

التركيب العام للخلية الحية (2) General structure of the Cell(2)

نستعرض فيما يلي مكونات (عضيات) الخلية حقيقية النواة الراقية وهي التالية:

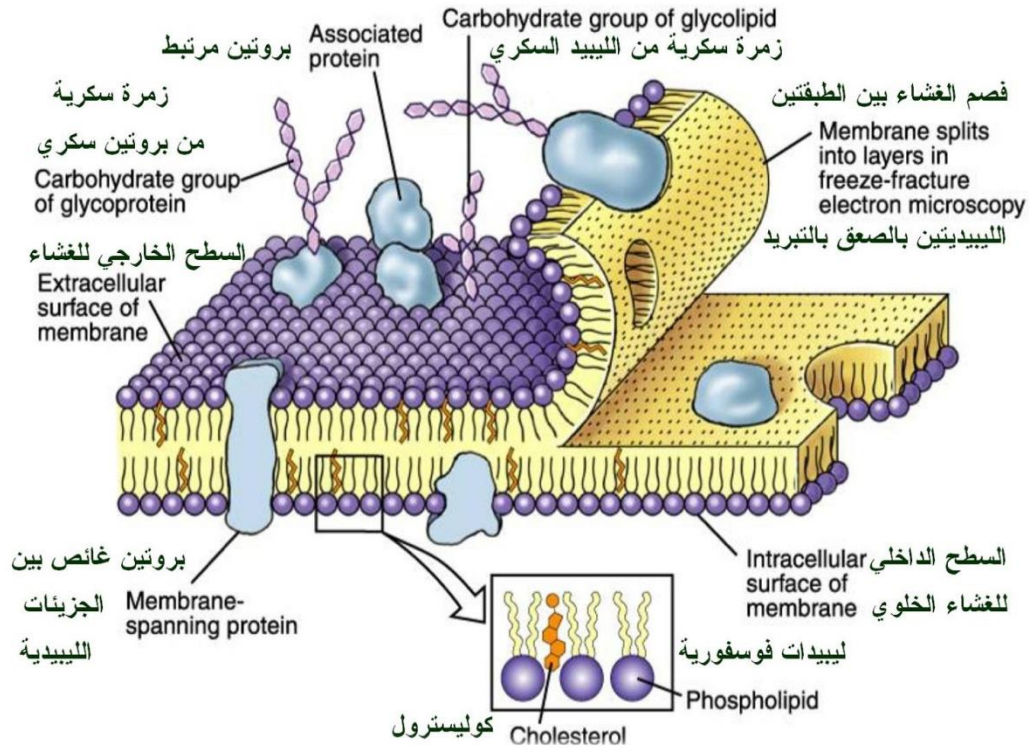
1. الغشاء السيتوبلازمي Plasma membrane:

يتألف الغشاء السيتوبلازمي من طبقتين ليبيديتين تتوضعان على شكل ثلاث وريقات: اثنتان خارجيتان عاتمتان محبتان للماء و تتوسطهما طبقة نيرة كارهة للماء. تحاط الطبقتين العاتمتين بطبقتين من البروتينات المحبة للماء بشكل أحجار مرصعة، بالإضافة إلى بروتينات منغمسة في الطبقات الفوسفوليبيدية.

يضاف إلى ذلك طبقة خارجية من البروتينات السكرية تدعى بالمعطف الخلوي الذي يلعب دوراً هاماً في دعم و حماية الغشاء الخلوي من الصدمات الآلية كما يساهم بتشكيل المستقبلات الخلوية لبعض المواد الحيوية (الشكل 24).

وظائف الغشاء السيتوبلازمي

يقوم الغشاء السيتوبلازمي باحتواء وفصل المادة الحية، وهو الذي يعتبر جزءاً منها في الخلية، عن جدار الخلية الخارجي، ويلعب دوراً أساسياً في تنظيم المبادلات الخلوية و السماح بمرور الماء و المركبات الأخرى و كذلك يساهم في نقل المعلومات بين الخلايا و يساهم في عمليتي الإدخال و الإطراح الخلويين ، وبالتالي المحافظة على البروتوبلازم وعلى استمرار حياة الخلية.



