3. النظام الغشائي الداخلي
SYSTEME ENDOMEMBRANAIRE

يتألف النظام الغشائي الموجود في الخلايا من مجموعة مترابطة من الهياكل الغشائية وهي الفراغات الموجودة في السيتوبلازم، والتي تحاط بأغشية وتترابط فيما بينها عن طريق حويصلات أو قنوات صغيرة تؤدي دورًا أساسيًا في حماية الخلية، ونقل المواد، والتواصل داخل الخلية.

النظام الغشائي الداخلي للخلية النباتية هو مجموعة من الأغشية التي تشكل شبكة من العضيات التي تعمل معًا لتنظيم حركة المواد، وتخزينها، ومعالجتها، وتوزيعها داخل الخلية. تلعب هذه العضيات دورًا حيويًا في وظائف الخلية النباتية مثل تصنيع البروتينات، وهضم المواد التالفة، وتنظيم ضغط الخلية ودعم بنيتها. يشمل هذا النظام عدة مكونات رئيسية، منها:

الغشاء البلازمي: يحيط بالخلية ويفصلها عن البيئة الخارجية، ويسمح بمرور المواد إلى داخل الخلية وخارجها.

الشبكة الإندوبلازمية réticulum endoplasmique : وهي شبكة من الأنابيب والقنوات تساعد في تصنيع ونقل البروتينات والدهون. تنقسم إلى نوعين، الشبكة الإندوبلازمية الخشنة التي تحتوي على ريبوسومات، والشبكة الإندوبلازمية الملساء التي تخلو من الريبوسومات.

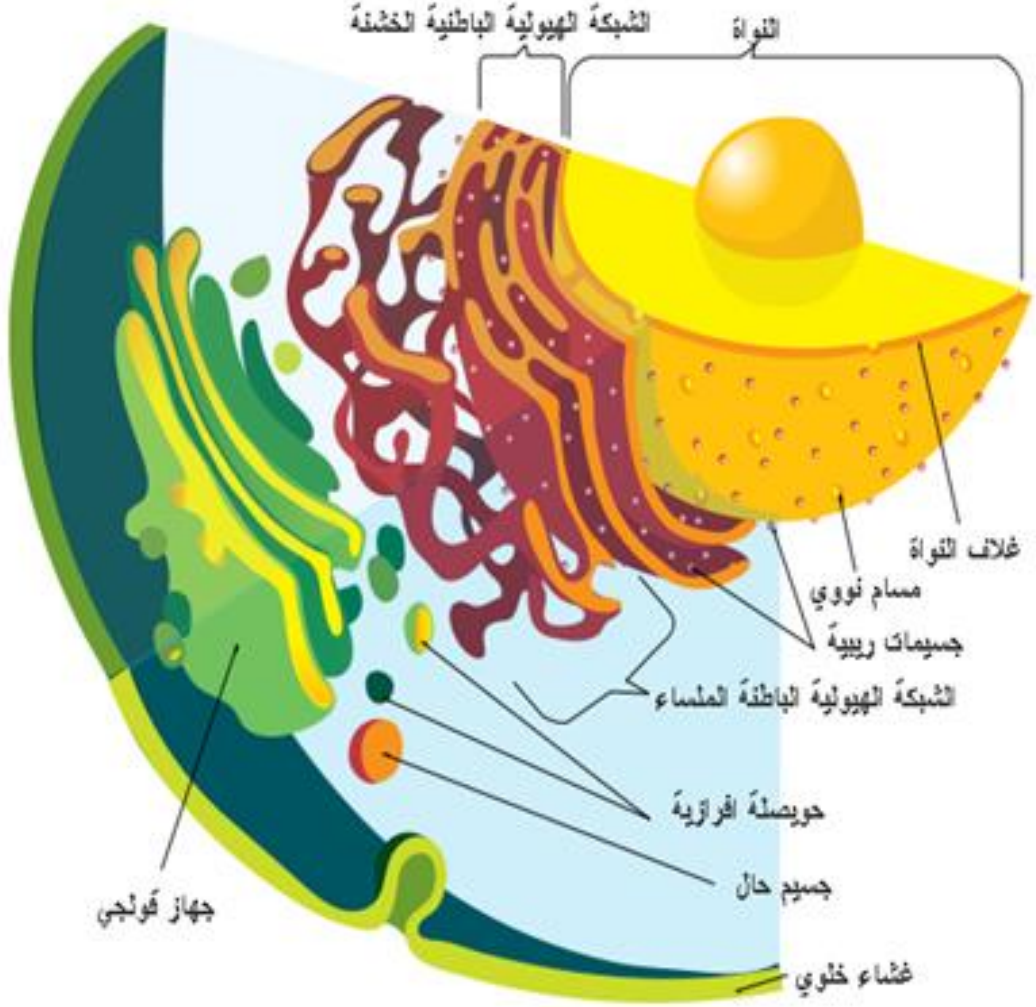
جهاز غولجي l'appareil de Golgi: يقوم بتعديل وتغليف البروتينات والمواد الأخرى ونقلها إلى وجهاتها النهائية داخل أو خارج الخلية.

الليزوسومات Lysosomes: تحتوي على إنزيمات هاضمة تساعد في تفكيك المواد التالفة أو غير الضرورية داخل الخلية.

الحويصلات Vésicules: أكياس صغيرة تنقل المواد بين أجزاء النظام الغشائي أو إلى الغشاء البلازمي.

