المحاضرة رقم (02): الخلية (La cellule)

مقدمة :

منذ أكثر من (300) عام أستخدم العالم الإنجليزي (روبرت هوك، 1665) مجهرا مركبا بدائيا في فحص شرائح من الفلين أوراق الأشجار، فلاحظ أنها مكونة من فجوات أشبه ما تكون بالعلب و أسماها حجرات (علب صغيرة أو خلايا) و منها اشتق المصطلح البيولوجي (خلية)، حيث بدأ البيولوجيون في التعرف تدريجيا على أن الخلايا أكثر تعقيدا، و أنها ليست أوعية بسيطة مملوئة بعصائر. و في بداية القرن التاسع عشر تمكن (روبرت براون) من مشاهدة تركيب كروي في كل خلية وأطلق عليه اسم النواة ثم أثبت اختصاصي علم النبات الألماني (ماتياس شلايدن) وجود الخلايا في جميع أنسجة النباتات كما اكتشف أخصائي علم الحيوان الألماني (أثيودور شوان) وجود الخلايا في أنسجة الحيوانات و قد وضع الألمانيان شلايدن و شوان عام (1838م) الأساس الأولي للنظرية الخلوية أو نظرية الخلية على النحو التالي (لازم كماش و سعد أبو خيط ، 2013، ص 22-23):

- ❖ الخلية و حدة البناء في الكائن الحي و مجموعها يعطي النسيج و مجموع الأنسجة يعطي العضو و مجموع الأعضاء يعطي الجهاز.
- ❖ الخلية وحدة الوظيفة في الكائن الحي، و أن الخلايا هي التي تقوم بالوظائف الحيوية المختلفة كالتنفس و التغذية و النمو و التكاثر و الحركة .
- ❖ الخلية وحدة الانقسام في الكائن الحي، إذ أن الخلية تنتج من انقسام خلية سابقة لها. و الخلايا تنقسم لغرض النمو أو لتكوين خلايا تناسلية من أجل التكاثر.
- ❖ الخلية وحدة الوراثة في الكائن الحي، إذ أن كل خلية تحمل المادة الوراثية (ADN) و كل وحدة من وحداتها مسؤولة عن نقل صفة معينة في الكائن الحي.

1- تعريف الخلية : هي الوحدة الأولية في بنيان الجسم ، فهي أصغر كتلة حية ، تستطيع الحياة منفردة ، ولها القدرة على توليد مثيل لها ، وهكذا يمكن تعريف الخلية على أنها كتلة صغيرة من المادة الحية (بروتوبلازم Protoplasme يحيط بها غشاء بلازمي في وسطها نواة) ، ففي جسم الإنسان أكثر من 200 نوع من الخلايا تشكل فيما بينها عشرات المليارات من الخلايا .

كما توجد أشكال مختلفة من الخلايا منها الكروي المنبسط المكعب العمودي المضلع . من بين وظائف الخلية نجد عملية نمو الكائن الحي، القيام بعملية التكاثر للحفاظ على نوع الكائن الحي، تعويض التالف من خلايا النسيج.

2- مكونات الخلية :

2-1 الغشاء السيتوبلازمي:

لا يزال الغشاء يشكل ميدانا واسعا للأبحاث العلمية الحديثة وهو عبارة عن غشاء يحيط بعضيات الخلية الداخلية ، ويبلغ سمكه حوالي50 إلى 100 انغشتروم A° (الانغستروم يساوي= 0,0001 ميكرون) واليه يعزى شكل الخلية وهو يشكل السطح الحيوي بين الخلية ومحيطها الخارجي.