الشكل (24): البنية الأساسية الموحدة للأغشية الخلوية

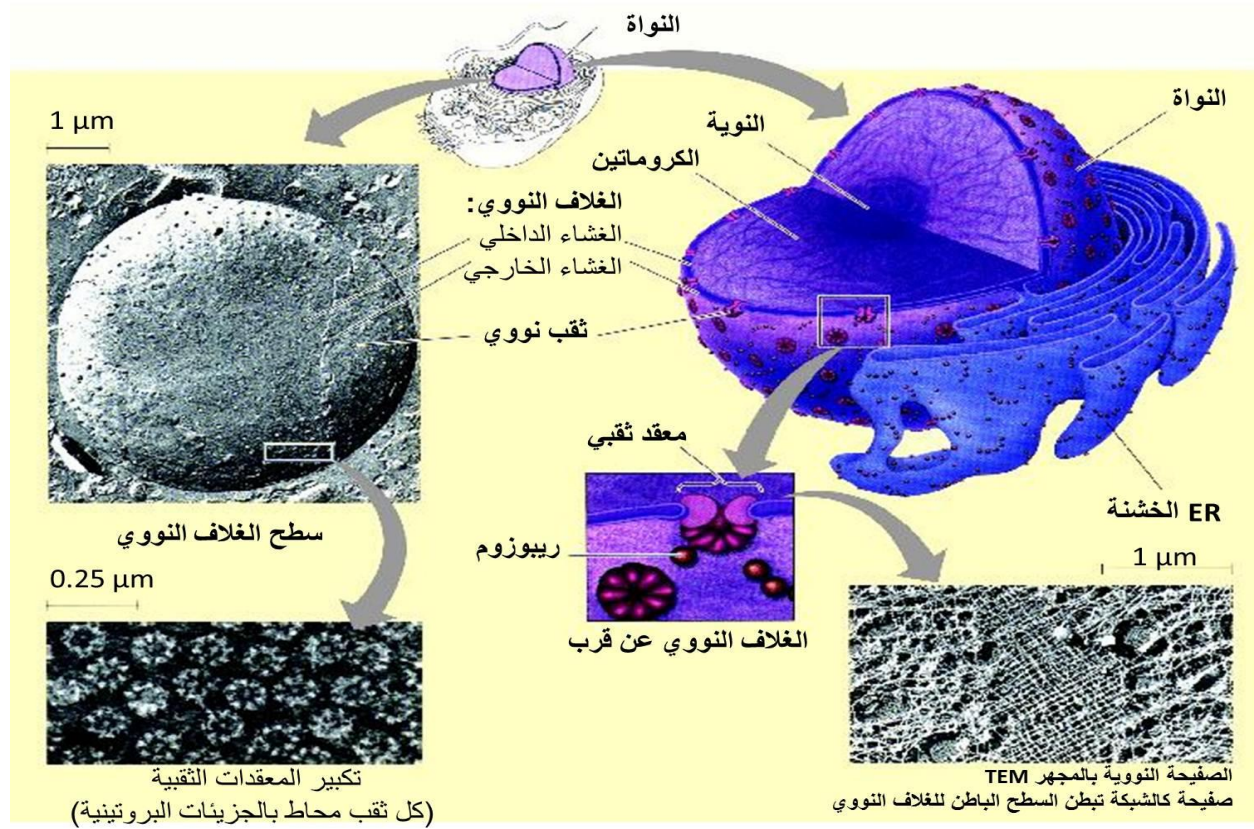
2- النواة (المكتبة الوراثية للخلية) Nucleus:

تحتوي النواة بداخلها على معظم المورثات في الخلية حقيقية النواة (تتوضع بعض المورثات في الميتوكوندريا وكذلك في الصانعات الخضراء عند بعض النباتات). ان النواة هي أكبر عضوية في الخلية حقيقية النواة، حيث يصل طول قطرها إلى حوالي 5 ميكرومترات. و يحيط بالنواة غلاف نووي (الشكل 25) يفصل محتواها عن السيتوبلازما و نميز في النواة ما يلي:

- 1- الغلاف النووي: هو عبارة عن غشاء مضاعف، يفصل بين كل من الغشاءين مسافة تتراوح بين 20-40 نانومترا. يحتوي الغلاف النووي على ثقب يصل طول قطرها إلى حوالي 100 نانومتر. تلعب هذه الثقوب دورا هاما في تنظيم دخول و خروج الجزيئات الكبيرة و جسيمات معينة من و إلى النواة.

و باستثناء الثقوب، تبطن الوجه الداخلي للغلاف النووي صفيحة نووية، تتألف من خيوط بروتينية تتوضع في تنظيم يشبه الشبكة تصون شكل النواة عن طريق دعم الغلاف النووي ميكانيكيا.

2- المادة الوراثية: ينتظم الدنا DNA ضمن النواة في وحدات متميزة تسمى الصبغيات Chromosomes، و هي البنيات الحاملة للمعلومات الوراثية. و يتكون كل صبغي من مادة تسمى الكروماتين Chromatin، و هو معقد من البروتينات و الدنا DNA. يظهر الكروماتين الملون في كل من المجهر الضوئي و الالكتروني ككتلة منتشرة. و عندما تستعد الخلية للتقسم، تتكشف خيوط الكروماتين الدقيقة لتصبح بثخانة كافية لأن تتميز كبنيات منفصلة مألوفة تسمى الصبغيات (Chromosome).



الشكل (25): النواة و غلافها. في داخل النواة توجد الصبغيات التي تظهر ككتلة من الكروماتين (من ال DNA و البروتينات المصاحبة لل DNA)، كما توجد كذلك نوية أو أكثر (تسهم في اصطناع الريبوزومات). أما الغلاف النووي الذي يتألف من غشاءين يفصل بينهما حيز ضيق، فانه يكون مثقبا بثقوب و مبطن بالصفيحة النووية.

لكل نوع من الخلايا حقيقيات النوى عدد مميز من الصبغيات، فخلية الانسان تحوي على 46 صبغيا في نواتها، ويستثنى من ذلك الخلايا الجنسية (البويض و النطاف). إذ تحتوي الخلية الجنسية في الإنسان على 23 صبغيا. كما تحتوي خلية ذبابة الفاكهة على 8 صبغيات في أغلب خلاياها، و 4 في الخلايا الجنسية.

3- النوية: و هي عبارة عن بنية بارزة داخل النواة، تترأى في المجهر الالكتروني ككتلة من حبيبات كثيفة التلوين و ألياف تتلاصق بعيدا عن الكروماتين. و يوجد فيها نوع خاص من الرنا RNA الريبوزومي، الذي يصطنع بتعليمات من الدنا DNA. كذلك تجتمع في النواة بروتينات قادمة من السيتوبلازما مع الرنا الريبوزومي rRNA في تحت وحدات ريبوزومية كبيرة و صغيرة. و تغادر تحت الوحدات هذه النواة عبر الثقوب النووية إلى السيتوبلازما، حيث تتمكن الوحدة الكبيرة و الصغيرة من الاجتماع في ريبوزوم. و قد توجد أحيانا نويتان أو أكثر، و يتوقف هذا العدد على النوع الحي و مرحلة الدورة التناسلية للخلية.