الفجوات Vacuoles : أكبر عضية في الخلية النباتية، تعمل على تخزين الماء والمواد المغذية، وتساعد في الحفاظ على الضغط الانتباجي، مما يدعم بنية الخلية ويحافظ على شكلها.

يعمل هذا النظام بتنسيق لتحريك الجزيئات المختلفة داخل الخلية، ويسهم في أداء الخلية لوظائفها الحيوية بكفاءة.


الشبكة الهيولية الباطنية الخشنة
النواة
غلاف النواة
مسام نووي
جسيمات ريبية
الشبكة الهيولية الباطنة الملساء
حويصلة افرازية
جسيم حال
جهاز غولجي
غشاء خلوي

1.3. تركيب وبنية الأغشية:

1- التركيب البيوكيميائي:

يختلف تركيب الغشاء باختلاف نوعه ونوع الخلية تتميز البروتينات بأنها قليلة العدد ولكنها كبيرة الحجم، بينما تكون الدهون وفيرة العدد وصغيرة الحجم.

2- الدهون المكونة للأغشية:

تتميز الخلايا النباتية بتكوين خاص من الدهون المكونة للأغشية، والتي تلعب دورًا حيويًا في الحفاظ على استقرار الغشاء ووظائفه. من أبرز أنواع الدهون المكونة للأغشية في الخلايا النباتية:

الدهون الفسفورية phospholipides : تشكل البنية الأساسية للأغشية، تتكون من رأس قطبي يحب الماء وذيل غير قطبي كاره للماء. تساهم هذه التركيبة في تشكيل طبقة مزدوجة من الدهون، مما يسمح بتوازن فعال بين النفاذية واستقرار الغشاء.

الدهون السكرية glycolipides : تتواجد على سطح الأغشية، تلعب دورًا مهمًا في التفاعل مع البيئة الخارجية والتعرف على الجزيئات الأخرى تساهم هذه الدهون أيضًا في عملية نقل الإشارات الخلوية وتساعد في الحفاظ على استقرار الغشاء.

3- تنظيم الدهون:

تكوين الطبقة الثنائية bicouche : عند وضع الفوسفوليبيدات في وسط مائي، فإن الرؤوس المحبة للماء تبقى على اتصال مع الماء، بينما تحاول الذيول الكارهة للماء التقليل هذا الاتصال.

موضع الغليكوليبيدات: تتواجد هذه الجزيئات، القادرة على الاتصال بالماء، بشكل رئيسي في الجانب الخارجي

4- البروتينات الغشائية:

البروتينات الغشائية في الخلية النباتية تلعب دورًا أساسيًا في العديد من الوظائف الحيوية. تنقسم البروتينات الغشائية إلى نوعين رئيسيين:

1- البروتينات الخارجية (المحيطية) protéines extrinsèques ou protéines périphériques :

تشكل حوالي 30% من البروتينات الغشائية. توجد على سطح الغشاء ولا تتوغل داخل الطبقات الدهنية. يمكن أن تكون مرتبطة بالبروتينات الأخرى أو بالدهون الفوسفورية. وتتمثل وظائفها:

تسهيل التفاعل مع البيئة: تعمل كمستقبلات للمعلومات من البيئة المحيطة.

الدعم الهيكلي: تساهم في الحفاظ على شكل الخلية واستقرارها.

التفاعل مع الخلايا الأخرى: تشارك في عمليات الالتصاق بين الخلايا.

2- البروتينات الداخلية (العبور عبر الغشاء) Protéines intrinsèques ou protéines transmembranaires: وتشكل حوالي 70% من البروتينات الغشائية. تمتد عبر الغشاء بالكامل، وتتواجد في كل من الجانبين الداخلي والخارجي للغشاء. تتكون من مناطق مائية وغير مائية. وتتمثل وظائفها:

النقل: تعمل كقنوات أو ناقلات لنقل الجزيئات الكبيرة أو الأيونات عبر الغشاء.

التفاعلات الكيميائية: تشارك في عمليات التفاعل الكيميائي، مثل التفاعلات الإنزيمية.

الإشارات الخلوية: تلعب دورًا في نقل الإشارات من خارج الخلية إلى داخلها، مما يؤثر على استجابة الخلية.

2.3. النقل الغشائي:

يُشير النقل الغشائي إلى الطرق التي تنتقل بها المواد عبر الغشاء الخلوي. يُعتبر الغشاء الخلوي حاجزًا يسمح بمرور بعض الجزيئات في حين يمنع أخرى، ويُصنف النقل الغشائي إلى نوعين رئيسيين:

1- النقل الخلوي transports cytotiques : يتضمن تغييرًا في شكل الغشاء. يتم تعبئة الجزيئات التي سيتم نقلها داخل غلاف يشير النقل الخلوي إلى حركة المواد داخل الخلية، سواء كان ذلك عبر السيتوبلازم أو داخل العضيات. وهو أنواع :

الإخراج الخلوي Exocytose: ظاهرة تسمح بتصدير الجزيئات من الوسط داخل الخلوي إلى الوسط خارج الخلوي.

الإدخال الخلوي Endocytose: نظام يمكّن الخلية من استيراد الجزيئات من الوسط خارج الخلوي إلى الوسط داخل الخلوي.

