

## المحاضرة السادسة

### (فسيولوجيا الجهاز العضلي)

Muscle physiology: فسيولوجيا العضلات:

#### Muscular Tissue النسيج العضلي

تتألف العضلات من عدد كبير من الألياف أو الخلايا. وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من العضلات التي تختلف عن بعضها في كل من التركيب (نسيجيا)، وفي الموقع (تشريحيا)، وفي الوظيفة (فسيولوجيا) وفي نوع الألياف العصبية المتصلة بها.

ويعتبر النسيج العضلي مسؤول عن تأمين حركة الانسان وحركة أجزائه المختلفة مثل حركة الأمعاء وحركات التنفس، وحركة الدم داخل الأوعية الدموية، ويتم ذلك من خلال انقباض الخلايا العضلية التي يتكون منها النسيج العضلي. وبذلك تعد الأنسجة العضلية أنسجة متخصصة قادرة على الانقباض لإنتاج الحركة، سواء كانت حركة الجسم أو حركة الأعضاء الداخلية.

وتنقسم العضلات في جسم الإنسان إلى ثلاث أنواع هي

اولا: العضلات الملساء: Smooth Muscles

تسمى بالعضلات غير المخططة، أو الحشوية أو اللاإرادية، وتتميز أليافها بأنها خالية من التخطيطات العرضية، وبأنها مغزليه الشكل ذات نواة وسطية، وتتواجد في جدران الأعضاء الداخلية أو الحشوية مثل المعدة والأمعاء والمثانة والأوعية الدموية ومزودة بألياف عصبية

ثانيا: العضلات القلبية Cardiac Muscles

يتكون القلب من ألياف عضلية مخططة تتقلص بشكل منتظم ولاإرادي ومزودة بألياف عصبية ذاتية وغالبا ما تكون هذه الألياف متفرعة. تتميز خلاياها بأنها مخططة ومتصلة مع بعضها وتحتوي على نواة واحدة ببيضوية الشكل تتخذ في مركز الخلية وتوجد قرب أحد أقطابها جهاز كولجي واضح حولها ويوجد العديد من الميتوكوندريا وبعض القطرات الشحمية، وحبيبات الكلايكوجين.

حيث يؤدي انقباضها إلى ضخ الدم في الشرايين وهي تشترك مع العضلات الملساء في أنه يتم التحكم فيها بواسطة الجهاز العصبي الذاتي. ونتج عضلة القلب نبضات كهربائية تؤدي إلى انقباضات القلب الا أنه هذه النبضات قد تتأثر بالهرمونات والمنبهات من الجهاز العصبي مثل الزيادة في معدل النبضات.

## العمل الفسيولوجي لعضلة القلب :

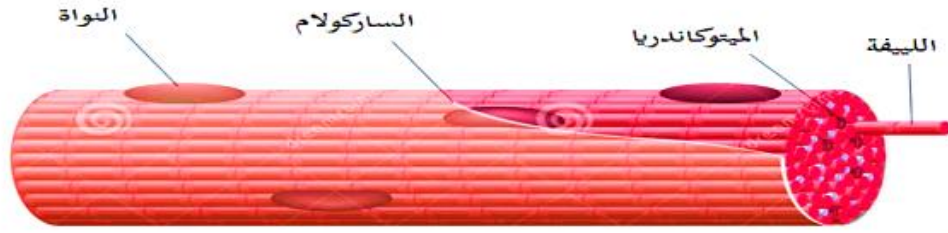
- تعتمد على جهاز التوصيل القلبي (SA Node → AV Node → Bundle of His → Purkinje Fibers).
- انقباضها يخضع لمبدأ "الكل أو لا شيء" على مستوى العضلة ككل (وليس الألياف الفردية).
- تحتاج إلى الكالسيوم الخارجي بالإضافة إلى الكالسيوم الداخلي لعملية الانقباض.
- 

## ثالثا: العضلات الهيكلية: Skeletal Muscles

تسمى بالعضلات المخططة (Striated Muscles) كما تسمى بالعضلات الحمراء وذلك لغناها بمادة الميوكلوبين Myoglobin التي تعطيها اللون الأحمر، وهي عضلات مخططة إرادية التي تخضع لتحكم الكائن الحي، وتكون أليافها اسطوانية متعددة النوى وتتصل بالعظام وتتزود بألياف عصبية، وتوجد في العديد من الأماكن في الجسم مثل عضلات الوجه والفم واللسان والبلعوم. وتشكل العضلات الهيكلية الجزء الأكبر من العضلات في الجسم حيث يتكون جسم الإنسان من أكثر من ٦٠٠ عضلة هيكلية ما قارب ٤٠% من وزن الجسم وسميت هذه العضلات بالهيكلية نظرا لارتباط معظمها بعظام الهيكل العظمي ولهذا فهي قادرة بالتأزر مع عظام الهيكل ومع الجهاز العصبي على أحداث الحركة الموضعية، مثل حركة (العين) والانتقالية مثل حركة الأطراف، وتسمى أيضا بالعضلات الإرادية لأنه يتم التحكم بها بشكل ارادي من قبل الشخص.

