كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : فزيولوجيا الحواس

المحاضرة : الثامنة/نظري/د .نزهير

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

فيزيولوجيا الفاعلات

تعيش الحيوانات في بيئتها بحالة متوازنة ومتكيفة معها، ويتم ذلك بفضل استجابات الحيوان لتبدلات الوسط المحيط، وتمثل هذه الاستجابات بالأفعال الانعكاسية والسلوكية المختلفة. ويقوم بتنفيذ هذه الأفعال جملة من الأعضاء تدعى الفاعلات Effectors، وبما تعتمد قدرة الحيوان على البقاء والعيش في بيئة آمنة لأطول فترة ممكنة، بالدرجة الأولى، على مدى تطور فاعلاته.

- تعد أعضاء الحركة من أهم هذه الفاعلات لدى جميع الحيوانات، إذ يعتمد عليها الحيوان في تنقله أثناء البحث عن ظروف عيش أفضل، والهرب من الأعداء، والدفاع عن النفس، والبحث عن الطعام والشراب والشريك الجنسي وغيرها من الفعاليات الحركية. ولا تقتصر أهمية الحركة على تنقل الحيوان فحسب، بل تتعداها لتمكنه من إنجاز معظم وظائف الحيوية كالتنفس والدوران والإطراح وقضم الطعام ودفعه في أنبوب الهضم وإصدار الأصوات وحمل الجسم وغيرها.
- تحوي معظم الأنواع الحيوانية، وخاصة العليا منها، على نمط آخر من الفاعلات هي الغدد التي تساهم بقدر أساسي في تنظيم حياة الفرد وتطوره.
- كما يملك العديد من الأنواع الحيوانية أنماطاً خاصة من الفاعلات كالخلايا الضوئية Chromatophors والأعضاء المولدة للضوء Luminescent organs والأعضاء الكهربائية Electric organs. وتستخدم الحيوانات هذه الفاعلات في أنماط سلوكية متعددة تختلف باختلاف الأنواع كالتمويه والتخفي وجذب الشريك لاقتناص الفرائس والكشف عن الوسط المحيط، ويمكنها أن تستخدم أيضاً كأداة للاتصال بين الأنواع وفي الغزل الجنسي وتنظيم حرارة الجسم وغيرها.
- وعلى الرغم من امتلاك بعض الفاعلات للاستجابة مباشرة إلى المنبهات، إلا أن عمل معظم الفاعلات في كثير من الخلايا الحيوانية يتم بإشراف وتنظيم الجملة العصبية المركزية التي ترسل الإيعازات إلى هذه الأعضاء عبر ألياف العصبونات الصادرة Efferent لتعديل نمط الاستجابة الواجب تنفيذها ونوعها وبشكل يتناسب مع طبيعة المعلومات التي تتلقاها المراكز العصبية من البيئة الداخلية والخارجية عن طريق المستقبلات الحسية.

فيزيولوجيا العضلات

تعد الحركة في حياة الطائفات الحية صفة عامة للحيوان كلها، وتقوم بتنفيذها على عاتق الفاعلات الحركية التي تتألف في كثيرات الخلايا الحيوانية من خلايا تتميز بأجوائها على هيئات قابلة للتقلص، يؤلف مجموعها ما يعرف بالنسيج العضلي أو العضلات Muscles. يعدم تقلص العضلات وانبساطها القوة الدافعة لحركة أعضاء الجسم وتنقله، وكذلك تنظيم وضعيته أثناء السكون والحركة لتأمين استجابات الحيوان لتغيرات بيئته الداخلية والخارجية. كما أن التقلص العضلي يساهم في إنتاج الحرارة وفي تنظيم درجة حرارة جسم ذوات الدم الحار، والتعويض عما يفقده الجسم من حرارة أثناء تعرضه للبرد.