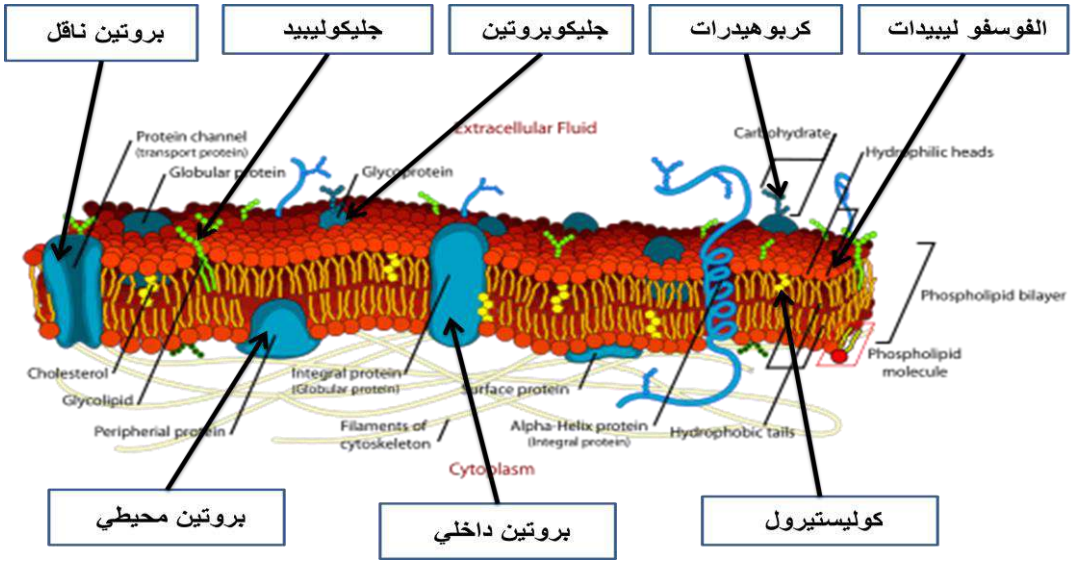
كما أن الغشاء الخلوي يعمل كحارس لدخول و خروج العديد من المواد المشتركة في التمثيل الغذائي للخلية، حيث تمر بعض المواد من خلاله بسهولة بينما البعض الآخر يدخل بصعوبة، في الوقت الذي لا يستطيع البعض الآخر من الدخول كليا و هذا ما يطلق عليه السلوك الاختياري لغشاء الخلية (لازم كماش و سعد أبو خيط ، 2013، ص 26).

ويتكون الغشاء من الدهون والبروتينات التي يمكن أن يتصل بإحداهما أو كليهما كمية من الكربوهيدرات Carbohydrates ورغم أن الغشاء يفنى إلا أن مكوناته في حالة تجدد مستمر، وهناك ثلاثة أصناف من الأغشية بناء على نسبة البروتين الداخل في تكوينه وهي :

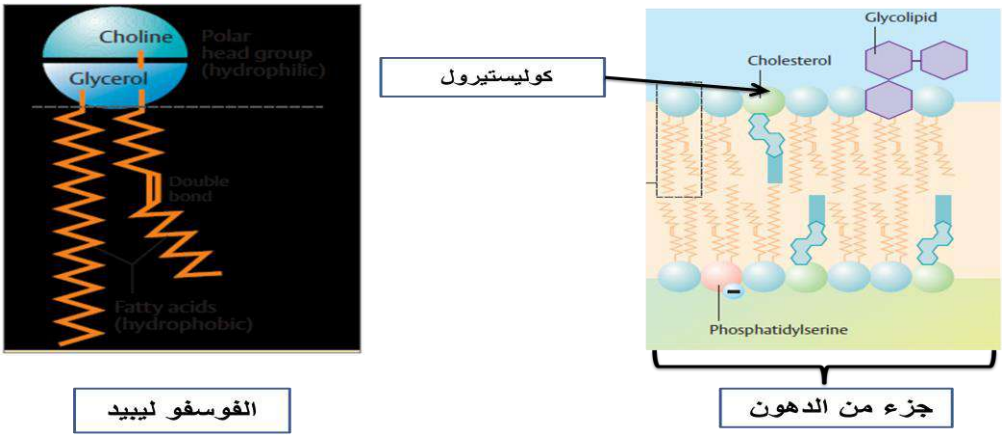
- الميلين Myelin ويوجد في الجهاز العصبي ويحتوي على 75% دهون و5% سكريات و 20% بروتين .
- غشاء البلازما يتكون من 50% دهون و 50% بروتين كذلك فإن غشاء الكريات الحمراء يتكون من 43% دهون و 49% بروتين و 8% سكريات .

يحتوي الغشاء السيتوبلازمي على عدة أنواع من الدهون وهي الفوسفو ليبيدات، الكولستيرول، و الجليكوليبيد.

الفوسفوليبيدات وهي على شكل كرية تحتوي على عنقين. الراس في شكل كرة .



صورة رقم (01): مكونات الغشاء السيتوبلازمي للخلية الحيوانية .



صورة رقم (02): صورة توضيحية مكبرة لجزء من مكونات دهون الغشاء السيتوبلازمي .

