

## الفصل الخامس الجهاز العضلي

- ❖ أنواع العضلات.
- ❖ التركيب الكيميائي للعضلات الإرادية.
- ❖ أنواع عمل العضلات.
- ❖ أعضاء الحس بالعضلة.
- ❖ أنواع الانقباض العضلي.
- ❖ آلية حدوث الانقباض العضلي.

## الفصل الخامس

### الجهاز العضلي

يتألف الجهاز العضلي من مجموعة من العضلات التي تشكل في مجموعها العام أكثر من (600) عضلة إرادية والتي تشكل من (40-45)% من وزن الجسم وما يقارب (15)% عضلات ملساء لا إرادية إذ يشكل الجهاز العضلي ما يقارب من (50-60)% من وزن الجسم الكلي.

#### أنواع العضلات: تتألف العضلات من الأنواع الآتية:

1- العضلات الإرادية المخططة: سميت بهذا الاسم لأنها مخططة طولياً وعرضياً إذ تظهر تحت المكر سكوب بهذا الوصف، وسميت إرادية لأنها تنقبض إرادياً من الكائن الحي وسميت هيكلية لأنها تتصل بعظام الجسم وهي مسؤولة عن حركة الجسم وشكله وهيكله، أما شكلها فهي مفلطحة مثل العضلة الظهرية أو اسطوانية طويلة مثل العضلة الخيطية أو مغزلية مثل العضلة الصدرية، للعضلة طرفان المنشيء والمدغم (البداية وتر المنشيء، النهاية وتر المدغم) هذه الأوتار تكون لها أشكال مختلفة (مبرومة، مبططة وحسب وضع العضلة بالجسم وحسب العمل الذي تؤديه).

2- العضلات الملساء غير الإرادية: تتكون من ألياف مغزلية الشكل ولا يظهر بها التخطيط تدخل في تكوين جدران الأوعية الدموية، الأوعية اللمفاوية، جميع أحشاء الجسم مثل الجهاز الهضمي، بعض أجزاء العين، جذور الشعر، الأجزاء الداخلية من المثانة... الخ. يتحكم في هذه العضلات الجهاز العصبي الذاتي دون إرادة الإنسان.

3- عضلة القلب: وهي عضلة إرادية مخططة من حيث التركيب ولساء لا إرادية من حيث العمل وخلاياها قصيرة ومتصلة بعضها ببعض بروتوبلازمياً ولذلك نجدها تتفاعل فسيولوجياً كما لو كانت خلية واحدة.

### التركيب الكيميائي للعضلات الإرادية:

تتألف العضلات الإرادية من: (75% ماء + 20% بروتين + 3% دهون + 1% كربوهيدرات + 1% أملاح)، ويتركب بروتين العضلة من (المايوسين، الاكتين، التروبومايوسين، التروبونين)

أما العناصر المعدنية المهمة في السوائل خارج وداخل الليفة العضلية الإرادية هما (الصوديوم، البوتاسيوم) إذ تشكل نسبة الصوديوم (3-15) خارج الخلية ونسبة البوتاسيوم (20-50) من كميته داخل الخلية وعليه نتيجة لهذا التوزيع غير المتساوي للأيونات خارج وداخل الخلايا كانت هناك شحنتان موجبة خارج غشاء الخلية يمثلها الصوديوم وسالبة داخل الخلية يمثلها البوتاسيوم.

### أنواع عمل العضلات:

هناك العديد من الأعمال للعضلات الموجودة في جسم الإنسان وهي كما يأتي:

- 1- العضلات العاملة: وهي العضلات المسؤولة التي تقوم بالعمل العضلي الفعلي أو الأداء الذي ينتج عنه الانقباض سواء المتحرك أو الثابت.
- 2- العضلات المعاكسة: وهي العضلات التي تكون بالاتجاه المعاكس (المضاد) للعضلات العاملة وتكون في حالة انبساط عند عمل العضلات العاملة.
- 3- العضلات المثبتة: ووظيفتها تثبيت المفصل عند أداء الحركة وبالاتجاه والوضع الذي يخدم الحركة وجمالها وانسيابيتها.
- 4- العضلات المساعدة: وهي العضلات التي تعمل بصورة جزئية أو بسيطة عند أداء الحركة الفعلية فهي تنقبض نتيجة لاشتراكها ضمن المدى الحركي للمفصل الذي تتمفصل عليه.