4- البلازما النووية: التي تكمن أهميتها بالمساهمة في العلاقة المتبادلة فيما بين البنيات النووية وبينها وبين السيتوبلازم.

وظائف النواة

تشرف النواة على اصطناع البروتينات عبر تصنيع الرنا المرسال mRNA وفق تعليمات مستمدة من ال DNA. و من ثم ينتقل الرنا المرسال mRNA إلى السيتوبلازما عبر الثقوب النووية. و عندما تصل جزيئة الرنا المرسال mRNA إلى السيتوبلازما، تقوم الريبوزومات بترجمة المعلومات الوراثية إلى بنية أولية لبروتين نوعي.

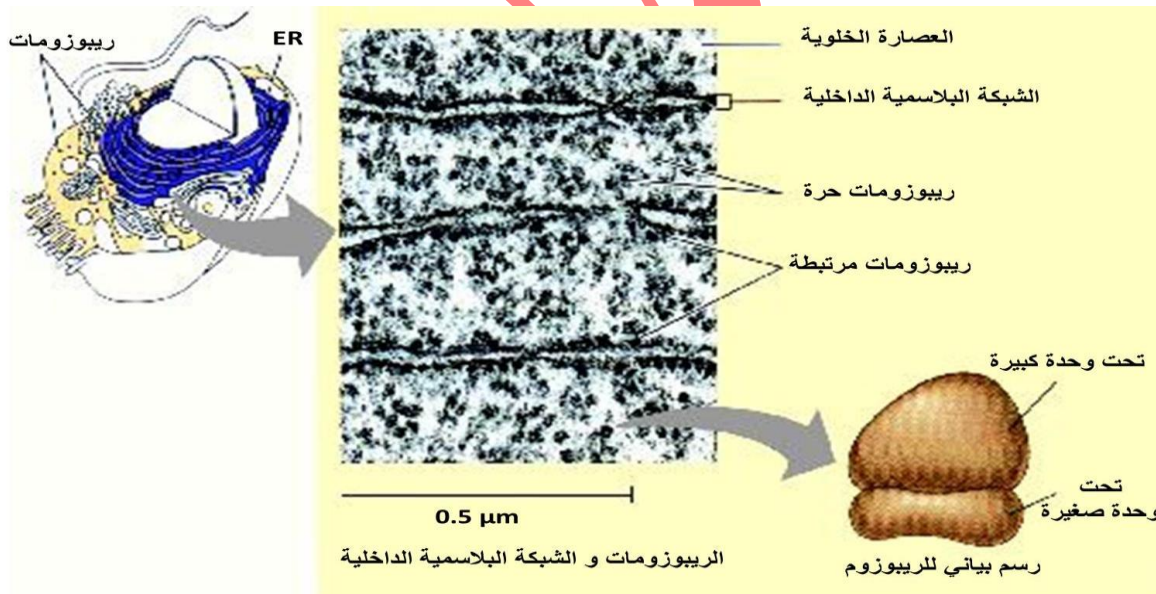
يمتلك تنظيم المادة الوراثية في منطقة نووية معزولة نسبياً عن باقي مكونات الخلية، أهمية بالغة جداً على المستوى البنيوي والوظيفي، و يمكن تلخيص الوظائف الأساسية للنواة بالنقاط التالية:

- أ- الإشراف على العمليات الكيميائية المنجزة في الخلية الحية واستمرارها بالحياة.
- ب- تعتبر مخزن للمادة الوراثية المتمثلة بالحمض النووي الريبى المنقوص الأوكسجين ال DNA.
- ج- مسؤولة عن تنظيم عملية التضاعف الوراثي واستمرار التطور والتمايز الخلوي ونقل الصفات الوراثية بدقة عبر الأجيال من خلال الانقسامات الخلوية.

د- تعمل على نسخ المعلومات الوراثية عبر الـ mRNA الرسول التي تترجم في السيتوبلازم في مستوى الجسيمات الريبية، كذلك تركيب الأنواع الأخرى من الـ rRNA الريبوزم tRNA الناقل التي تساهم في بناء البروتينات النوعية في السيتوبلازم وتشكيل الصفات الوراثية، بمعنى آخر تتحكم النواة في تشكيل ونسخ ونقل الصفات الوراثية.

3- الريبوزومات (مصانع البروتين في الخلية) Ribosomes

الريبوزومات هي عضيات تتكفل باصطناع البروتين وهي عبارة عن جزيئات مؤلفة من الرنا الريبوزومي و البروتين (الشكل 26). تمتلك الخلايا ذات المعدلات العالية للاصطناع البروتيني أعدادا كبيرة من الريبوزومات، مثل خلايا المعشكلة عند الإنسان حيث تحتوي على ملايين الريبوزومات. إن الخلايا النشطة في الاصطناع البروتيني تحتوي على نويات بارزة (إن جميع العضيات يغلفها غشاء ما عدا النويات و الريبوزومات). تقوم الريبوزومات ببناء البروتينات في مكانين مختلفين من السيتوبلازم (الشكل 26)، و هذين المكانين هما:



الشكل (26): الريبوزومات. صورة بالمجهر الالكتروني لجزء من خلية معشكلة تكمن فيها الريبوزومات، بنمطها الحر (في العصارة الخلوية). و المقيد (في الشبكة البلاسمية الداخلية). يظهر الرسم البياني المبسط للريبوزوم تحت وحدتيه.