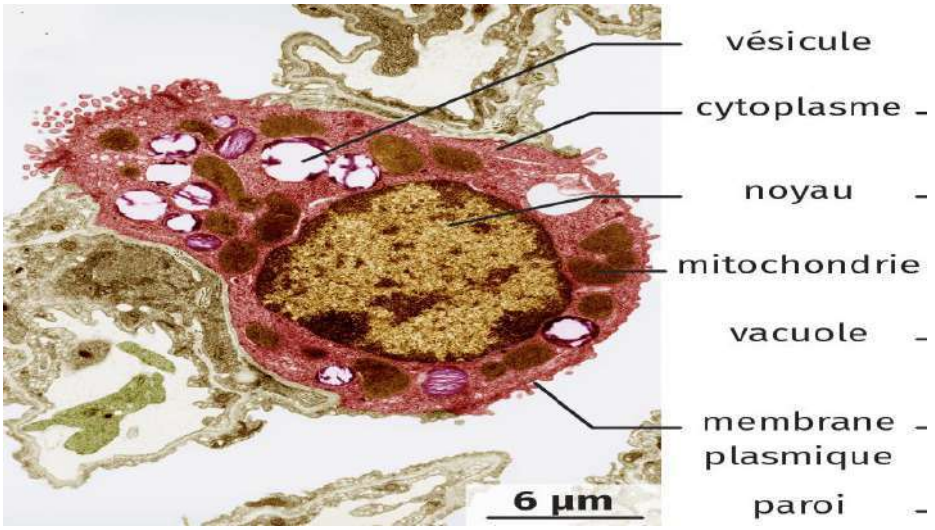
2-2الهيولي (السيتوبلازما) Cytoplasma:

إذا كان الغشاء يوجه الحركة من وإلى داخل الخلية ، فإن السيتوبلازم يقوم هو الآخر بمعظم أعمال الخلية ، ويختلف تركيبه في الخلايا ذات الوظائف المختلفة ، حيث يتكون أساسا من الماء و الأملاح ، الدهون، و البروتينات،السكريات ، وجزيئات صغيرة مثل الغلوكوز و الأحماض الآمينية. كما يحتوي على مختلف أنواع الأيونات المستخدمة من أجل الوظائف العضلية .لا يتجانس في أي خلية، وهو يحتوي على عضيات مختلفة.

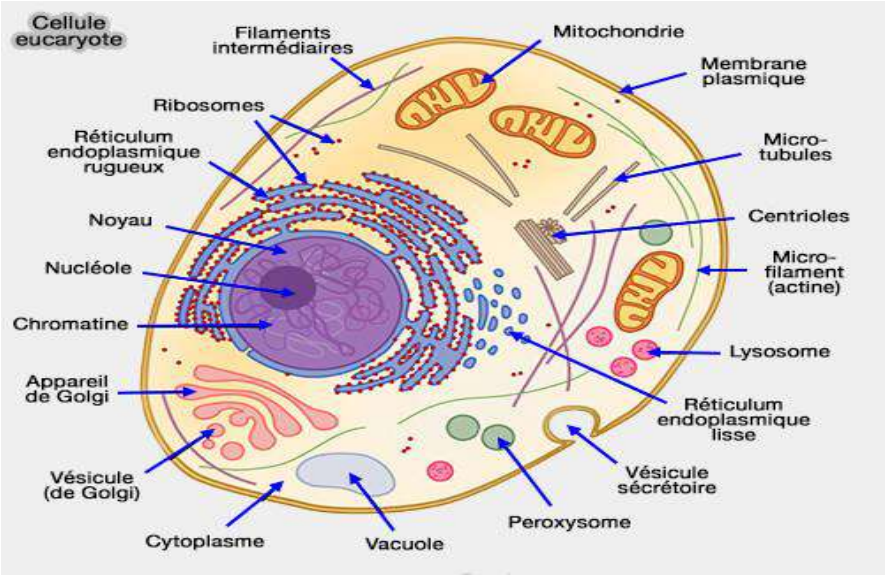
و السيتوبلازم من الوجهة الكيميائية، نظام ذو تعقيد، فيما يعتبر البعض أنه غروي، و يعتبر البعض الآخر أنه علاوة عن ذلك ذو تركيب ليفي مكون من سلاسل بروتينية و أغشية تحت مجهرية تكون في مجموعها شبكة أندوبلازمية (الشاعر عبد المجيد و آخرون، 2013، ص12).

تحتوي الهيولى على نوعين من العضيات وهي العضيات الغشائية التي تكون محاطة بغشاء يشبه غشاء الخلية البلازمي هذا الغشاء يعزل مكونات العضية عن هيولى الخلية وهذا من أجل تفادي حدوث اضطرابات بسبب النشاطات الخلوية في الهيولى مثل : المتوكوندري، الشبكة الهيولية المحببة و الملساء، جهاز كولجي، الليزوزوم.

العضيات الغير غشائية لا تكون محاطة بغشاء وهي تتكون عامة من البروتينات مثل الريبوزومات، السنتروزوم.. الخ



صورة رقم (03): مكونات الخلية الحيوانية تحت المجهر الإلكتروني (le livre scolaire).