الابتلاع Phagocytose: مخصص للجزيئات الكبيرة أو الكائنات. يتشكل جزء من الغشاء البلازمي حول الجسم المراد ابتلاعه.

البلع Pinocytose: نظام مخصص للجزيئات الصغيرة المذابة في الماء. يتكون حويصلة بلعومية تحتوي على السائل.

الإدخال الخلوي بواسطة المستقبل Endocytose sélective: تقوم الخلية بالتقاط جزيئات معينة فقط. على سطح الخلية، توجد مستقبلات ترتبط ببعض الجزيئات.

2- النقل النفاذي Transports Perméatifs: النقل الذي لا يتضمن تغييرًا في شكل الغشاء البلازمي. يتدخل عادةً بروتينات غشائية.

1. الانتشار الحر Diffusion libre : يتعلق بجزيئات صغيرة، كارهة للماء، وغير مشحونة. هذه الجزيئات تعبر الغشاء البلازمي مباشرة. يتناسب تدفق الجزيئات التي تعبر الغشاء مع التدرج الكهروكيميائي، الذي يعتمد على عاملين:

تدرج التركيز : حيث تمر الجزيئات من المنطقة الأكثر تركيزًا إلى المنطقة الأقل تركيزًا.

التدرج الكهربائي : ينطبق على الجزيئات المشحونة.

الخصائص الرئيسية:

لا تتطلب طاقة = نقل سلبي . transport passif

يحدث في اتجاه تدرج التركيز.

لا تتطلب ناقلات.

2. الأسموز L’osmose : نقل الماء من حجرة إلى أخرى. ينتقل الماء دائمًا من المنطقة الأقل تركيزًا بالذائبات إلى المنطقة الأكثر تركيزًا. دخول الماء إلى الخلية يؤدي إلى انتفاخ الفجوة، ويُطلق على هذه الخلايا اسم خلايا منتفخة Turgescence خروج الماء يؤدي إلى انكماش، ويُطلق على هذه الخلايا اسم "خلايا متقلصة . Plasmolyse

إذا كان الوسط الخارجي ذا تركيز عالٍ، يُطلق عليه "وسط مفرط التركيز hypertonique إذا كان الوسط الخارجي ذا تركيز منخفض، يُطلق عليه "وسط منخفض التركيز hypotonique إذا كان الوسط الخارجي بنفس تركيز الوسط داخل الخلوي، يُطلق عليه وسط متساوي التركيز.

3. الانتشار الميسر diffusion facilitée : نظام نقل يسمح للجزيئات ذات الحجم الكبير أو المشحونة كهربائيًا بعبور الغشاء بسرعة يستخدم هذا النظام ناقلات تزيد من سرعة النقل، لكنها لا تغير اتجاهه.

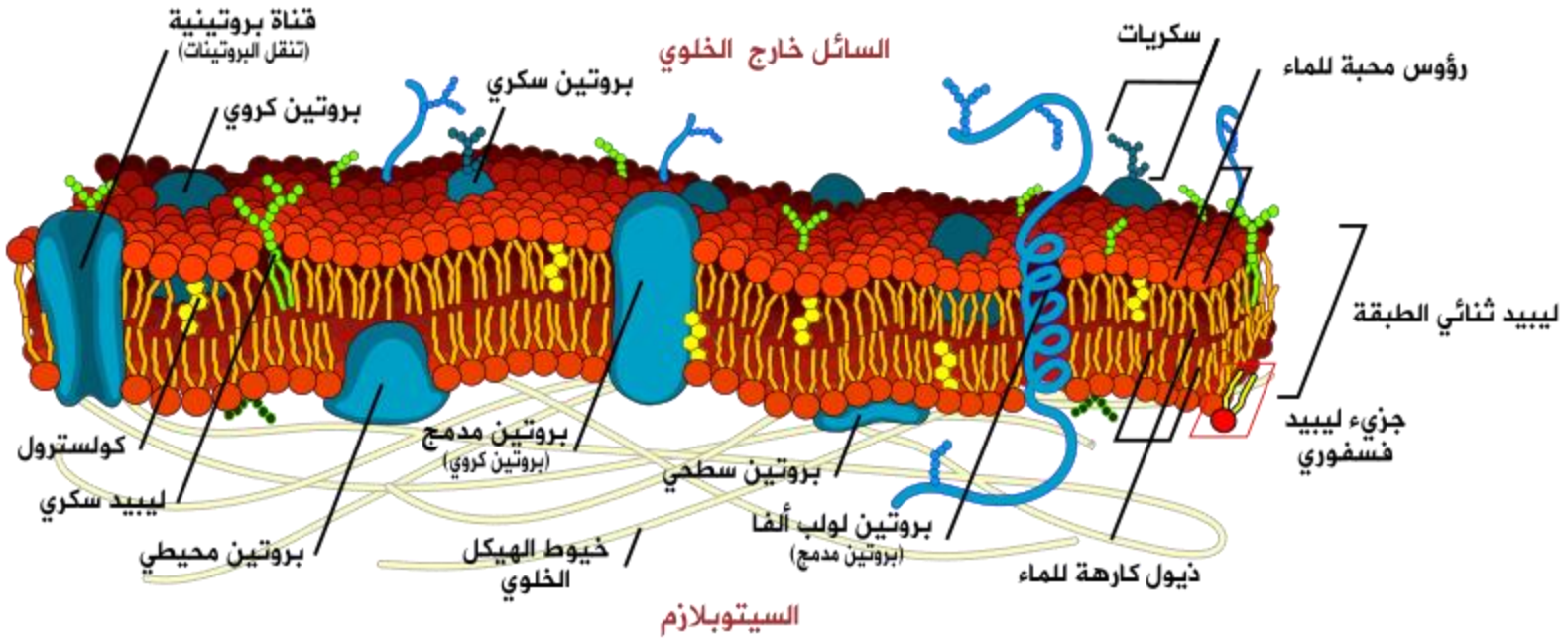
الخصائص الرئيسية:

- لا تتطلب طاقة = نقل سلبي.
- يحدث في اتجاه تدرج التركيز.
- يحتاج إلى ناقل

4. **النقل النشط Transport Actif : يتم** النقل النشط ضد تدرج التركيز (من الأقل تركيزًا إلى الأكثر تركيزًا). وهو نتيجة لنشاط بروتين (perméase) (يتطلب طاقة على شكل ATP) تعتبر أيونات الصوديوم (Na+)، والبوتاسيوم (K+)، والكالسيوم (Ca^{2+}) هي الأيونات التي تستخدم هذا النوع من النقل بشكل أساسي.

يمكن أن يكون النقل النشط بسيطًا أو مزدوجًا.

عندما يكون بسيطًا، تمر جزيئة واحدة فقط عبر الناقل في كل مرة. وإذا كان مزدوجًا، يمكن أن تمر جزيئات مختلفة في نفس الوقت، إما في نفس الاتجاه (symport) أو في اتجاهين متعاكسين (antiport).


قناة بروتينية
(تنقل البروتينات)
بروتين كروي
بروتين سكري
السائل خارج الخلوي
سكريات
رؤوس محبة للماء
ليبيد ثنائي الطبقة
جزيء ليبيد
فسفوري
كولسترول
ليبيد سكري
بروتين محيطي
بروتين مدمج
(بروتين كروي)
خيوط الهيكل
الخلوي
بروتين سطحي
بروتين لولب ألفا
(بروتين مدمج)
ذيول كارهة للماء
السيتوبلازم

3.3. الخلية النباتية الشبكة الاندوبلازمية Réticulums Endoplasmiques:

عضيه موجودة في الخلايا حقيقية النواة وتعتبر جزءاً أساسياً من النظام العضوي داخل الخلية. تُشكل الشبكة الإندوبلازمية شبكة معقدة من الأنابيب والتجاويف التي تشكل صهاريج (cisterne) تتكون هذه الشبكة من غشاء واحد وهي تمتد عبر الخلية بالكامل.

تنقسم الشبكة الإندوبلازمية إلى نوعين رئيسيين:

1. الشبكة الإندوبلازمية الخشنة (Réticulum Endoplasmique Rugueux - RER) :

يتميز هذا النوع بوجود عدد كبير من الحبيبات الدقيقة على السطح الخارجي للشبكة، وهذه الحبيبات غنية بحمض (Acide Ribonucleique) تدعى الريبوزومات يتم صنعها النواة وهي مسؤولة عن تخليق البروتينات التي سيتم إفرازها أو دمجها في أغشية الخلايا.

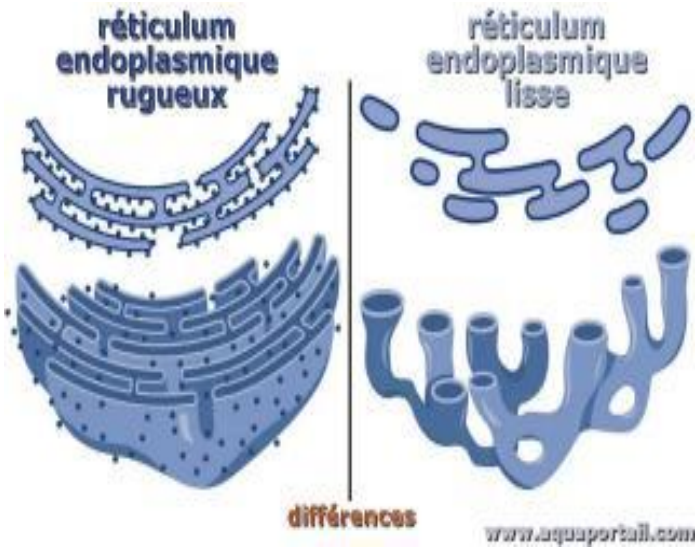
يلاحظ أن الشبكة تتصل بغشاء النواة عبر ثقوب في هذا الغشاء تسمح بمرور المواد من النواة إلى السيتوبلازم وبالعكس.

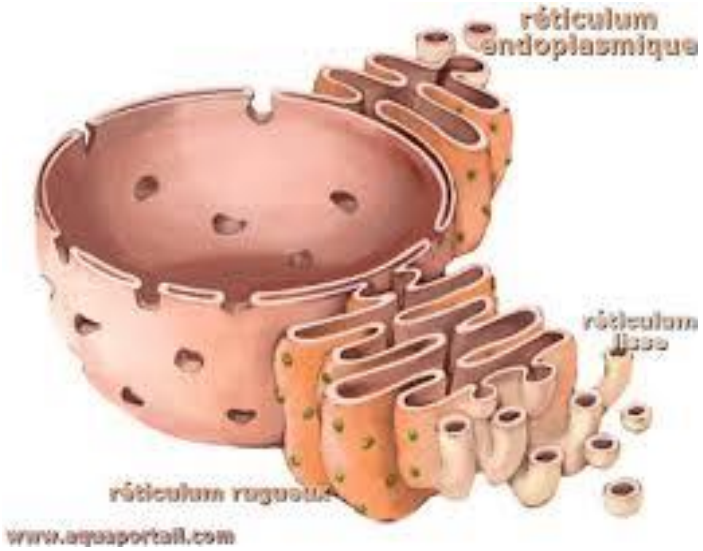
2. الشبكة الإندوبلازمية الملساء (Réticulum Endoplasmique Lisse - REL) : لا تحتوي على ريبوزومات على سطحها، تلعب دورًا في تصنيع الدهون.

