

## محتويات الخلية

### محتويات الخلية

#### الأجسام الحالة LYSOSOMES

لم تكن الأجسام الحالة (اللايسوسومات) معروفة قبل عام 1949 وقد تم الإحساس بوجودها أثناء الدراسات الكيميائية التي أجريت آنذاك على الأنزيمات التي لها علاقة بأبيض الكربوهيدرات. وصفت الأجسام الحالة لأول مرة في عام 1955 بواسطة دي دوف De Duve وتلاميذه في خلايا كبد الفأر وكان من المعتقد في البداية أنها تمثل الجسيمات التي كان يطلق عليها الميكروسومات Microsomes. ثم تغير الرأي إلى أنها نوع من المايوتوكوندريا الصغيرة ولكن ثبت أيضاً أنها ليست كذلك. وعلى ذلك تم اعتبارها أحد التراكييب الساييتوبلازمية.

لقد لوحظ من خلال الدراسات الكيميائية وجود شذوذ غير منتظم في تفاعلات أنزيمات التحلل المائي المتعلقة بالفوسفاتيز الحامضي. فقد سجلت زيادة عالية في النشاط الإنزيمي عند استخدام مستخلصات خلوية مذابة في الماء مقارنة بنشاط منخفض في المستخلصات المذابة في محلول سكري متوازن. كانت جميع حالات الشذوذ الكيميائي ترتبط مع رواسب لأجسام صغيرة جداً. أدت هذه الملاحظات إلى افتراض وجود أجسام خلوية في الخلايا لها دور في عمليات أيض البروتينات والكربوهيدرات وغيرها وهي المسؤولة عن الشذوذ الذي تم ملاحظته في الدراسات السابقة.

تبدو الأجسام الحالة بالمجهر الضوئي على هيئة حبيبات أو حويصلات صغيرة، وفي المجهر الإلكتروني تبدو كأكياس صغيرة محاطة بغشاء رقيق ذو تركيب دهني-بروتيني. باستخدام تفاعلات الكشف عن أنزيمات التحلل المائي للمركبات الكربوهيدراتية وغيرها وبالفحص المجهر الإلكتروني تم التعرف على وجود أكثر من 60 انزيماً هاضماً في اللايسوسومات مما يوضح الأهمية الوظيفية البالغة لهذه الحويصلات.

لقد أمكن رؤية الأجسام الحالة التي يتراوح قطرها ما بين 0.25 إلى 0.5 مايكرومتر في جميع الخلايا الحيوانية تقريباً والحيوانات الأولية باستثناء كريات الدم الحمراء. توجد الأجسام الحالة بأحجام وهيئات مختلفة داخل الخلية على عكس بقية العضيات الساييتوبلازمية مما يعكس الدور المتنوع لها في عملية تحليل المواد.

**تعرف الأجسام الحالة** بأنها عبارة عن أجسام تظهر بأشكال مختلفة في الساييتوبلازم ومحاطة بغلاف غشائي ذي طبقة واحدة تحتوي في داخلها على خمائر تعمل بالتحليل المائي والناضجة منها تبدو في المجهر الإلكتروني داكنة وكثيفة. ومن أهم الخمائر التي توجد في هذه الأجسام:

- Acid phosphatase
- Acetate esterase
- Glucosidases
- B-glycero phosphatase
- cathepsin and proteases

إن هذه الخمائر تحلل المركبات الكيميائية المعقدة كالبروتينات والكاربوهيدرات والدهون إلى مواد بسيطة وهي تحاول هضم المواد التي قد تحتويها وباختصار أنها أجهزة هضم الخلية. كثيراً ما ترى هذه الأجسام محتوية على تشكيلات وتكدسات من الأغشية الناتجة عن تراكم حطام بعض مكونات الخلية.

### التوزيع والحجم:

توجد علاقة وثيقة بين الأجسام الحالة وموقع جهاز كولجي في الخلية.. ومن أمثلة ذلك:

- في طلائية الأمعاء تقع معظم الأجسام الحالة في المناطق الفمية من الخلايا حيث يوجد جهاز كولجي.
- في الخلايا الكبدية توجد معظم الأجسام الحالة في منطقة جهاز كولجي.
- أوضحت الدراسات ان الأجسام الحالة الأولية تنشأ جزئياً من جهاز كولجي.

