. تتميز بقدرتها على استخدام مصادر الطاقة الهوائية واللاهوائية، لذا تسمى "متوسطة".
٣. تحتوي على كمية جيدة من الميتوكوندريا والمايوغلوبين (لون وردي متوسط).
٤. تتمتع بقدرة جيدة على مقاومة التعب مقارنة بالألياف من النوع Type IIb .

❖ **الوظيفة:**

تناسب الأنشطة المتوسطة المدة والكثافة، مثل الركض لمسافات متوسطة (٤٠٠-٨٠٠ متر)، وتمارين القوة المتوسطة.

* **التأثير التدريبي على الألياف العضلية:**

١. التدريب الهوائي المستمر يزيد من كفاءة وقدرة الألياف من النوع الأول (Type I).
٢. التدريب اللاهوائي والقوة يزيد حجم وقوة الألياف من النوع الثاني (IIa و IIb)، ولكن من الصعب تحويل ألياف بطيئة إلى سريعة والعكس صحيح، وإنما تحدث تحسينات في خصائصها الوظيفية**.**

* **العوامل المؤثرة على توزيع الألياف العضلية:**

تتأثر نسب توزيع الألياف العضلية بعدة عوامل مهمة، أبرزها:

١. **العوامل الوراثية (الجينات):** العامل الأكثر تأثيرًا في تحديد النسبة الأساسية للألياف العضلية لدى الفرد.
٢. **نوع النشاط البدني أو التدريب:** التدريب الهوائي يزيد كفاءة الألياف البطيئة، التدريب اللاهوائي (القوة، السرعة) يزيد كفاءة وقوة الألياف السريعة.
٣. **العمر:** مع تقدم العمر قد تزداد نسبة الألياف البطيئة، وتنخفض الألياف السريعة، مما يؤدي إلى فقدان تدريجي في القوة والسرعة.

- **الخصائص البيوكيميائية للعضلات الهيكلية:**

١. **سعة الاكسدة:** هي قدرة الخلية العضلية على اكسدة مواد الطاقة (سكر الجلوكوز) بوجود الاوكسجين وتحويلها الى مركب طاقة تستفيد العضلة منه عند انقباضها وإنتاج القوة العضلية، وان سعة الاكسدة مرتبطة بزيادة عدد بيوت الطاقة (المايتوكوندريا) فيها وعدد الشعيرات الدموية المحيطة بالليف العضلي وتركيز الميوجلوبين (مخزن الاوكسجين في العضلة).

٢. **النشاط الانزيمي:** هو زيادة عمل انزيم ATPase المسؤول عن تحرر مركب الطاقة ATP اللازمة في حدوث انزلاق التراكيب الانقباضية التي تحدث الانقباض العضلي داخل الليف العضلي.

- **القصيم العضلي (Sarcomere):** هو الوحدة التركيبية والوظيفية الأساسية في الليفة العضلية (Myofibril)، وهو المسؤول المباشر عن الانقباض العضلي، كما موضح في الشكل الذي يوضح مكانه بين خطين يُسمّيان الخطوط (Z-lines) Z.

* **التركيب التشريحي للقصيم العضلي:**

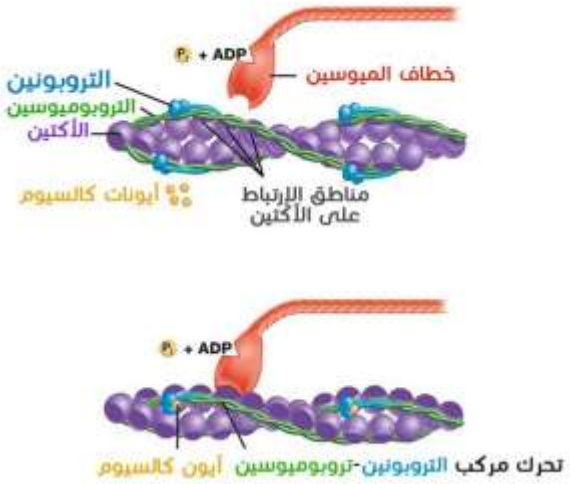
١. **الخيوط السميكة (Myosin filaments) تتكون من:**

بروتين الميوسين تقع في منتصف الساركومير وتُعرف بمنطقة (A-band).