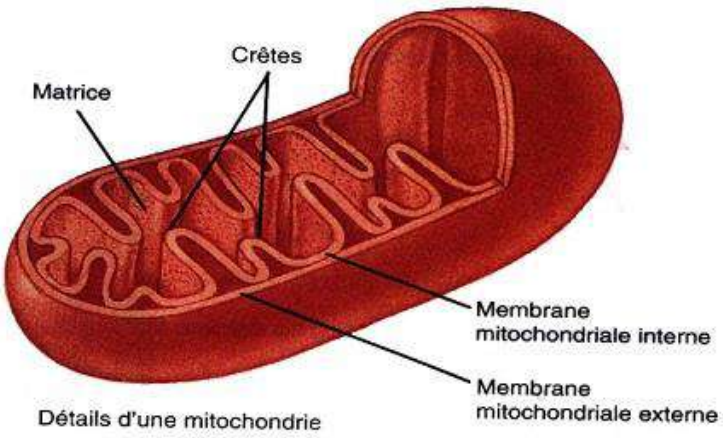
صورة رقم (04): مكونات الخلية الحيوانية (biologie cellulaire cytoplasme).

3-2 الميتوكوندري:

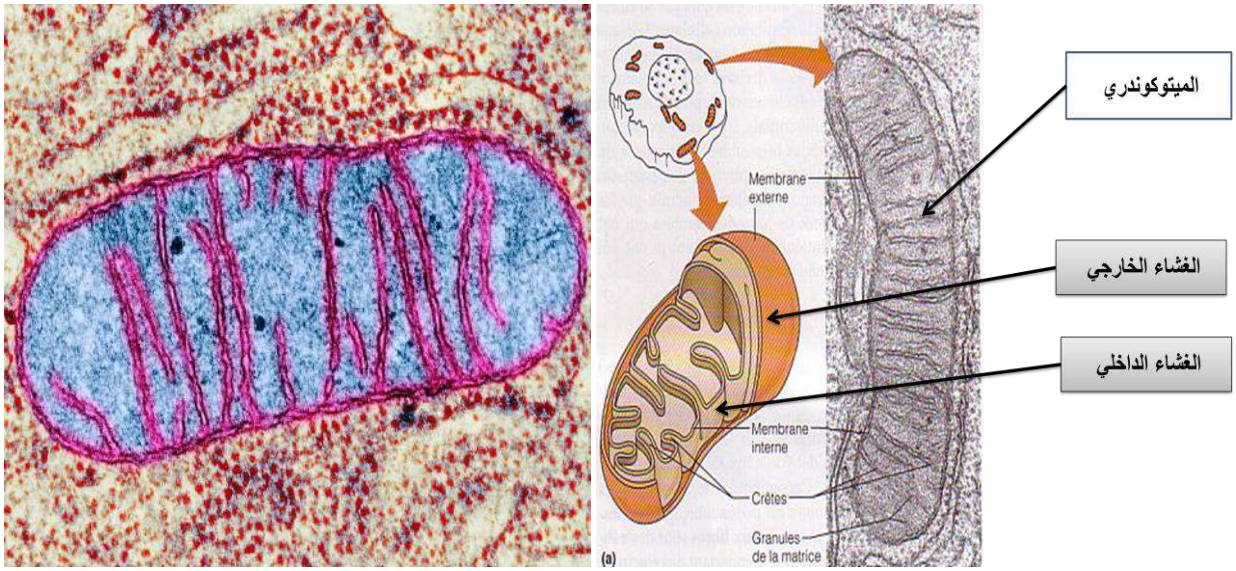
على شكل عصا طولها 3 – 4 ميكرون، تحت المجهر الالكتروني على شكل حويصلة مليئة بالسائل، ويحيط بها غشاء مخاطي ثنائي الجدار. ويتم داخل الميتوكوندريا أكسدة المواد الغذائية، فمثلاً يتم تحويل السكريات إلى حمض البيروفيك خارج المايتوكوندريا، كما أنه يتم تخزين الطاقة من الـATP (Adenosin Tri Phosphats) في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا، وتستعمل الـ ATP في عمل المركبات الخلوية ونقل المواد والتقلص وغير ذلك، ولهذا فليس من الغريب أن يطلق على الميتوكوندريا (بيت الطاقة) للخلية.

تتميز الميتوكوندري بأن لها غشاء نصف نفاذ يحيط بها و تستطيع بواسطته أن تتجاوب أسموزيا لما يحدث من تغيرات في تركيز الأملاح، و لهذا فهي مرنة متغيرة الشكل و الحجم بسرعة .