**حجم الأجسام الحالة** يختلف حسب اعتبارات متعددة منها طبيعة نشاطه الوظيفي وأصلها وطراز الخلية. ففي الخلايا الكبدية نجد أن قطر الجسم الحال حوالي 0.05 ميكرون، إلا أن هناك من الأجسام الحالة ما يصل قطرها إلى عدة مايكرونات كما في كلية الثدييات.

### طرز الأجسام الحالة:

يمكن تمييز طرازين من الأجسام الحالة:

- **الأجسام الحالة الأولية أو الأصلية Primary Lysosomes:** هي الأجسام الحالة حديثة التكوين وتتميز بصغر حجمها وقربها من أجسام كولجي أو حولها وباحتوائها على أنزيمات هاضمة فقط، تكون غير نشيطة ولكنها تصبح فعالة بعد برهة من الزمن.

**2- الأجسام الحالة الثانوية Secondary Lysosomes:** هي ذات أشكال وأحجام مختلفة ولكنها أكبر كثيراً من الأجسام الحالة الأولية ويمكن مشاهدتها في مواقع مختلفة من الخلية. تنشأ الأجسام الحالة الثانوية من التحام أجسام حالة أولية مع فجوات غذائية أو فجوات ذات عضيات يراد تحطيمها والتخلص منها. نتيجة لاختلاف حجم الأجسام الحالة الثانوية فقد سميت بأسماء أخرى:

- **الفجوة الهضمية Digestive Vacuole** أو **الجسم الحال المتباين Hetero-phagosomes** : تنشأ عند التحام الجسم الحال مع فجوة غذائية ناتجة عن التهام خارجي لجسم أو مادة كبيرة الحجم مثل البكتيريا.
  - **الجسم الحال الذاتي Autophagosomes:** عبارة عن فجوة ناتجة من التحام الجسم الحال مع فجوة غذائية ناتجة عن التهام ذاتي مثل التهام المايوتوكونديريا أو غيرها من العضيات الداخلية.
- الأجسام متعددة الحويصلات Multivesicular bodies:** أجسام حالة تحتوي بداخلها حويصلات دقيقة.

تتم عملية هضم المواد الغذائية داخل أكياس الأجسام الحالة الثانوية تتحرر بعدها المواد الأولية النافعة متجهة نحو السايوبلازم بينما تبقى فضلات الهضم غير القابلة لمزيد من التحلل داخل أكياس الجسم الثانوي ونتيجة لاستهلاك المادة المهضومة والأنزيمات تنكمش هذه الأجسام الحالة لتصبح مخازن لفضلات تفاعلاتها وتدعى عندئذ بالأجسام المتبقية.

تقوم الخلايا بالتخلص من الفضلات المتجمعة في الأجسام المتبقية بطرق مختلفة:

- الخلايا النباتية لا تتمكن من طرح هذه الفضلات خارجاً بسبب إحاطتها بجدار سيليلوزي صلب لذلك فأنها تعمل على تجمعها داخل فجوات خاصة بذلك تمثل مكباً للنفايات.
  - تشارك الخلايا النباتية مثل هذه الآلية العديد من الخلايا الحيوانية. بينما تقوم خلايا أخرى بالتخلص من نفاياتها بطرحها خارج غشاءها الخلوي وذلك بالتحام الأجسام المتبقية مع الغشاء البلازمي وطرده الفضلات إلى الخارج.
- غشاء الأجسام الحالة:**
- يمتلك غشاء الأجسام الحالة مواصفات فريدة تساعد كثيراً في أداء مهمة هذه العضيات:

- يحتوي الغشاء على نشاط متميز ومنظم لتحليل جزيئات الطاقة ATP لتزويد محلول الأنزيمات بأس هيدروجيني مناسب لعملها وهو PH 5 عن طريق إطلاق أيونات الهيدروجين الموجبة حيث تعمل جميع أنزيمات التحلل المائي المخزونة في الأجسام الحالة مثل أنزيمات البروتياز والنوكلياز والفوسفوليبيز والفوسفاتيز والسلفاتيز والجلوكوسايديز والليباز وغيرها عند هذا الأس الهيدروجيني وتفقد نشاطها عند زيادته أو نقصانه وهو ما يجعلها أمينة وغير نشيطة عند تسربها إلى السائتوبلازم في بعض الحالات.
- غشاء الأجسام الحالة غير نفاذ للأنزيمات وأنه يحتوي على مواقع متخصصة تسمح له بالالتحام مع أغشية الفجوات الغذائية أو غشاء البلازما.