أ- الريبوزومات الحرة المعلقة في العصارة الخلوية: تؤدي معظم البروتينات المصنعة في هذا النمط من الريبوزومات وظائفها ضمن العصارة الخلوية، ومن أمثلتها الأنزيمات المحفزة لأولى مراحل هدم السكر.

ب- الريبوزومات المرتبطة التي تثبت خارج الشبكة البلاسمية الداخلية و الغلاف النووي: و هي تصنع البروتينات المخصصة إما للاندماج في الأغشية، أو للخزن ضمن عضيات معينة كالجسيمات الحالة lysosomes، أو للخروج خارج الخلية (الإفراز). و هكذا نجد عددا كبيرا جدا من الريبوزومات المرتبطة في الخلايا المتخصصة بإفراز البروتين، و من أمثلتها نذكر خلايا المعثكلة المفردة للأنزيمات الهاضمة مثلا. تكون الريبوزومات الحرة و المرتبطة متماثلة في البنية و يمكن أن تتناوب الأدوار فيما بينها.

4- المنظومة الغشائية الداخلية و تنظيم حركة مرور البروتينات (الشبكة البلاسمية الداخلية ER (مصنع للاصطناع الحيوي)):

يشكل العديد من الأغشية المختلفة في الخلية حقيقية النواة جزءا من المنظومة الغشائية الداخلية التي تقوم بمجموعة من الوظائف المتنوعة في الخلية. و من أهم هذه الوظائف نذكر: - اصطناع البروتينات و نقلها إلى داخل الأغشية و العضيات أو إلى خارج الخلية. - الاستقلاب و حركة الليبيدات و نزع سمية السموم.

إن الأغشية المختلفة لا تتماثل في البنية و لا في الوظيفة، و فضلا عن ذلك، فإن التركيب الجزيئي، و الثخانة، و أنماط التفاعلات الكيميائية التي تنفذها البروتينات في غشاء ما ليست ثابتة، بل قد تتحور بضعة مرات خلال حياة الغشاء.

تتضمن الأغشية الداخلية كلا من : - الغلاف النووي، - الشبكة البلاسمية الداخلية endoplasmicreticulum، - الجسيمات الحالة lysosomes (الليزومات)، - جهاز غولجي، - أنواع مختلفة من الفجوات، و نشير هنا إلى أن الغشاء البلاسمي لا يعد غشاء في موقعه الفيزيائي، لكنه مع ذلك ذو انتماء إلى الشبكة البلاسمية الداخلية و الأغشية الداخلية الأخرى.

لقد ناقشنا الغلاف النووي سابقا، و سنركز هنا على الشبكة البلاسمية الداخلية، و الأغشية الداخلية الأخرى التي تنشأ من هذه الشبكة.

تتألف الشبكة البلاسمية الداخلية من شبكة واسعة من الأغشية تبلغ أكثر من نصف مجموع الأغشية لدى العديد من الخلايا حقيقيات النوى. (تعني endoplasmic "داخل السيتوبلازما" بينما تعني reticulum من اللاتينية "الشبكة الصغيرة").

و تتألف الشبكة البلاسمية الداخلية من شبكة من نسيبيات غشائية و أكياس تسمى صهاريج (خزان الماء). يقوم غشاء الشبكة البلاسمية الداخلية بفصل مقصورة داخلية تدعى لمعة الشبكة البلاسمية عن العصارة الخلوية. و لما كان غشاء الشبكة البلاسمية الداخلية متماديا مع الغلاف النووي، فإن الحيز الكائن بين غشاء الغلاف يتواصل مع لمعة الشبكة البلاسمية الداخلية (الشكل 27).

تتميز الشبكة البلاسمية الداخلية إلى منطقتين مختلفتين في البنية و الوظيفة مع أنهما متصلتين و هاتان المنطقتان هما:

- الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة: و قد سميت بهذا الاسم لأن الجسيمات الريبية ترتبط إليها و تعطيلها مظهرًا خشنا يبدو واضحًا تحت المجهر الضوئي.