تحتوي الميتوكوندري على ليبيدات (نحو 25-30) من وزنها، ثلثاها من الفوسفوليبيدات و نويتيدات و فلافينات و حمض نووي من النوع الريبوزي، ثم عدد من الأنزيمات الهامة مثل أكسيداز السيتركروم، أكسيداز السكسيني، سيتوكروم ج، و أكسيداز حامض د، و أنواع مختلفة من الفوسفاتاز، و أكسيدات ذات الأحماض الذهنية، أنزيمات أخرى خاصة، بنظام دورة كربس، وواضح أن الميتوكوندري هي مراكز التنقلات الأيونية و الانتفاع بالأكسجين، كما أنه هي الوحدات البنائية التي يجري بداخلها أجزاء كبيرة من عمليات الأيض و عمليات البناء الخاصة بالخلية (الشاعر عبد المجيد، 2013، ص 14).



صورة رقم (05): الغشاء الخارجي و الداخلي للميتوكوندري (Biofaculté, 2021) .



صورة رقم (06): الميتوكوندري تحت المجهر الإلكتروني في الخلية الحيوانية (France culture, 2019).

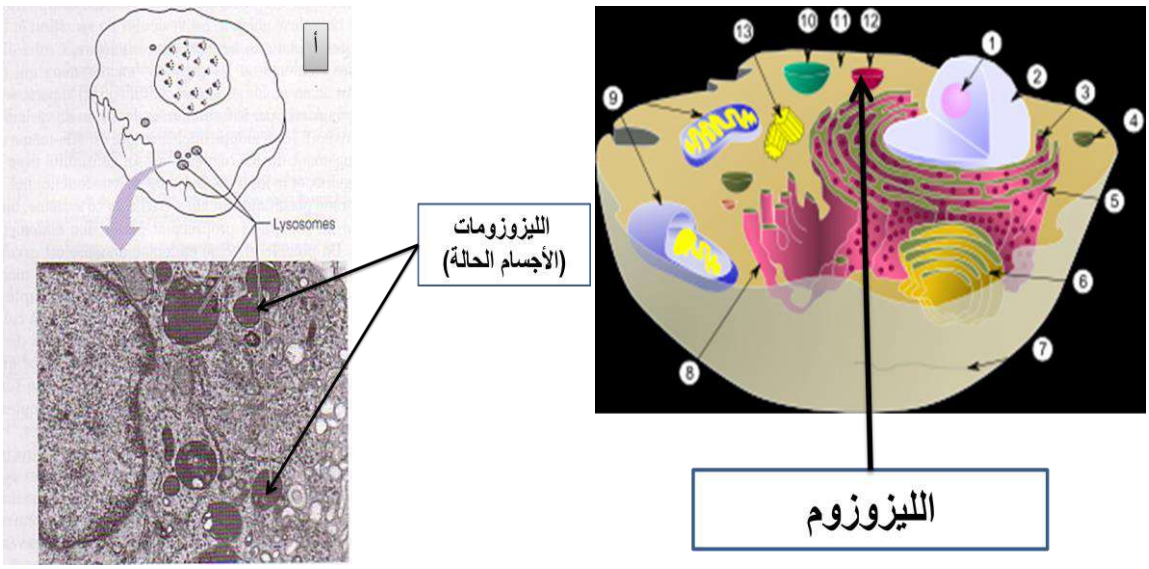
4-2 الأجسام الحالة :

وهي ذات أشكال بيضاوية أو غير منتظمة وتكثر خاصة في كريات الدم البيضاء و الخلايا البلعمية، وتمتلىء الليزوزومات بخمائر نشطة تستطيع تحليل البروتينات وعناصر الوراثة والسكريات، تحتوي على خمائر نشطة تستطيع تحليل المركبات الكيماوية المعقدة إلى أبسط منها ، ففيها تتم عملية الهضم ، وهي تعمل على تحليل بعض مكونات الخلية مثل الميتوكوندريا و لشبكة الداخلية .