#### الأهمية الوظيفية للأجسام الحالة:

- 1- تلعب الأجسام الحالة دوراً هاماً في مختلف الأنشطة الخلوية مثل الهضم داخل الخلوي وتكوين الليبوفوسين (حبيبات دهنية ملونة).
- 2- لها دور أساسي في أيض الكربوهيدرات، ومن ثم نجد الأجسام الحالة بأعداد وفيرة في الخلايا ذات الصلة بأيض الكربوهيدرات مثل الخلايا الكبدية وخلايا الكلية والأمعاء الدقيقة.
- 3- تقوم بدور أساسي في إزالة بعض التراكمات النسيجية وذلك بابتلاعها وهضمها، ومن الأمثلة على ذلك ما يحدث لذيل (ابو ذنيه) أثناء عملية تحوره إلى ضفدع كامل النمو. إن تآكل واختفاء الذيل يرجع إلى وجود إنزيمات تحلل (مثل الكاثيسين) بكميات كبيرة في الأجسام الحالة لخلايا الذيل حيث تنطلق هذه الإنزيمات خارج الجسم الحال مسببة هضم الخلايا والأنسجة الخاصة بالذيل.
- 4- أنزيمات الجسم الحال الموجودة في الحيوان المنوي تعمل على تسهيل اختراقه للبويضة أثناء الإخصاب.
- 5- الأجسام الحالة لها اتصال وثيق بكثير من الظواهر البيولوجية مثل التشكل والشيخوخة وتحول الخلايا العادية إلى خلايا سرطانية.
- 6- لها دور مهم في عملية السيطرة على إفراز الخلايا وغيرها.

#### التغيرات الفسيولوجية والمرضية:

- 1- يؤدي تجويع الحيوانات إلى قلة أعداد الأجسام الحالة التي تختفي تماماً إذا طال مدة التجويع.
- 2- يحدث فقدان تدريجي في أعداد الأجسام الحالة مع التقدم نحو الشيخوخة خاصة في الخلايا الكبدية.
- 3- أعداد الأجسام الحالة تقل في الخلايا الكبدية السرطانية وفي خلايا كبد الحيوانات حاملة الأورام.
- 4- أشعة إكس تسبب تجمع الأجسام الحالة معاً في بعض طرز الخلايا العصبية أو تفتتها واختفائها في النهاية كما يحدث في الخلايا الكبدية.