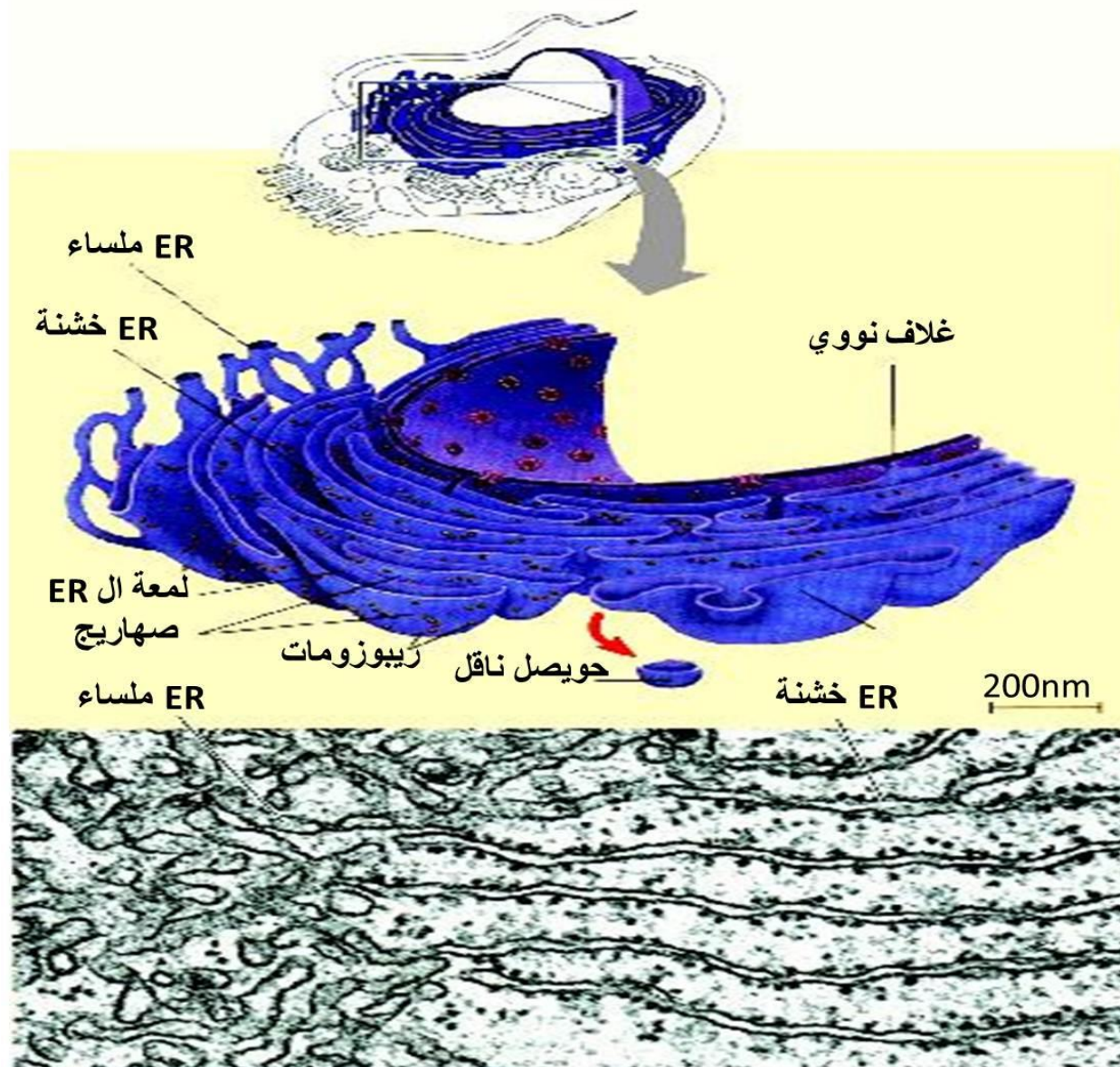
- الشبكة البلاسمية الداخلية الملساء: لقد سميت كذلك لانعدام الريبوزومات على سطحها الخارجي.

أ- وظائف الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة:

1- تفرز الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة بروتينات أنتجتها ريبوزومات متصلة بها. فمثلاً، تفرز بعض خلايا المعثكلة بروتين الأنسولين (و هو هرمونا) الى مجرى الدم (الشكل 26).

2- صنع البروتينات الإفرازية، التي يحفظها الغشاء البلاسمي منفصلة عن البروتينات التي أنتجتها الريبوزومات الحرة و التي سوف تبقى في العصارة الخلوية، و هنا تغادر البروتينات الإفرازية الشبكة البلاسمية الداخلية مغلفة في أغشية حويصلات تتبرعم كالفقاعات من منطقة متخصصة تدعى الشبكة البلاسمية الداخلية الانتقالية (الشكل 27). و تدعى الحويصلات المنتقلة من جزء من الخلية إلى آخر باسم حويصلات النقل.

3- تعد الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة مصنعا للأغشية في الخلية، إنها تتنامى في مواضعها عبر إضافة بروتينات و فوسفوليبيدات غشائية إلى غشائها الخاص.



الشكل (27): الشبكة البلاسمية الداخلية. منظومة غشائية من نبيبات متداخلة و أكياس مفلطحة تسمى الصهاريج، هذه الشبكة متمادية أيضا مع الغلاف النووي. يكتنف غشاء الشبكة الداخلية فراغ يسمى لمعة الشبكة (أو الحيز الصهريجي). يمكن تمييز الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة المرصعة بالريبوزومات، عن الملساء بواسطة المجهر الالكتروني النافذ. تتبرعم حويصلات النقل من منطقة من الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة تسمى الشبكة البلاسمية الانتقالية و ترحل منها إلى جهاز غولجي و أماكن أخرى.