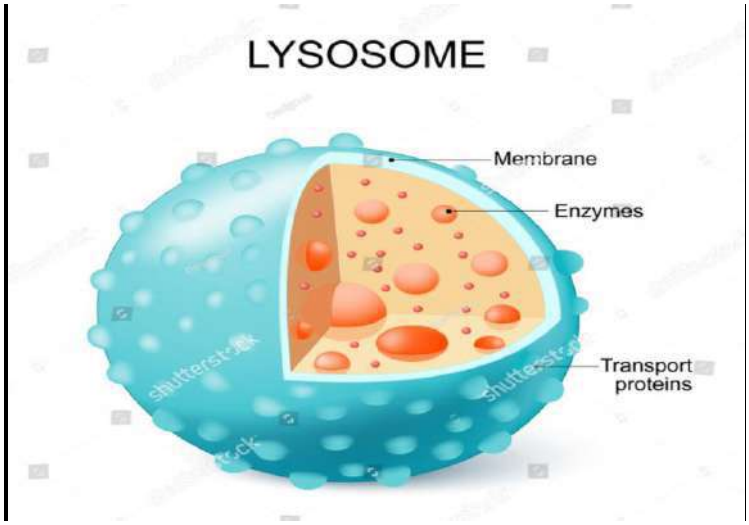
غشاء الأجسام الحالة يتكيف جيدا مع وظائف الجسم الحال لسببين هما: الأول نظرا لأنه تضمن مضخات H^+ أيون (بروتونات) وهي عبارة عن ATP ase تسمح بتراكم أيونات الهيدروجين مما يسمح بتراكم أيونات الهيدروجين من العصارة الخلوية المحيطة وبالتالي الحفاظ على درجة الحموضة الحمضية للعضية. ثانيا حجز الهيدروليسات الحمضية (الأنزيمات) الخطيرة مع السماح بخروج المنتج النهائي للهضم الذي تستخدمه الخلية أو يتم إفرازه. كما تضمن الأجسام الحالة الوظائف التالية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 100):

- هضم الجسيمات المندمجة عن طريق الإلتقام أو الإحاطة الخلوية و خاصة البكتيريا، الفيروسات، و السموم.
- هدم العضيات الهرمة و الضعيفة و الغير وظيفية.
- هدم و تحرير الجليكوجين بين الوظائف الأيضية الأخرى.
- هدم الأنسجة الغير ضرورية مثل الأغشية بين أصابع اليدين و القدمين للجنين في طور النمو أو الطبقة السطحية للرحم أثناء العادة الشهرية.
- هدم النسيج العضمي لتحرير أيونات الكالسيوم في الدم.

غشاء الأجسام الحالة عامة يكون مستقر و لكنه يصبح ضعيف في حالة تلف الخلية أو نقص الأكسجين، أو وجود نقص في فيتامين أ. تمزق الأجسام الحالة يؤدي إلى التمزق الذاتي للخلية عن طريق آلية تسمى التحلل الذاتي (autolyse).



صورة رقم (07): صورة (أ) تحت المجهر الإلكتروني لخلية تحتوي على الأجسام الحالة .



صورة رقم (08): تشريح الليزوزوم، الأنزيمات الحالة، غشاء وبروتينات نقل. يستخدم هذا العضو الإنزيمات لتفكيك وهضم جزيئات الطعام، وابتلاع الفيروسات أو البكتيريا في الخلية (Chutter Stock).

5-2 الشبكة الاندوبلازمية المحببة : وهي عبارة عن أنابيب و حويصلات توجد وسط السيتوبلازم ، ويوجد في وسطها فسحة مركزية ضيقة تدعى الحوض Cisterna وهذه الحويصلات متصلة مباشرة مع سطح الخلية ، وتتصل فيما بينها بواسطة الحوض . وغشاؤها متصل بغشاء النواة ، ويتوضع على غشائها حبيبات تدعى الرايبوزومات غنية بحامض الريبونوكلييك و الوظيفة الأساسية للشبكية هي فصل (عزل) ونقل البروتينات التي صنعتها الريبوزومات، وهكذا فتعتبر الشبكية جهاز نقل داخلي يعمل على تسهيل حركة المواد من جهة إلى اخرى داخل الخلية، وتلعب دورا في بناء العضيات السيتوبلازمية حيث تزودها بالأغشية اللازمة لها.

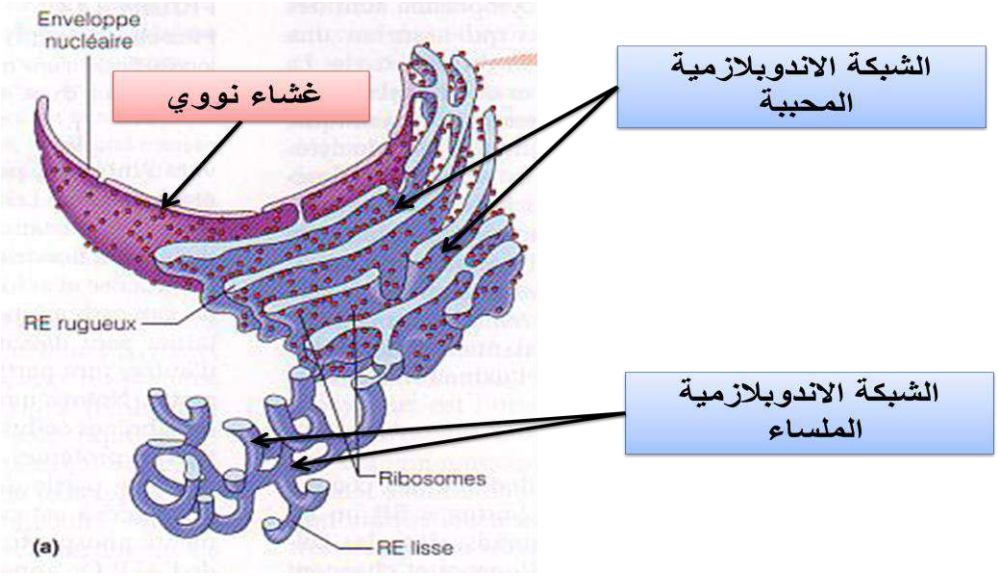
تعتبر الشبكة الأندوبلازمية المحببة كمصنع للأغشية الخلية نظرا لأنها هي من تصنع البوتينات الضمنية، الفوسفوليبيدات، و الكوليسترول التي تدخل في غشاء الخلوي (Marieb E N et Hoehn K, 2010, 97).