تقسم عضلات الجسم في الفقاريات تبعاً لمنشئها الجنيني إلى عضلات ملساء وأخرى مخططة. تتميز العضلات الملساء بعدم وجود التخطيط المميز للعضلات المخططة. كما تتميز بحركتها البطيئة، وقدرتها على التقلص لمدة طويلة دون استهلاك كميات كبيرة من الطاقة، وتتصف أيضاً بأنها عضلات لا إرادية، وهي تدخل في تركيب جدران الأحشاء والأوعية الدموية والقنوات الناقلة البولية والتناسلية والرحم والمثانة والغدد، وتتحكم في تنظيم حركتها الجهاز العصبي الإعاشي، أما عن وظيفتها الأساسية فتتركز في دفع المواد في الممرات كدفع الطعام في أنبوب الهضم وتنظيم دفع الدم في الأوعية الدموية.

أما العضلات المخططة فتشمل العضلات الهيكلية وعضلة القلب.

ترتبط العضلات الهيكلية بالهيكل العظمي والغضروفي، وهي المسؤولة عن حركة الجذع والأطراف والتنفس والصوت وأجزاء الفم وتنظيم عمل الحبال الصوتية وإغلاق المحرات التي تنظم إفراغ الأعضاء المجوفة، وهي تتميز بسرعة تقلصها وتوترها، ولكنها تتعب بسرعة أكبر مما هو عليه في العضلات الملساء. وتتصف أيضاً بأنها عضلات إرادية، أي أنها عملها يقع تحت سيطرة المراكز العصبية الإرادية.

أما عضلة القلب فهي عضلة مخططة، لكنها غير إرادية، تعمل مدى الحياة بإشراف الجملة العصبية الإعاشية وتنظيمها، وهي المسؤولة عن توليد القوة اللازمة لحركة الدم في جهاز الدوران.

تتميز البنية العامة لعضلات الفقاريات بتمايزها في الفقاريات، وتنظيم عمل الجهاز العصبي، إذ تصل الإيعازات العصبية عن طريق الأعصاب الحركية، وتنتقل الفعالية الكهربائية الموجودة في الغشاء البلازمي لليف العضلي عبر المشابك العصبية العضلية، فتتنبه ألياف العضلة وتتشكل كمونات الفعل على امتداد أغشيتها الخلوية محرضة بذلك آلة التقلص على القيام بعملها الميكانيكي، حيث تفقد العضلة الاتصال بالجهاز العصبي تصاب بالشلل الذي يتمثل بعدم قدرة العضلة على التقلص. هذا ويحتاج لتقلص العضلي إلى طاقة تأتي من عمليات الاستقلاب الطرحي للمواد الغذائية التي تصل إلى الخلايا العضلية.

أولاً : تقلص العضلات الهيكلية

لفهم آلية تقلص العضلات الهيكلية وكيفية قيامها بوظيفتها لابد من دراسة التقلص البنيوي للعضلات وعلاقة الفعالية العضلية بالفعالية العصبية ثم دراسة الاستجابات الطاقية للعضلة.

١- البنية المجهرية لألياف العضلة الهيكلية:

تتألف العضلة الهيكلية Skeletal muscle من حزم من الألياف العضلية وتحاط بنسيج ضام يدعى بصفاق العضلة، يصدر عنه حواجز رقيقة تكون غمد الحزم العضلية، الذي يمتد حتى الأوعية الدموية والأعصاب التي تغذي العضلة، هذا ويمتد ألياف العضلة على طول العضلة من الوتر إلى الوتر، يظهر الليف العضلي الواحد بالمجهر الضوئي اسطوانية الشكل، ومختلفة بحجمها من عضلة إلى أخرى (يتراوح قطر الليف العضلي بين ١٠ و ١٠٠ ميكرومتر، وطوله بين أجزاء المليمتر وعدة سنتيمترات وحتى ٣٠ سم).