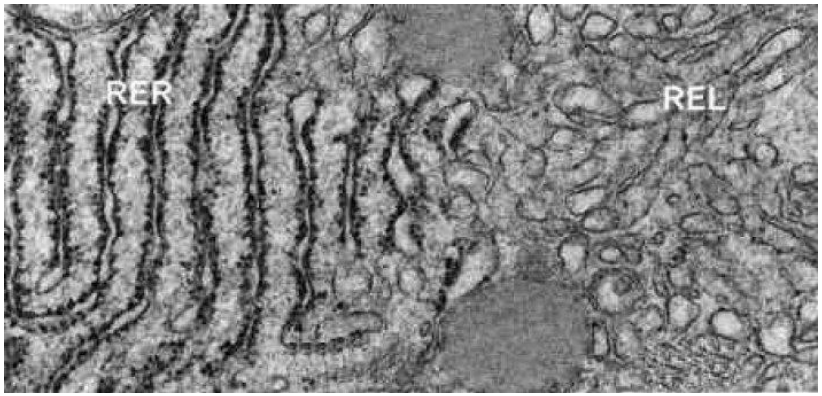
وتشمل عناصر الشبكة الإندوبلازمية ذات الأغشية الخالية من الريبوزومات الملتصقة، وتحتوي أغشيتها على كثير من الإنزيمات بداخلها التي لا تعمل عندما تتواجد حرة أو طليقة داخل السيتوبلازم. وتعمل هذه الإنزيمات على المساعدة في بناء الدهون.

منشأ الشبكة الإندوبلازمية الملساء هو الشبكة الإندوبلازمية الخشنة

كان الاعتقاد السائد أن الشبكة الإندوبلازمية الملساء تعمل كسيلة اتصال بين الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وبين مكونات الخلية الأخرى، ولكن أثبتت الدراسات الحديثة أن عملية نقل المواد خلال الشبكة أكثر تعقيداً من ذلك، فبعض البروتينات المتكونة من الريبوزومات المرتبطة تنتقل إلى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة ومنها إلى الملساء ومنها إلى عضيات الخلية الأخرى، بينما تنتقل بروتينات أخرى من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة مباشرة إلى عضيات الخلية.


réticulum endoplasmique rugueux
réticulum endoplasmique lisse
différences
www.aquaportail.com


réticulum endoplasmique
réticulum lisse
réticulum rugueux
www.aquaportail.com


RER
REL

العلاقة بين الشبكة الإندوبلازمية وغشاء النواة وغشاء الخلية :

للشبكة الإندوبلازمية علاقة وثيقة بغشاء النواة، وقد اعتبر أن غلاف النواة يمثل الجزء الأساسي من الشبكة الإندوبلازمية، وأن الأجزاء الأخرى من هذه الشبكة ما هي إلا امتدادات للغشاء النووي.

وضائفها:

1- تخليق البروتينات Synthèse protéique: تتدخل الشبكة الإندوبلازمية الخشنة في تخليق نوعين من البروتينات:

بروتينات الإفراز Protéines De Sécrétion

البروتينات الغشائية protéines membranaires intrinsèques

2- تخليق الدهون Synthèse de lipides: يتم تخليق الدهون بواسطة إنزيمات غشائية يكون موقعها النشط متجهاً نحو السيتوزول cytosol، وتشمل نوعين من الدهون:

الدهون في السيتوزول Lipides du cytosol

الفوسفوليبيدات الغشائية Phospholipides membranaires

3- الارتباط الجليكوز بالبروتينات Glycosylation des protéines: في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة يتم إضافة السكريات إلى سلسلة polypeptidique بفضل إنزيمات داخل الشبكة الإندوبلازمية (des glycosyltransférases)

4- تكوين الأغشية: يتم من خلال تخليق الفوسفوليبيدات.

5- إزالة السموم Détoxication: تدخل الجزيئات السامة إلى الشبكة الإندوبلازمية حيث تخضع لتفاعلات أكسدة واختزال بواسطة إنزيمات لتحويلها إلى مركبات محبة للماء.

4.3. الريبوزومات (Ribosomes):

الريبوزومات هي عضيات صغيرة توجد في جميع الخلايا، وهي المسؤولة عن تصنيع البروتينات اللازمة لعمل الخلية ووظائفها الحيوية.