6-2 الشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth Endoplasmic Reticulum : وقنواتها انبوبية الشكل أكثر منها منبسطة تقوم هذه الشبكية بصنع تحليل السموم وتحويلها إلى مركبات ، غير سامة، تكوين الدهون، تخزين الكالسيوم وإنتاج الهرمونات الستيرويدية Steroids .

كما أن الشبكة الأندوبلازمية الملساء لا تلعب أي دور في تصنيع البروتينات بل إنها تحفز التفاعلات التي تحدث في الآليات التالية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 98) :

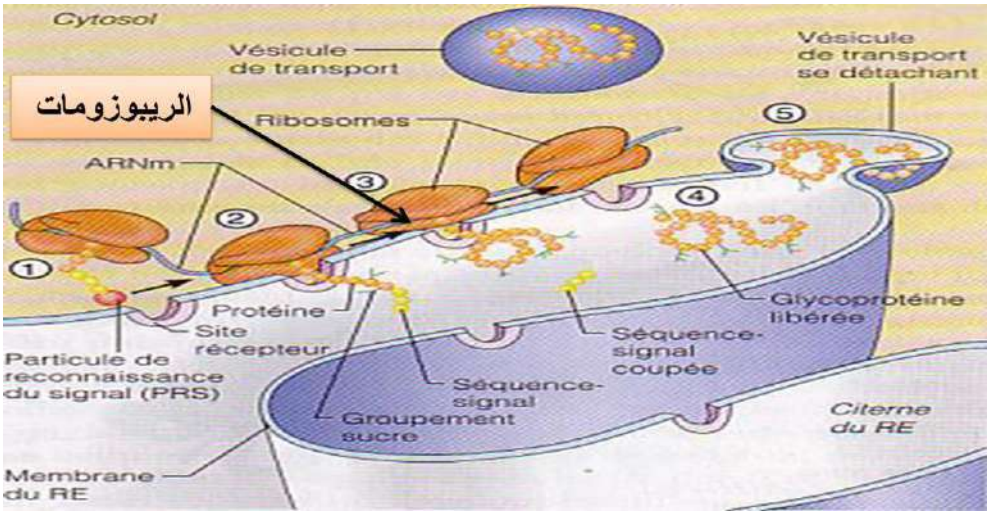
- العمليات الأيضية للدهون و كذلك تصنيع الكوليسترول ، فوسفوليبيدات الأغشية و الجزء الذهني للجليكوبروتين (في خلايا الكبد).
- تصنيع الهرمونات الستيرويدية مثل الهرمونات الجنسية (في الخصيتين، خلايا إنتاج التستيستيرون ، و خلايا إنتاج هرمونات المبيض).
- الإمتصاص، التصنيع و نقل الدهون (في خلايا المعي).

- التخلص من سموم الأدوية و المخدرات، بعض المبيدات و المواد المسرطنة (في الكبد و الكلى).
- هدم الجليكوجين المخزن من أجل تكوين الغلوكوز الحر (خاصة في خلايا الكبد).



صورة رقم (09): الشبكة الأندوبلازمية المحببة و الشبكة الأندبلازمية الملساء.

صورة رقم (10): صورة تحت المجهر الإلكتروني للشبكة الأندوبلازمية المحببة (x 10000).