ب- وظائف الشبكة البلاسمية الداخلية الملساء

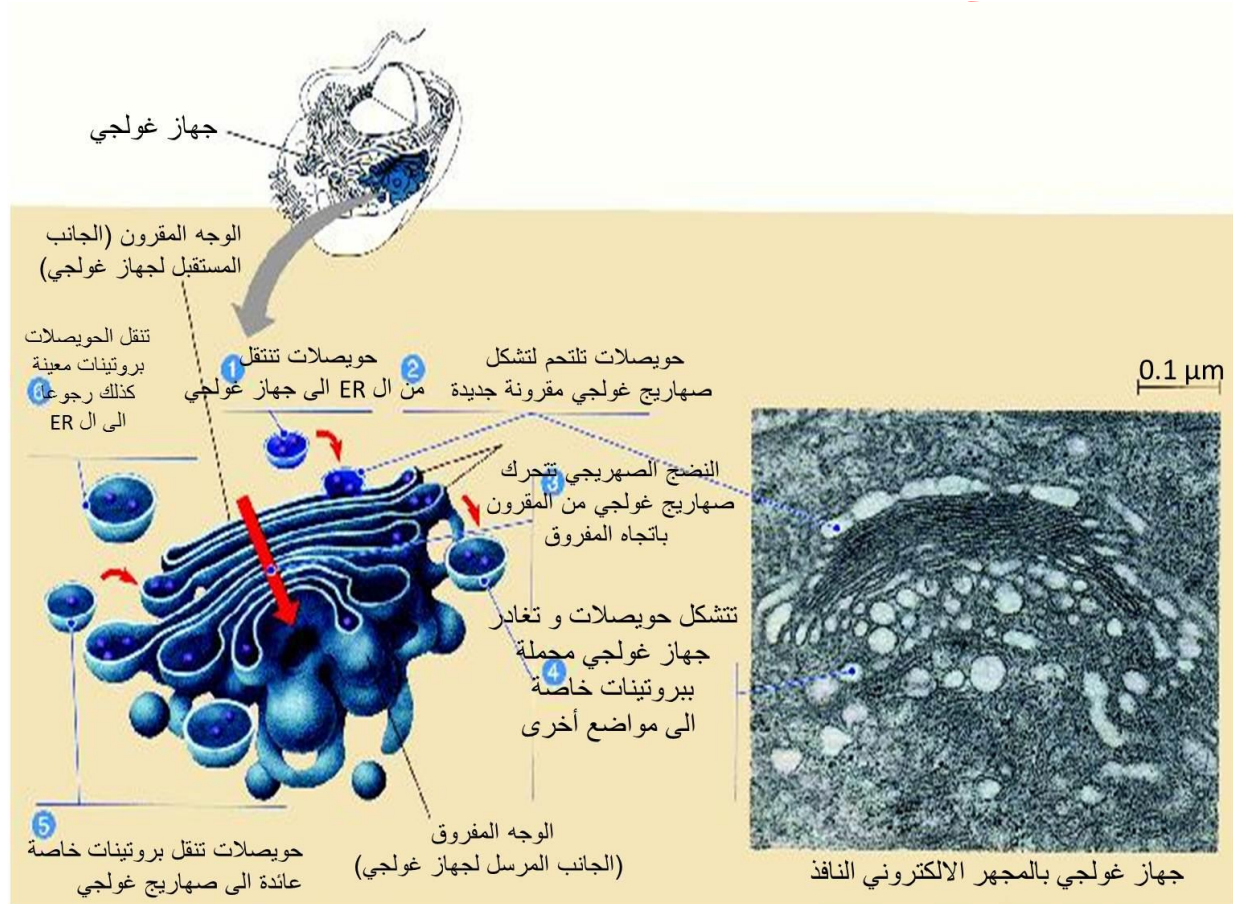
- a. تلعب الشبكة السيتوبلاسمية الداخلية للمساء دورا هاما في عمليات استقلاب متنوعة لدى مختلف أنواع الخلايا. و تتضمن هذه العمليات اصطناع الليبيدات، و استقلاب الكاربوهيدرات. حيث تقوم إنزيمات الشبكة للمساء بدور هام في اصطناع الليبيدات بما في ذلك الزيوت، و الفوسفوليبيدات و الستيروئيدات. و من بين الستيروئيدات التي تنتجها الشبكة للمساء في الخلايا الحيوانية نذكر الهرمونات الجنسية للفقاريات التي تفرزها الغدتان الكظريتان.
- b. نزع سمية العقاقير و السموم: تحتوي الشبكة البلاسمية للمساء على أنزيمات أخرى تساعد على نزع سمية العقاقير و السموم، لا سيما في خلايا الكبد.
- c. تخزين الشبكة البلاسمية الداخلية للمساء أيونات الكالسيوم، ففي الخلايا العضلية مثلا، يضخ غشاء متخصص من الشبكة للمساء أيونات الكالسيوم من العصارة الخلوية إلى لمعة الشبكة البلاسمية. و حينما تنبه دفعة عصبية خلية عضلية، تندفع أيونات الكالسيوم راجعة عبر غشاء الشبكة الداخلية البلاسمية إلى العصارة الخلوية فتقذح تقلص الخلية العضلية.

5- جهاز غولجي (مركز الشحن و الاستلام و التسليم): Golgi apparatus

إن بعض حويصلات النقل التي تغادر الشبكة البلاسمية الداخلية تصل إلى جهاز غولجي. فاذا تصورنا أن جهاز غولجي مركز تصنيع و خزن و فرز و شحن. ففي جهاز غولجي يتم تخزين منتجات الشبكة البلاسمية الداخلية و من ثم إرسالها إلى مقاصدها الأخرى. لذلك نجد أن جهاز غولجي يكون متسعا بشكل خاص في الخلايا المخصصة للإفراز.

يتألف جهاز غولجي من أكياس (صهاريج) غشائية مسطحة تتراعى على هيئة كداسة من أرغفة الخبز الرقيقة (الشكل 28)، و يمكن للخلية أن تمتلك العديد أو حتى المئات من هذه الكداسات. و يفصل غشاء كل كيس في الكداسة بين حيزه الداخلي و بين العصارة الخلوية.

تتمتع كداسة غولجي بقطبية متميزة، تختلف فيها أغشية أكياسها على الجانبين المتقابلين من حيث الثخانة و التركيب الجزيئي. ويشار إلى قطبي كداسة غولجي بالوجه المقرون أو وجه التشكل و الوجه المفروق أو وجه الافراز و هما يعملان على التوالي كقسمين للاستلام و الشحن في جهاز غولجي. و عادة ما يتوضع الوجه المقرون إلى جوار الشبكة البلاسمية الداخلية.