وظائف الريبوزومات:

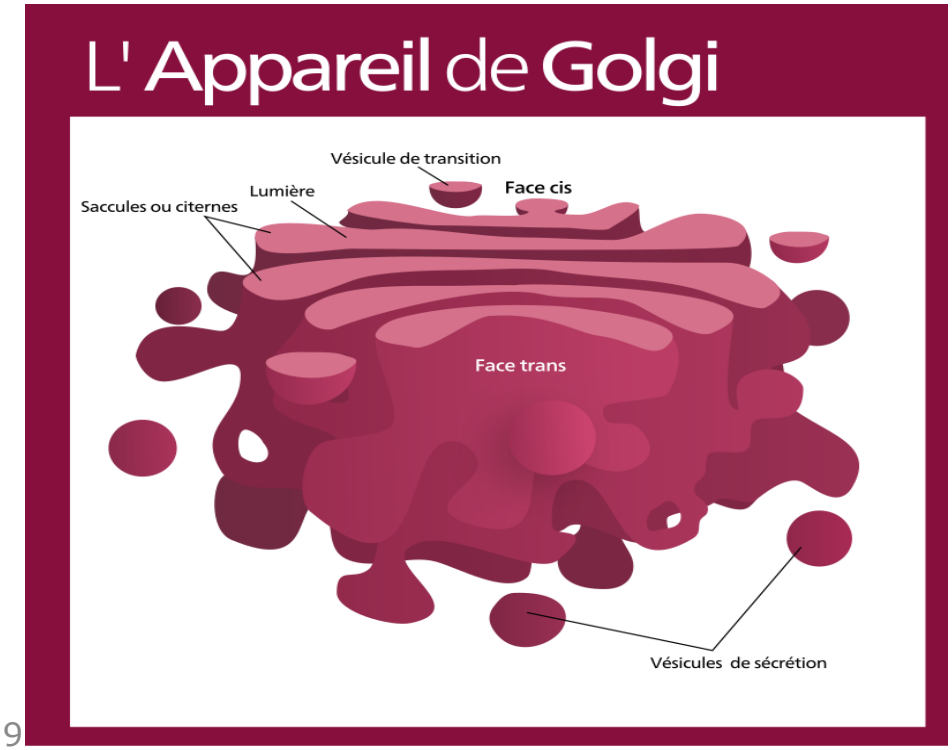
1. **ترجمة المعلومات الوراثية :** تقرأ الريبوزومات التعليمات الوراثية المنقولة بواسطة الحمض النووي الرسول (RNAm) من النواة، وتترجمها إلى سلاسل من الأحماض الأمينية.
2. **بناء البروتينات:** تقوم الريبوزومات بتجميع الأحماض الأمينية في سلاسل معينة لتشكيل البروتينات، التي تلعب دورًا حيويًا في بناء الخلايا، وعمليات الأيض، ونقل الإشارات، وغيرها.
3. **تنظيم التفاعلات الحيوية:** البروتينات التي تصنعها الريبوزومات تساعد في تنظيم معظم العمليات الحيوية في الخلية.

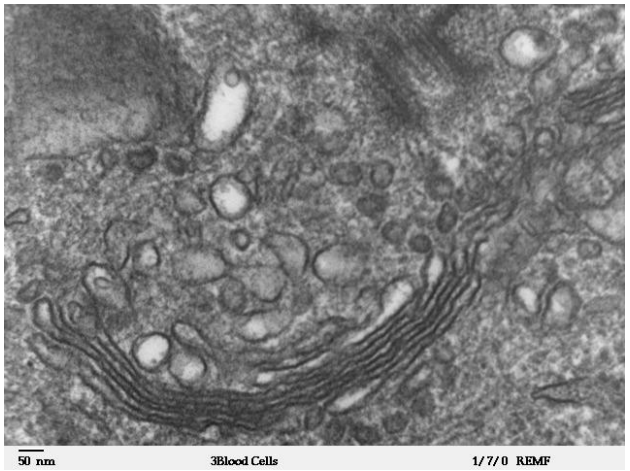
أنواع الريبوزومات:

1. **الريبوزومات الحرة:** توجد في سيتوبلازم الخلية وتقوم بإنتاج البروتينات التي تُستخدم داخل الخلية نفسها.
2. **الريبوزومات المرتبطة:** تكون ملتصقة بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة وتنتج البروتينات التي تُنقل خارج الخلية أو إلى عضيات أخرى.

5.3. جهاز كولجي L’appareil de Golgi:

هو عضية خلوية توجد في الخلايا حقيقية النواة، ويلعب دوراً رئيسياً في معالجة، وتعديل، وتوزيع البروتينات والدهون التي تم تصنيعها في الشبكة الإندوبلازمية. يتكون جهاز كولجي من مجموعة من الحويصلات والأكياس المسطحة المعروفة باسم الديكتيوزومات. تحتوي الخلية على ما بين 1 و100 ديكتيوزوم.