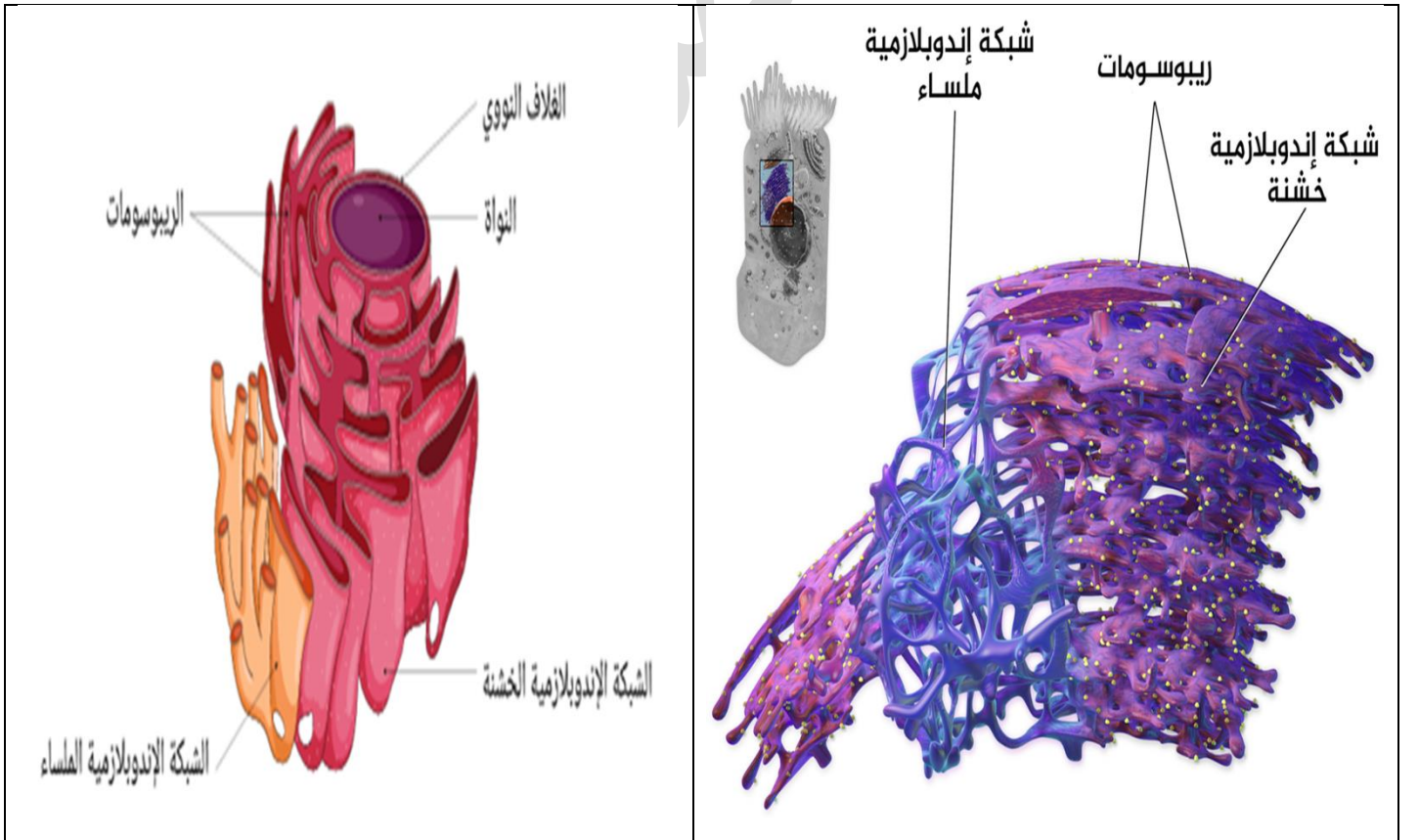
## الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum

تظهر الشبكة الإندوبلازمية في المجهر الإلكتروني على شكل أشرطة أو خطوطا متشابكة وقد أعطيت اسم شبكة. والاسم الأصلي لهذه الشبكة مبني على ملاحظات محددة في بداية تشخيص وجود هذه التراكيب على أنها محصورة في أجزاء السائتوبلازم القريب من النواة والتي كانت تسمى البروتوبلازم الداخلي endoplasm غير أن الدراسات اللاحقة أثبتت عدم صحة كون هذه الشبكة محصورة في تلك المنطقة بل يمكن أن توجد في أي جزء من السائتوبلازم بضمنها المناطق القريبة من جدار الخلية.

تعرف الشبكة الإندوبلازمية بأنها عبارة عن تراكيب أنبوبية أو حويصلية ومتفرعة وملتصقة مع بعضها البعض ولشكلها الشبكي وموقعها العميق داخل الخلية حيث تأخذ مواقع بالقرب من نواة الخلية وتحيط بها لذلك تسمى بالشبكة الإندوبلازمية.

تتألف الشبكة الإندوبلازمية من غشاء مفرد كثير الانطواءات مؤدياً إلى تكوين طبقات مزدوجة مفلطحة تترتب على هيئة صفوف مرتبطة مع بعضها. تترك كل طبقة من هذه الطبقات فراغاً داخلياً يدعى بفراغ الشبكة E. R. Lumen إضافة لفراغات خارجية تقع بين طبقات الشبكة الإندوبلازمية تدعى هذه بالسائتوسول Cytosol.