٢. **الخيوط الرفيعة (Actin filaments) تتكون من:**

بروتين الأكتين مع بروتيني التروبونين (Troponin) والتروبوميوسين (Tropomyosin)، ترتبط بخطوط Z وتوجد في منطقة (I-band)، وتتداخل جزئيًا مع خيوط الميوسين.

الشكل (٣) يوضح الاشكال التركيبية للقصيم العضلي



شكل (٣)

* **مناطق وأجزاء القصيم العضلي:**

١. **خطوط Z (Z-lines):** الحدود الجانبية للساركومير، تُربط خيوط الأكتين ببعضها.

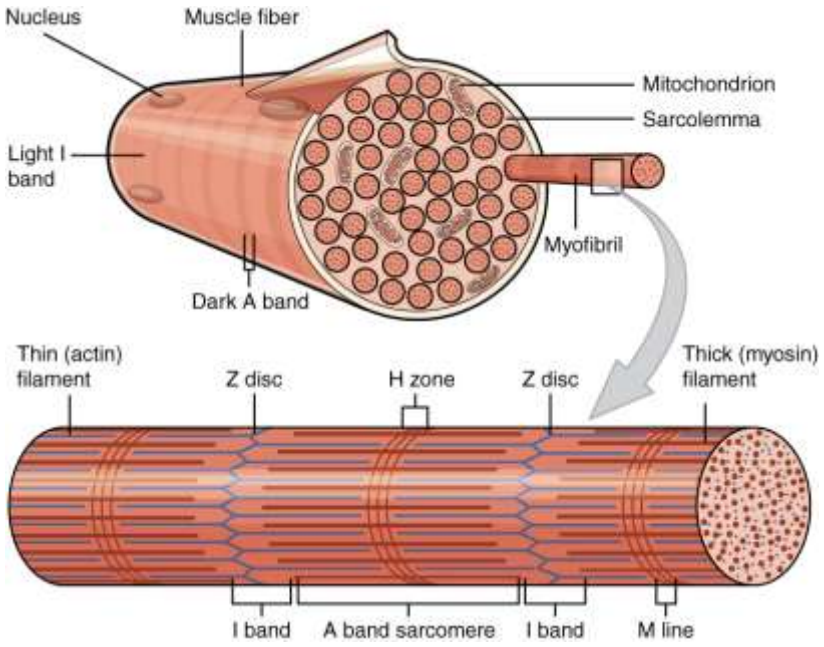
٢. **شريط A (A-band):** الجزء المركزي الداكن، يحتوي على الخيوط السميكة (الميوسين) مع تداخل جزئي مع الأكتين.

٣. **شريط I (I-band):** المنطقة الفاتحة على جانبي شريط A، تحتوي فقط على خيوط الأكتين.

٤. **منطقة H (H-zone):** منطقة وسطى ضمن شريط A، تحتوي فقط على خيوط الميوسين (بدون تداخل الأكتين).

٥. **خط M (M-line):** خط دقيق في منتصف الساركومير، يُثبّت خيوط الميوسين.

الشكل (٤) يوضح مناطق وأجزاء القصيم العضلي



شكل (٤)

- **منطقة الاتصال العصبي العضلي (Neuromuscular Junction):** هو المكان الذي تلتقي فيه نهاية العصب الحركي (Motor neuron) مع الألياف العضلية الهيكلية، يُعتبر نقطة أساسية لنقل الإشارة العصبية التي تؤدي إلى حدوث الانقباض العضلي.