#### أعضاء الحس بالعضلة:

- أ- المغازل العضلية: ويتم استثارة هذه الأعضاء الحسية عن طريق الشد العضلي وبناء على درجة الشد الواقعة على العضلة تقوم المغازل بإرسال معلومات عن درجة القوة أو الشدة المطلوبة من حيث عدد الوحدات الحركية (وهي أعضاء منشطة).
- ب- أجسام كولجي الوترية: وهي أعضاء حسية أيضاً لكنها تقوم بدور يختلف تماماً عن الدور الذي تقوم به المغازل العضلية إذ تقوم هذه الأجسام بكف العمل إذا كانت هناك خطورة على العضلة نتيجة لزيادة درجة المقاومة (وهي أعضاء مثبطة).

#### أنواع الانقباض العضلي:

1- الانقباض المركزي: وهو الانقباض الذي يتم فيه انقباض العضلة نحو مركزها عن طريق التغير في طول الليف العضلي (تقصير) وهو انقباض متحرك مثل حركة الكيل للذراعين صعوداً.

2- الانقباض اللامركزي: وهو عكس الانقباض الأول من حيث الاتجاه ويحدث عكس اتجاه مركز العضلة، أي باتجاه المنشيء والمدغم للعضلة ويحدث فيه (تطويل) العضلة مثل حركة النزول في تمرين الكيل للذراعين.

3- الانقباض الايزو كنتك: ويتم على المدى الكامل للحركة ويأخذ الشكل الصحي للأداء في الحركات الفنية التخصصية مع وجود مقاومة مثل حركة الشد في السباحة، التجديف.

4- الانقباض البلايومتري: ويحدث هذا الانقباض في اتجاهين مختلفين متعاكسين إذ يكون الاتجاه الأول عكس المركز (لا مركزي) يعقبه فترة كمون ثم يتم الانقباض الآخر باتجاه المركز (مركزي) مثل حركة القفز على الموانع، أو الضرب بالقدم للكرة.

5- الانقباض الثابت: وهو الانقباض الذي يتم بدون أية حركة للمفصل ويتم فيه الأداء عند زاوية معينة مثل دفع جدار أو الثبات في وضع الانثناء النصفى (2/1دبني) . . . . الخ.

آلية حدوث الانقباض العضلي:

تحدث عملية الانقباض العضلي تبعا للنظرية الانزلاقية سابقة الذكر إذ تتلرق فتائل الأكتين الحلقية على خيوط المايوسين، المئات من الاكتين في (1) ثانية لتتقارب مع بعضها البعض خلال المسافات البينية لأجزاء فتائل المايوسين (المنطقة العارية) ويحدث ذلك بمساعدة ما يسمى (بالجسور المستعرضة) إذ إن دور هذه الجسور يؤدي إلى قوة ميكانيكية وهو عبارة عن عملية اتحاد و فك الاتحاد ما بين المايوسين والاكيتين وفي كل عملية اتحاد وفك نخسر (1) جزيئه (ATP) وتكون السرعة متباينة ما بين الليف الأبيض والأحمر، وعليه لأداء أية فعل ميكانيكي يجب أن تكون (سرعة التكرار) دورة الجسور المستعرضة موازية للفعل الميكانيكي المنجز ففي حالة:-

أ- تتساوى زيادة سرعة التكرار دورة الجسور المستعرضة مع الفعل الميكانيكي يكون التقلص ثابت.

ب- في حالة زيادة سرعة تكرار دورة الجسور المستعرضة مع الفعل الميكانيكي يكون التقلص متحركاً.