يحاط الليف العضلي بغشاء خلوي Sarcolemma يدعى المقاوم، ويتكون من الغشاء الخلوي للليف العضلي وغلالة (معطف خلوي Coat) خارجية مؤلفة من طبقة رقيقة من بروتينات كالـ Glycoproteins وألياف مولدة الغراء Collagen، وتندمج مكونات الغلالة في نهايتي الألياف العضلية مع ألياف الوتر Tendon الذي يؤمن ربط العضلة مع العظام. ويحتوي الصفيح اللحمي في داخله هيولى Cytoplasm تضم جميع المكونات الطبيعية التي تصادف في الخلايا المتعضيات الحيوانية الأخرى، ولكنه يتميز باحتوائه على عدد من النوى المحيطية الموضع، لذا يعد الليف العضلي بمثابة مدمج خلوي Syncytium لعدد من الخلايا العضلية الأصلية Myoplastes، كما يتميز الليف العضلي باحتوائه على عدد كبير من الليفات العضلية Myofibrils التي تصطف بجانب بعضها بعضاً على طول الليف باتجاه تقلص العضلة، ويتراوح قطر الليف بين ١ ميكرومتر و ٥ ميكرومتر، ويصل عددها إلى ١٠٠ مليون ليف في السنتمتر المربع الواحد لعضلات الإنسان.

ويعود التخطط المميز للألياف العضلية المخططة إلى الترتيب الدقيق لليفات العضلية، إذ يلاحظ فيها تناوب عرضي منتظم لأقراص عاتمة (أو أقراص "A" كونها غير متجانسة Anisotrop على الضوء المستقطب) مع أقراص نيرة (أو أقراص I كونها متجانسة Isotrop على الضوء المستقطب، إذ ينفذ منها الضوء)، تتوضع الأقراص العاتمة لجميع الليفات الليف في مستوى واحد، كذلك الأقراص النيرة، مما يعطي هذه الألياف مظهرها المخطط.

★ ترافق الليفات العضلية شبكة من القنيات والحويصلات تمتد طولياً وعرضياً في الليف، تعود القنيات الطولية إلى الشبكة البلازمية العضلية Sarcoplasmic reticulum والتي تنتهي في مستوى الصفيحات العضلية المتالية، بينما تتصل الأنبيبات العضلية والتي تتألف جملة T (System T) من انغماسات غشاء الليف في مستوى خطوط Z للملامس القنيات الطولية.

ينقسم القرص الذي عرضيًا إلى نصفين متساويين بواسطة عصابة رفيعة تسمى خط Z. ويوجد في وسط القرص العاتم عصابة أقل عتمة لأنها خالية من الجسور هي عصابة H التي تضم في وسطها خط عاتم هو خط M. تطلق على جزء الليف المحدد بين خطي Z متتاليين اسم القطعة اللحمية أو القسم العضلي Sarcomere ويبلغ طوله عندما تكون العضلة في وضع الراحة بحدود ٢ ميكرومتر. وهكذا يتكون الليف من تتالي عدد كبير من القسيمات العضلية المتشابهة.

- يحوي الليف العضلي عدداً من النوى محيطية الموضع وحبيبات كوندريه وشظيرات من المواد الدسمة وحبيبات الغليكوجين وصباغات تنفسية من نمط الميوغلوبين Myo-globin وغيرها. يعد تداخل الأنيبيبات الطولية والعرضية ذات الأهمية البالغة في إيصال الظواهر الكهربائية المتمثلة بكمونات الفعل، والتي تنتقل على طول غشاء الليف العضلي إلى عمق الليف مسببة فيه حدوث العديد من الظواهر الكيميائية والميكانيكية.

٢- الطبيعة الكيميائية والبنية الجزيئية للبيغانات العضلية:

- تتكون البيغانات العضلية من أربعة أنواع من البروتينات القابلة للتقلص هي: الميوزين Myosine والأكتين Actine والتروبونين Traponine والتروبوميوزين Trapomyosine.