1- التركيب الكيميائي لأغشية جهاز كولجي:

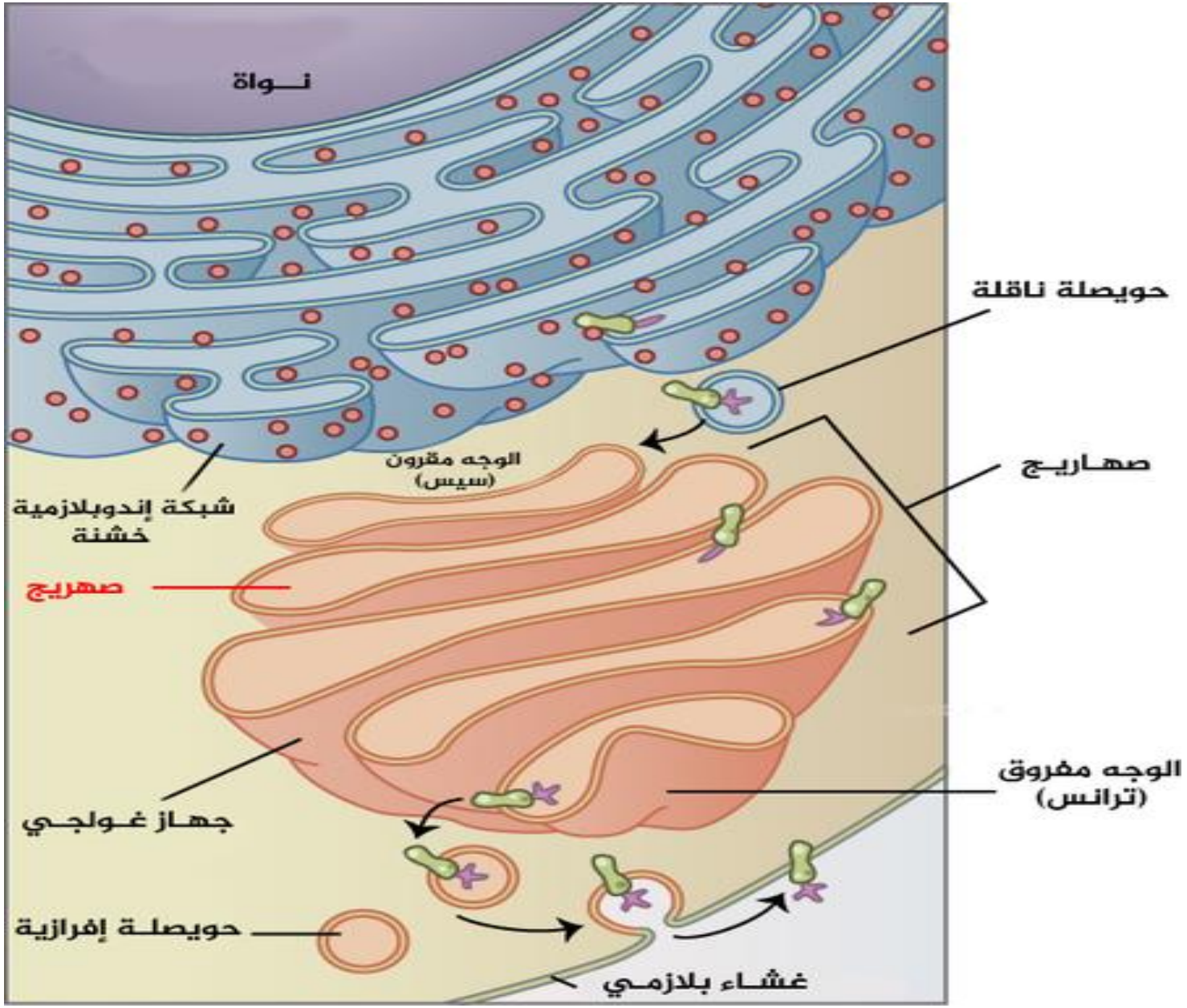
جهاز كولجي يتكون من عدة أكياس (صهاريج) مكدسة، ويتميز بوجود وجهين:

الوجه الانتقالي (cis): يقع بالقرب من الشبكة الإندوبلازمية له نفس التركيب ونفس سماكتها يستقبل البروتينات والدهون منها.

الوجه الناضج (trans): يكون موجهاً نحو الغشاء البلازمي ولكنه أكثر سماكة منه، حيث يتم فرز وتغليف المواد الجاهزة لإرسالها إلى مواقعها النهائية.

3- أدوار جهاز كولجي:

يقوم جهاز كولجي بمعالجة البروتينات القادمة من الشبكة الإندوبلازمية وتجميعها وشحنها إلى وجهاتها المختلفة داخل وخارج الخلية. تُجمّع البروتينات المخلقة في الشبكة الإندوبلازمية في حويصلات وترسل إلى جهاز كولجي حيث تندمج معه، تتعرض إلى التعديل والمعالجة ثم تشحن مجددا لإفرازها خارج الخلية عبر الإخراج الخلوي أو لاستخدامها في أماكن مختلفة من الخلية. وعليه يمكن اعتبار جهاز كولجي كمركز نقل وتوزيع: يقوم بوسم الشحنات وإرسالها إلى أماكن مختلفة من الخلية أو إلى المحيط خارج الخلوي. يقوم جهاز كولجي كذلك بنقل الليبيدات.


نـــواة
حويصلة ناقلة
صهـاريـج
الوجه مقرون
(سيس)
شبكة إندوبلازمية
خشنة
صهريج
الوجه مفروق
(ترانس)
جهـاز غـولجـي
حويصلـة إفرازية
غشـاء بلازمـي

1. نقل بروتينات الإفراز: يُعدل البروتينات ويجهزها للنقل إلى الخارج عبر حويصلات الإفراز.

2. اضافة السكريات إلى البروتينات Glycosylation des protéines: مما يسهم في تحديد "عنوان" البروتين داخل الخلية.

3. إضافة الكريت البروتينات Sulfatation des protéines: هدفها لجعل البروتينات وظيفية، وهي عملية هامة في نضج البروتين. تتم بواسطة إنزيمات Sulfotransférases.