وعليه تحدث عملية الانقباض العضلي نتيجة التغيرات الآتية:-

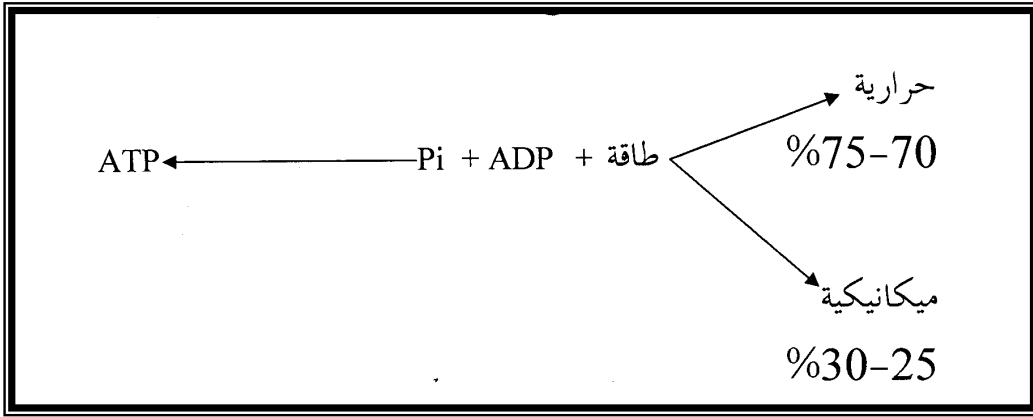
1- التغيرات العصبية: وهي عبارة عن تغيرات عدة ناتجة من الدماغ تقوم بإيصال الإشارة العصبية الصادرة من الجهاز العصبي لإثارة ألياف عضلية معينة لأداء الانقباض.

2- التغيرات الكهربائية: وتتمثل في إزالة الاستقطاب (فرق الجهد) لجدار الخلية والذي يكون من (-90 الى +30) ويسمى فرق جهد الحركة والذي يؤدي إلى ظهور الكالسيوم ( $Ca^{++}$ ) من الشبكة الساركوبلازمية الذي قد تجمع أثناء فترة الراحة.

العتبة التحفيزية (الفارقة): وهي الحد الأدنى للتنبيه العصبي الذي يكون (-90 الى +20 او +30)

3- التغيرات الكيميائية: ويعبر عنها بإفراز مادة (الاستيل كولن)) من النهايات العصبية عند وصول الإشارة إليها (عند وصول الإيعاز إلى الصفيحة العصبية النهائية) وهي نقطة التقاء العصبون بالليف العضلي، إذ إن استجابة الليف العضلي تحدث عن طريق هذا المركب الذي يخزن في حويصلات خاصة تتجمع في النهاية العصبية للعصبون (أي عند نهاية المحور) الذي ينتقل سريعا باتجاه الساركوليم ليتحد مع مستقبلات خاصة مبنية مع غشاء الساركوليم وفي الصفيحة العصبية النهائية فقط، هذا الاتحاد يؤدي الى فتح منافذ للصدويوم للدخول إلى داخل الليف العضلي وخروج الكالسيوم وإزالة الاستقطاب وبوجود الأنزيم المحلل للمركب استيل كولن (كولن ايستراس) إن سرعة انتقال السيل العصبي عبر الصفيحة العصبية النهائية يقدر (1)م/ثا وبمسافة طولها (0.05) مايكرومتر تخيل سرعة هذا السيل.

4- التغيرات الحرارية: التي تتم بواسطة فاعلية الكالسيوم في إيقاف نشاط أنزيم تروبونين (I) الكابح وبالتالي تحرير أنزيم (ATP ase) من رأس المايوسين وبمساعدة انشطار (ATP) إلى (ADP) و طاقة كخاصية أنزيمية لرأس المايوسين الذي ينتج عنه الحركة.



5- التغيرات الميكانيكية: وتتمثل بالفعل الميكانيكي لأداء الحركة من خلال النظرية الانزلاقية سالفة الذكر، التي تنقسم إلى المراحل الآتية:-

أ- المرحلة الأولى: (وتسمى المرحلة الخاملة): وهي المرحلة التي تلي الإثارة وفيها لا تتغير العضلة في شكلها، وتختلف مدة هذه المرحلة حسب نوع العضلة، فالعضلات السريعة تكون لها مرحلة خاملة قصيرة مثل عضلة العين على العكس من العضلات البطيئة فلها مرحلة خاملة طويلة.

ب- المرحلة الثانية (مرحلة الانقباض): في هذه المرحلة يحدث اختلاف في تنظيم جزيئات الألياف العضلية مما يجعلها تنقبض، ونتيجة لذلك تقصر هذه الألياف، تختلف هذه المرحلة من عضلة إلى أخرى إذ تأخذ بعض العضلات وقت قصير لتصل إلى كامل انقباضها وبعضها تأخذ وقتاً طويلاً.

ج- المرحلة الثالثة (مرحلة الارتخاء): في هذه المرحلة تعود الألياف إلى وضعها قبل الانقباض نتيجة إعادة تنظيم جزيئات هذه الألياف.