الشكل (28): جهاز غولجي. يتألف جهاز غولجي من كداسات من أكياس مسطحة، أو صهاريج، منفصلة البنية بعكس صهاريج الشبكة البلاسمية الداخلية. تستلم كداسة غولجي و تشحن حويصلات النقل و ما تحتويها من منتجات. و تتصف كداسة غولجي بقطبية بنوية و وظيفية. فالوجه المقرون يستلم الحويصلات الحاوية على منتجات الشبكة البلاسمية الداخلية، و الوجه المفروق يرسلها، يوحي أنموذج النضج الصهريجي أن صهاريج غولجي يبدو أنها تنضج و تنتقل من الوجه المقرون إلى الوجه المفروق حاملة بعض البروتينات خلال ذلك. فضلا عن أن

بعض الحويصلات تعيد تدوير الأنزيمات التي حملت قدما في الصهاريج المتحركة لتعيدها رجوعا إلى منطقة جديدة بحاجة إلى وظائفها.

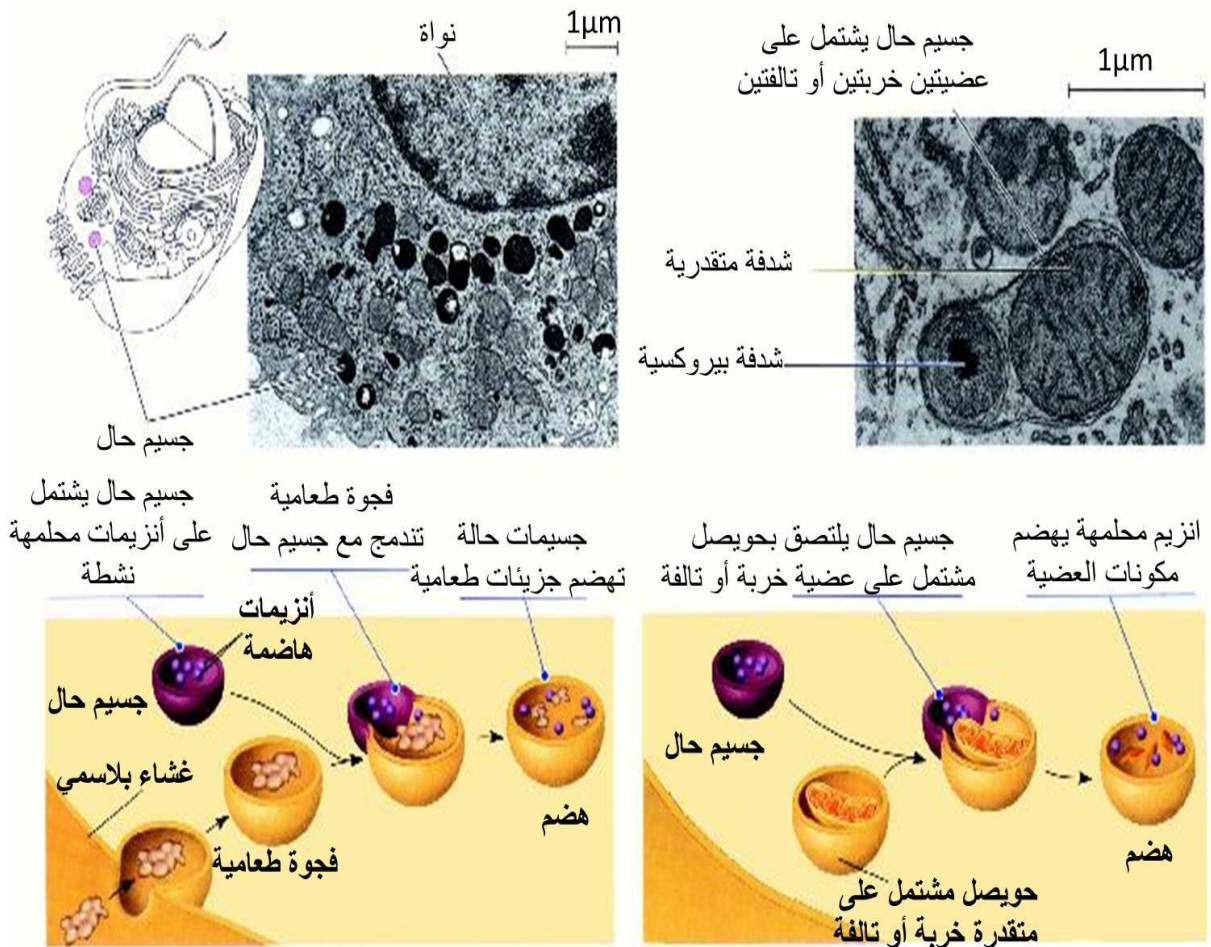
وظائف جهاز غولجي

- a. صقل أو تحويل منتجات الشبكة البلاسمية الداخلية أثناء انتقالها من المنطقة المقرونة الى المنطقة المفروقة من جهاز غولجي اذ يمكن أن تتغير بروتينات و فوسفوليبيدات الأغشية، فمثلا تعمل أنزيمات غولجية مختلفة على تحويل الأجزاء الكربوهيدراتية من البروتينات السكرية.
- b. يقوم جهاز غولجي بنفسه جزيئات كبيرة. فمثلا يعتبر العديد من عديدات السكر التي تفرزها الخلايا منتجات غولجية، بما فيها البكتين و عديدات السكريد الأخرى غير السيللوزية التي تصنعها خلايا النبات و تدمجها مع السيللوز في جدر الخلايا.
- c. يصنع جهاز غولجي منتجاته و ينقيها عبر مراحل و في صهاريج مختلفة بين المنطقتين المقرونة و المفروقة الحاويتين على طواقم فريدة من الأنزيمات.
- d. يقوم جهاز غولجي بتصنيف منتجات كداسته ثم توجيهها إلى مختلف أجزاء الخلية قبل أن يحلها عبر برعمة الحويصلات من الوجه المفروق.