نضج البروتينات يشمل عمليتي Glycosylation et Sulfatation

4. انتاج الغشاء البلازمي: يساعد في نمو الغشاء البلازمي من خلال حويصلات تندمج معه، مما يزيد من حجمه.

5. فرز الجزيئات: يغلف الحويصلات ببروتين يسمى Clathrine، مما يساعد في التقاط المستقبلات وتوجيه المواد إلى مواقع محددة.

4ـ آلية نقل البروتينات في جهاز غولجي:

1. وصول البروتينات إلى جهاز كولجي: تبدأ عملية إنتاج البروتينات في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة، حيث تتجمع الريبوزومات وتقوم ببناء البروتينات. بعد تصنيع البروتينات، تُغلف في حويصلات صغيرة تُعرف بـ الحويصلات الانتقالية، والتي تنتقل إلى جهاز كولجي.

2. استقبال الحويصلات في جانب الاستقبال (الوجه الانتقالي) (face cis): يصل البروتين إلى الطرف القريب من جهاز كولجي، والمعروف باسم جانب الاستقبال هنا تندمج الحويصلات الانتقالية مع غشاء جهاز كولجي وتفرغ محتواها من البروتينات داخله.

3.التعديل والمعالجة داخل جهاز كولجي: ينتقل البروتين عبر مجموعة من الأكياس الغشائية المسطحة المتتالية (الصهاريج) التي تُشكل جهاز غولجي، وتحدث داخل هذه الأكياس عمليات تعديل ومعالجة للبروتينات. وتشمل هذه التعديلات إضافة السكريات أو الدهون، أو إدخال تعديلات كيميائية أخرى، لجعل البروتينات جاهزة لوظيفتها النهائية.

4. فرز البروتينات في الوجه الناضج (face trans): بعد الانتهاء من التعديلات اللازمة، تنتقل البروتينات إلى الطرف البعيد من جهاز غولجي، والمعروف باسم الوجه الناضج (جانب الإطلاق) حيث يتم فرز البروتينات وتعبئتها في حويصلات جديدة.

5. نقل البروتينات إلى وجهاتها النهائية: تُوجه الحويصلات الناتجة إما إلى وجهات داخل الخلية، مثل الليزوزومات، أو إلى غشاء الخلية، حيث يتم إفرازها إلى خارج الخلية. تحتوي الحويصلات على إشارات توجيهية تساعدها في الوصول إلى الموقع الصحيح.

6.3. الهيكل الخلوي Le Cytosquelette:

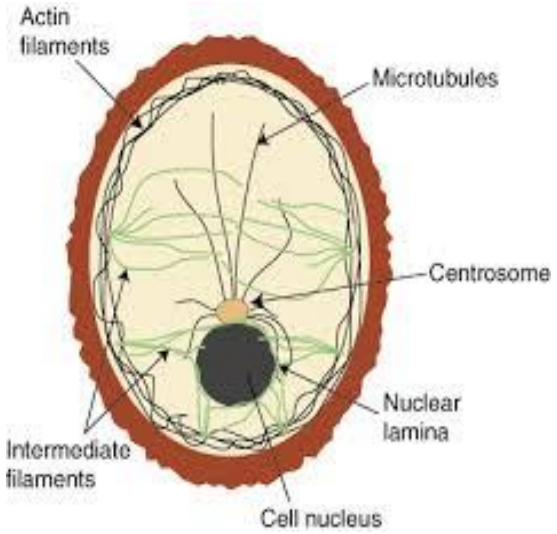
موجود في جميع الخلايا حقيقية النواة تقريبًا

يتكون من شبكة معقدة من الخيوط البروتينية تسمى:

الأنابيب الدقيقة Microtubules

خيوط الأكتين أو الخيوط الدقيقة Filaments d'actine ou microfilaments

الخيوط المتوسطة Filaments intermédiaires



الأنابيب الدقيقة Microtubules:

- نمو المنهجي للجدار الخلوي : توجيه الألياف الدقيقة للسليلوز
- توجيه الحويصلات الكولجية نحو الجدار النامي
- ألياف المغزل : نقل الكروموسومات
- تشكيل الصفيحة الاستوائية (الحاجز الخلوي) : في الخلايا بعملية الانقسام

خيوط الأكتين Filaments d'actine:

- ترسيب الجدار الخلوي للسليلوز
- تيارات السيتوبلازم وحركة العضيات
- نقل النواة بعد الانقسام
- النمو النهائي للأنابيب اللقاحية
- تنظيم الشبكة الإندوبلازمية

وظائف الهيكل الخلوي:

1. **الدعم الهيكلي:** يمنح الخلية شكلها ويحافظ على استقرارها، كما يسهم في توزيع العضيات داخلها.
2. **الحركة الخلوية:** يساعد في حركة الخلية وانتقالها من مكان إلى آخر.
3. **النقل داخل الخلية :** يعمل كمسارات لنقل المواد مثل الحويصلات والعضيات من وإلى مختلف أجزاء الخلية، عن طريق بروتينات محركة تتفاعل مع خيوط الهيكل الخلوي.
4. **الانقسام الخلوي:** يلعب دورًا رئيسيًا في عملية انقسام الخلية من خلال تكوين المغزل الانقسامي (الميتوزي)، الذي يسهم في فصل الكروموسومات بشكل متساوٍ بين الخلايا البنات.