- يشكل الميوزين حوالي ٥٥٪ من مجموع بروتينات البيغانات في العضلات سريعة التقلص. ويبلغ وزنه الجزيئي ٤٧٠٠٠٠ دالتون. يتألف كل جزيء ميوزين من ارتباط ست سلاسل ببتيدية: سلسلتان طويلتان وأربع سلاسل قصيرة، وهو إذن ذو بنية عصابية خطية طولها ١٤٥٠ أنغستروم، بنهاية العصابة أحد طرفيه رأس مضاعف له فعالية إنزيم ATPase قطره بحدود ١٠٠ أنغستروم. يتألف كل خيط ثخين من الارتباط الطولي لحوالي ٣٠٠ جزيئة ميوزين في رواياً مختلفة.

- يشكل الأكتين حوالي ٢٥٪ من بروتينات البيغانات. وهو عبارة عن بروتين كروي G-Actin يبلغ وزنه الجزيئي حوالي ٤٥٠٠٠ دالتون. يتكون الأكتين Polymerization الأكتين الكروي في سلاسل لبنية الأكتين الليفي F-Actin. وتكون الخيط الليفي الرفيع من سلسلتين من الأكتين الليفي ملتفتين على بعضهما التفافاً حلزونياً، بحيث يوجد في كل دورة حلزونية ١٣ جزيئاً من أكتين G، ويرتبط جزيء أدينوزين ثنائي فوسفات ADP وأيون Mg++ مع كل جزيء أكتين G، ولذلك يحتفظ أحد جزيئات ADP في المواقع الفعالة في خيوط الأكتين التي ترتبط برؤوس الميوزينية لتسبب التقلص العضلي. وتوضع على حلزون الأكتين بروتينات كروية الشكل من طبيعة التروبونين - تروبوميوزينية من طبيعة بروتينية تروبوميوزينية ترتبط جزيئات التروبوميوزين بالتروبونين لتشكل معقد تروبونين - تروبوميوزين الذي يلتف حول حلزون الأكتين.

- يبلغ الوزن الجزيئي للتروبونين حوالي ٨٠٠٠٠ دالتون ونسبته يبلغ ٥٪ من مجموع بروتينات الليفات، وهو يتألف من ارتباط ثلاث سلاسل ببتيدية مرتبط بعضها مع بعض بشكل رخو. يلعب كل منها دورًا خاصًا بالتحكم بالتقلص العضلي. إذ تملك إحداها ألفة Affinity (أو قابلية ارتباط) عالية للأكتين تلعب دور عامل تثبيط لفعالية معقد التروبونين - تروبوميوزين. والثانية لها ألفة للتروبوميوزين، حيث تؤمن استقرار معقد التروبونين - تروبوميوزين. والثالثة لها ألفة للكالسيوم، إذ يمكن تثبيت أربع جزيئات كالسيوم. كما أن هذا البروتين هو الذي يؤمن ربط التروبوميوزين بالأكتين. ويعتقد أيضًا أن ألفة التروبونين الشديدة لأيونات الكالسيوم هي التي تسبب البدء بحوادث التقلص العضلي.

- يتألف التروبوميوزين من ارتباط سلسلتين ببتيدتين. ويبلغ وزنه الجزيئي ٦٤٠٠٠ ونسبته يبلغ ٥٪ من بروتينات الليفات، ويرتبط جزيئة مع سلسلتي الأكتين الليفي بشكل رخو، ويعتقد أنه يتوضع في حالة الراحة فوق المواقع الفعالة لسلسلتي الأكتين لتمنع بذلك الربط المتبادل بين الأكتينين.

- يدخل في تركيب الليفات العضلية إضافة إلى البروتينات التقلصية المذكورة أعلاه نوعان بروتينيان آخران يلعبان دورًا منظمًا للبنية الهندسية في كل من الخيوط الثخينة والرفيعة هما أكتين ألفا (α-Actin) الذي يشكل خط Z وبروتين M (M-Protein) الذي يتوضع في وسط القرص العاتم. ويبلغ الوزن الجزيئي لكل منهما يبلغ ١٨٠٠٠٠ دالتون.