6- الجسيمات الحالة (مقصورات هاضمة) Lysosomes:

إن الجسيمات الحالة Lysosomes هي عبارة عن كيس غشائي مؤلف من أنزيمات محلطة hydrolytic تستخدمها الخلية الحيوانية لهضم جميع أصناف الجزيئات الكبيرة. تعمل الأنزيمات الحالة الموجودة في الجسيمات الحالة بشكل أفضل إذا كان الوسط حمضيا. فإذا انفجر الجسيم الحال أو تسربت محتوياته، فإن أنزيماته المتحررة لا تكون فعالة جدا لأن العصارة الخلوية ذات درجة حموضة (PH) معتدلة. ولكن إذا حدث تسرب مفرط من عدد ضخم من الجسيمات الحالة يمكن أن يدمر الخلية بفعل الهضم الذاتي autodigestion.

يتم تصنيع غشاء الجسم الحال و أنزيماته المحلثة في الشبكة البلاسمية الداخلية الخشنة ثم تنقل إلى جهاز غولجي لمزيد من التدقيق و المعالجة. و قد تنشأ بعض الجسيمات الحالة عن طريق الوجه المفروق من جهاز غولجي (الشكل 29 ب). تستطيع بروتينات السطح الداخلي لغشاء الجسم الحال و الأنزيمات الهاضمة نفسها أن تحمي نفسها من التلف من خلال امتلاكها بنيات أو تكوينات ثلاثية الأبعاد تحمي روابطها الحساسة من الهجوم الأنزيمي.



أ- التهام الذات أو الهدم الذاتي: هضم الجسيم الحال لعضية تالفة، ب- البلعمة الخلوية: هضم الجسيمات الحالة للطعام.

الشكل (29): الجسيمات الحالة. تهضم الجسيمات الحالة المواد التي تدخل إلى أعماق الخلية و تعيد تدوير المواد داخل الخلية. في الشكل (أ) نرى في سيتوبلازما خلية كبد الجرذ جسيما حالا ابتلع اثنتين من العضيات

الواهنة تتمثلان في متقدرة و بيروكسية خلال عملية التهام الذات، و يظهر الرسم البياني في الأسفل جسيما حالا يندمج مع حويصل يحوي متقدرة تالفة. في الأعلى (ب) خلية بالعة من جرذ، تبدو فيها الجسيمات الحالة قائمة اللون بسبب استخدام ملون نوعي يتفاعل مع أحد منتجات الهضم داخل الجسيم الحال. تهضم البالعات البكتريا و الفيروسات و تخربها بفضل الجسيمات الحالة. يظهر الرسم البياني في الأسفل أحد الجسيمات الحالة أثناء اندماجه مع حويصل طعامي خلال عملية البلعمة.

وظائف الجسيمات الحالة

1- تقوم الجسيمات الحالة بعملية الهضم داخل خلوي Intracellular في تشكيلة متنوعة من الظروف. فعلى سبيل المثال هناك بعض خلايا الكائنات الحية مثل الأميبات Amoebas وكثير من الأوليات Protists الأخرى تأكل بالابتلاع متعضيات أصغر منها أو فتيات طعام أخرى. تسمى هذه العملية باسم البلعمة الخلوية Phagocytosis. وكذلك تمارس بعض الخلايا البشرية عملية البلعمة الخلوية و من بينها البالعات و هي نمط من خلايا الدم البيضاء التي تسهم في الدفاع عن الجسم عبر الإحاطة بالبكتيريا و الفيروسات و إبادتها (الشكل 30).



الشكل (30): انبثاق الوظائف الخلوية من تعاون عدة متعضيات.

إن قدرة هذه البلعمية (اللون البني) على تعرف البكتيريا و فهمها و تدميرها (اللون الأصفر) هي نشاط متناسق للخلية بأكملها. فهيكلكها الخلوي و جسيماتها الحالة و غشاؤها البلاسمي هي من بين المكونات التي تعمل في خاصية البلعمة.

2- تستعمل الجسيمات الحالة أنزيماتها المحلمهة في إعادة تدوير المادة العضوية الخاصة بالخلية ذاتها، و هي عملية تدعى التهام الذات (الهدم الذاتي Autophagy). و نشير هنا إلى أنه في التهام الذات تحاط العضية التالفة أو كمية قليلة من العصارة الخلوية بغشاء بحيث تشكل حويصل لا يلبث أن يندمج مع الجسيم الحال (الشكل 29 أ). إذا بفضل الجسيمات الحالة تجدد الخلية نفسها على الدوام. فمثلا ، تعيد خلية كبد الإنسان تصنيع نصف ما تحويه من جزيئات كبيرة كل أسبوع.

3- تمنح الجسيمات الحالة تراكم الشحوم و المواد غير المهضومة بفضل أنزيماتها الحالة و بالتالي تجنب الإنسان من بعض أمراض خزن الجسيمات الحالة الوراثية، فمثلا في حالة مرض "تاي-ساكس" يكون الأنزيم الهاضم للشحم غائبا أو غير فعال، فتتراكم الشحوم في خلايا الدماغ و تتلفها، و لحسن الحظ، فان أمراض خزن الجسيمات الحالة نادرة.