إن جميع الخلايا تقريباً تحتوي على كمية من هذه الشبكة ولو قليلة ويختلف اتساع هذه التراكيب في الخلية باختلاف أنواع الخلايا وفعاليتها.



يمكن تمييز نوعين من الشبكة الإندوبلازمية:

1- الشبكة الإندوبلازمية الخشنة أو المحببة **Rough endoplasmic reticulum**: تكون الجدران الغشائية للشبكة مكتظة بأجسام رايبوزية ملتصقة على سطوحها فتظهر محببة أو خشنة.

2- الشبكة الإندوبلازمية الملساء أو غير المحببة **Smooth endoplasmic reticulum**: تكون الجدران الغشائية خالية من الأجسام الرايبوزية فتظهر ملساء.

يتصل النوعان في بعض المناطق وتكون نسبة أحدهما إلى الآخر في الخلية مختلفة حسب تخصص الخلايا.

ترتبط الشبكة الإندوبلازمية مع الغشاء النووي ويعتقد الآن أن الغشاء النووي هو في الحقيقة امتداد يعود للشبكة الإندوبلازمية. كما ترتبط مع المايكوندريا ومع الجزء القاعدي للخلايا الضوئية (العصي) والعضلات. كما أنها ترتبط بصورة غير مباشرة مع جهاز كولجي وذلك عن طريق الحويصلات التي تغادر منها باتجاه جهاز كولجي.

خلال هذه الشبكة من التجايف والقنوات تنتقل البروتينات بما فيها الخماثر والدهون وبعض المواد الأخرى وتوزع إلى مختلف أجزاء الخلية. وفي بعض الأحيان تتجمع وتخزن داخل هذه الشبكة لفترات معينة.

أن تراكيب جزيئات البروتين يتم في الجهة الخارجية من غشاء الشبكة الإندوبلازمية الخشنة، حيث توجد الأحماض الأمينية والحامض الرايبوزي الناقل والرسول في السائل الحشوي المتاخم للأجسام الرايبوزية وبعد أن تتكون جزيئات البروتين تنفذ خلال الغشاء إلى داخل الشبكة وقنواتها. تتوزع البروتينات حسب أصنافها أو الجهة التي ستذهب إليها فبعض البروتينات تبقى في الشبكة أو تربط مع كربوهيدرات.

أغشية أنابيب الشبكة الإندوبلازمية الملساء لا تحمل أجساما رايبوزية بل هي ملساء لذا فهي ليست معنية بتكوين البروتين بل لها وظائف أخرى في التفاعلات الكيميائية والحيوية لمواد مختلفة مثل الدهون وتركيب وإفراز هرمونات الستيرويد التي لها علاقة بعائلة الكولسترول كيميائيا ومن الأمثلة على ذلك خلايا الطبقة القرشية للغدد الكظرية التي تفرز هرمونات مهمة، كما أن الشبكة الملساء في خلايا الكبد هي مركز التفاعلات الخاصة بأبطال التأثير السمي لبعض العقاقير وكذلك العمليات المتعلقة بالكلايوجين حيث توجد خميرة (glucose-6-phosphate) كما هي الحال أيضا بالنسبة للخلايا العضلية.

من وظائف الشبكة الإندوبلازمية الأخرى هي توصيل الحوافر إذ يعتقد أن هذه الشبكة في الخلايا العضلية تعمل على نقل الحوافر من غشاء الخلية العضلية وإيصالها إلى الألياف في الداخل. كما تعمل على إعادة أيونات الكالسيوم عند توقف الحوافر ولها دور في تحرير أيونات الكالسيوم عند تحفيز العضلة، كما أن الشبكة الإندوبلازمية توفر سطوحا واسعة للتفاعلات الأنزيمية نظراً لاحتواء أغشية الشبكة على العديد من الأنزيمات ذات الأنشطة الأيضية والتخليقية. وتقوم الشبكة الإندوبلازمية بتكوين الغلاف النووي الجديد بعد كل انقسام.