## بنية العضلة الهيكلية: skeletal muscle structure

- تتألف العضلة الهيكلية من مجموعة حزم عضلية muscle packs
- وتتكون كل حزمة عضلية من مجموعة الياف عضلية fibers
- وتتكون الليفة العضلية من عددا من اللييفات العضلية myofibril



شكل يوضح بنية العضلات الهيكلية

الليف العضلي عبارة عن خلية واحدة تحتوي على عدد كبير من الأنوية متواجدة بمقربة تحت الغشاء البلازمي المسى الساركوبلازم يتراوح عدد الألياف العضلية ما بين المئات إلى الآلاف في العضلة الواحدة



شكل (يوضح) تركيب العضلة

#### الوحدة الحركية: Motor unit

تتكون الوحدة الحركية من مجموعة من الياف عضلية و خلية عصبية واحدة تغذيها والوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية في العضلة الهيكلية، ان الهدف من دراسة الوحدة الحركية هو التعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلي حيث ان انقباض العضلات ما هو ألا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المكونة للعضلة، ويتراوح عدد الألياف العضلية في الوحدة الحركية ما بين ٥-٢٠٠ ليف عضلي.

وكل ليف عصبي حركي له في نهايته تفرعات نهائية، فعند دخول الليف العصبي الحركي الى العضلة يتفرع الى عدد كبير من الفروع العصبية داخل العضلة لذلك فهو يغذي عدد ٥-٢٠٠ من الألياف العضلية.



شكل (١) يوضح الوحدة الحركية للعضلة

#### بروتينات الألياف العضلية: Muscle fiber proteins

تتكون العضلة من ألياف والألياف هي خلايا عضلية ملتحمة مع بعضها وتتكون الألياف العضلية من العديد من الوحدات الصغيرة تسمى لييفات عضلية وتتكون اللييفات العضلية من وحدات أصغر وهي الميوسين والأكتين وهي خيوط بروتينية وتترتب اللييفات العضلية في أجزاء تعرف باسم القطعة العضلية والقطعة العضلية هي الوحدة الوظيفية في العضلة والجزء الذي ينقبض منها. تحتوي الألياف العضلية إضافة الى المواد البروتينية التي تحتويها معظم الخلايا الأخرى على بروتينات خاصة هي:

أ- بروتين الميوسين Myosin ويوجد باتحاد مع عنصر المغنسيوم  $Mg^{++}$  كما تتحد به جزيئات ال ATP الخاصة بالليف العضلي.

ب- بروتين الأكتين Actin ويوجد هذا البروتين متحدا مع عنصر الكالسيوم  $Ca^{++}$



شكل القطعة العضلية

## الليف العضلي: Fibers

### الليف العضلي: (Muscle Fiber) الوحدة البنائية للعضلة

- التعريف: الليف العضلي هو خلية عضلية واحدة، وهي خلية عملاقة متعددة الأنوية (توجد الأنوية مباشرة تحت الغشاء البلازمي).
- الغشاء البلازمي: يُسمى الغشاء البلازمي للخلية العضلية الساركوليمما (Sarcolemma).
- الحجم: يتراوح قطر الليف بين 1-2 ميكرومتر، ولكن طوله قد يصل إلى 35 سم في بعض العضلات الطويلة.

### التركيب الداخلي والوحدة الوظيفية: الساركومير (Sarcomere)

تتكون الليفة العضلية من وحدات وظيفية متكررة تسمى الساركوميرات، والتي تعطي العضلات الهيكلية والقلبية مظهرها المخطط.

#### 1. مكونات الساركومير تحت المجهر الإلكتروني:

- خط Z (Z-line): هو الغشاء الذي يُعتبر نقطة نهاية وبداية كل ساركومير.
- الساركومير (Sarcomere): يُعرف بالمسافة بين خطي Z متتاليين. وهو الوحدة الوظيفية الأساسية للتقلص.
- المناطق ذات المظهر المختلف:
  - الحزمة I (I-band): المنطقة الفاتحة، تحتوي على خيوط الأكتين الرفيعة فقط.
  - الحزمة A (A-band): المنطقة الداكنة، تمثل الطول الكامل لخيوط المايوسين السميكة، وتتداخل مع خيوط الأكتين.
  - منطقة H (H-zone): منطقة داخل الحزمة A أقل دكائة، تحتوي على خيوط المايوسين فقط (بدون تداخل مع الأكتين).

2. المكونات البروتينية للـساركومير:

- الخيوط الرفيعة: (Thin Filaments) مكونة أساسًا من بروتين الأكتين. (Actin)
- الخيوط السميكة: (Thick Filaments) مكونة أساسًا من بروتين المايوسين. (Myosin)