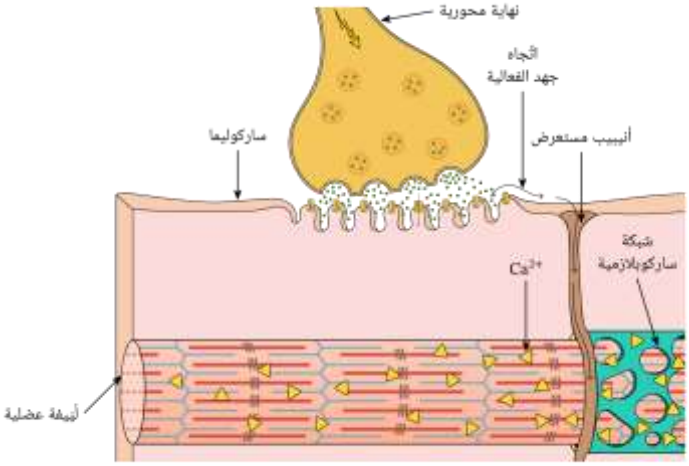
* **أهمية الاتصال العصبي العضلي في المجال الرياضي:**

١. أساسي لتحقيق الحركات الدقيقة والمنسقة أثناء النشاط البدني.

٢. أي خلل في هذا الاتصال يمكن أن يؤدي إلى ضعف عضلي أو اضطرابات حركية.

٣. التدريبات الرياضية المنتظمة تُحسّن كفاءة الاتصال العصبي العضلي، وتزيد من سرعة وقوة الاستجابة العضلية.

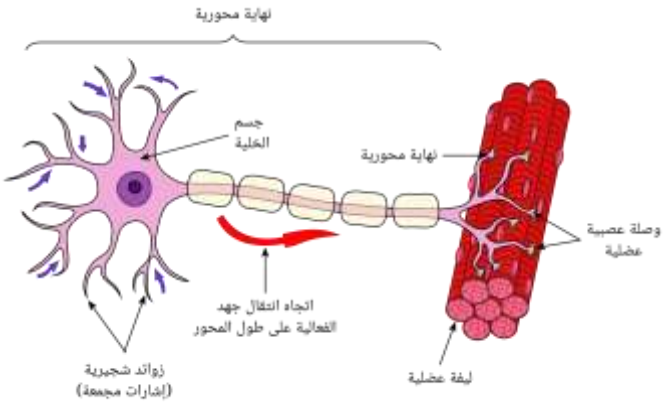
الشكل (٥) يوضح منطقة الاتصال العصبي العضلي



الشكل (٥)

- **الوحدة الحركية (Motor Unit):** الوحدة الوظيفية الأساسية للجهاز العصبي العضلي، تتكون من عصبون حركي واحد (Motor neuron) وجميع الألياف العضلية (Muscle fibers) التي يُغذيها أو يتحكم بها، تُعتبر الوحدة الحركية أصغر وحدة عضلية يمكن تحفيزها لانقباض العضلة.

الشكل (٦) يوضح تركيب الوحدة الحركية



الشكل (٦)

* **تركيب الوحدة الحركية:**

١. **العصبون الحركي (Motor Neuron):** خلية عصبية وظيفتها إيصال الإشارات العصبية من الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) إلى العضلة، يتميز محور العصبون (Axon) بأنه طويل ويمتد نحو العضلات.

٢. **الألياف العضلية (Muscle Fibers):** كل عصبون حركي يغذي عدداً معيناً من الألياف العضلية.

- ❖ **قد يكون العدد قليلاً (مثل ١٠-٢٠ ليفاً) في العضلات المسؤولة عن الحركات الدقيقة (مثل عضلات العين أو الأصابع).**
- ❖ **قد يكون العدد كبيراً جداً (مثل مئات الألياف) في العضلات المسؤولة عن حركات قوية وعامة (مثل عضلات الساقين).**

* **أنواع الوحدات الحركية:**

تصنف الوحدات الحركية عادةً حسب سرعة الانقباض والقوة:

١. **الوحدة الحركية بطيئة الانقباض (Slow Motor Unit):**

تتكون من عصبونات صغيرة، وألياف عضلية بطيئة الانقباض (Type I)، تستخدم للطاقة الهوائية بشكل رئيسي، تتميز بمقاومتها للتعب وتستخدم في الأنشطة المستمرة والطويلة (مثل الجري لمسافات طويلة).

٢. **الوحدة الحركية سريعة الانقباض (Fast Motor Unit):**

تتكون من عصبونات أكبر، وألياف عضلية سريعة الانقباض (Type II)، تعتمد غالباً على مصادر الطاقة اللاهوائية، تنتج قوة عالية وتستخدم للأنشطة القصيرة والسريعة مثل الركض السريع أو القفز أو رفع الأثقال.