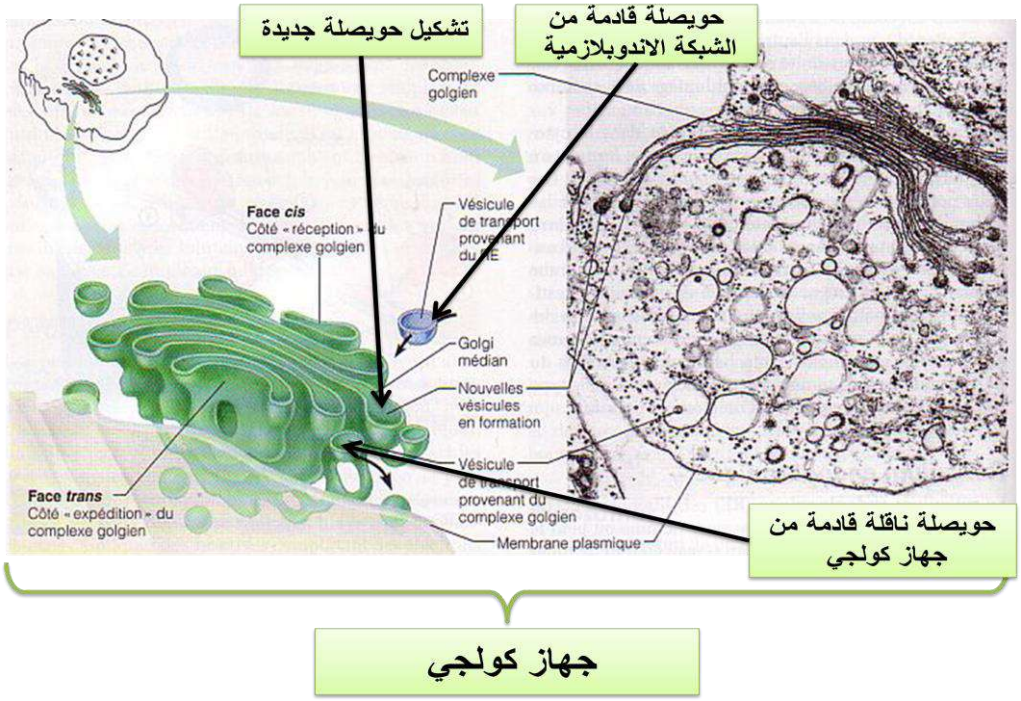


صورة رقم (11):آلية تصنيع البروتينات على مستوى الشبكة الأندوبلازمية المحببة.

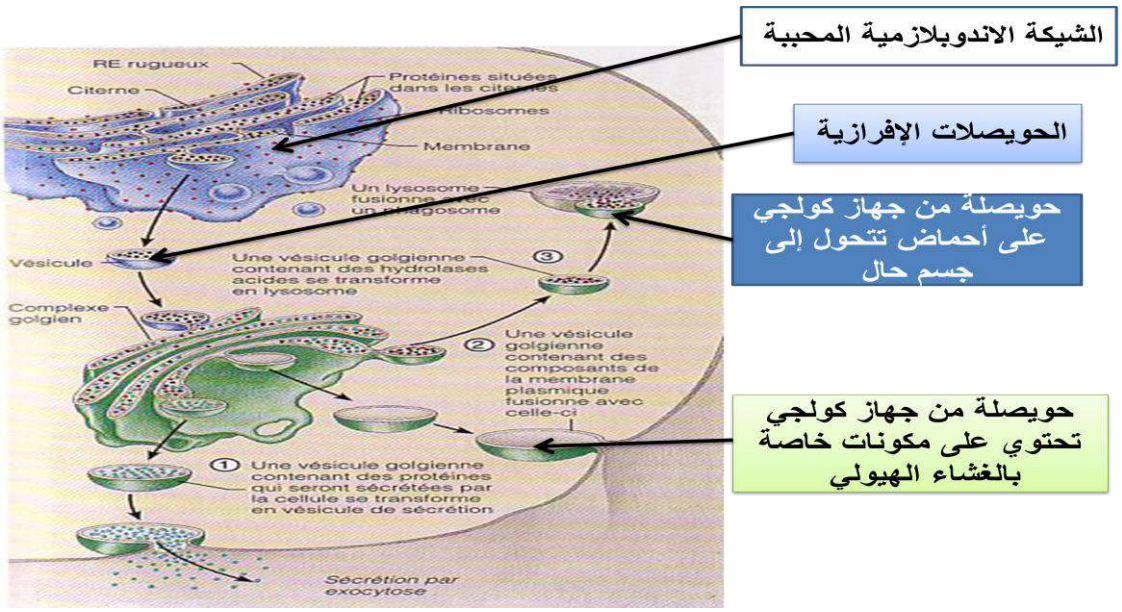
7-2 جهاز كولجي : هو عبارة عن جسم يقع قرب الشبكية الداخلية الناعمة ، وقد سمي باسم العالم الايطالي الذي اكتشفه وهو Camillo Golgi ويظهر تحت المجهر الضوئي على هيئة منطقة غامقة اللون في السيتوبلازم ، أما تحت المجهر الإلكتروني فيظهر على هيئة مجموعات من الفجوات المنبسطة التي تتصل بالشبكية الداخلية الناعمة بواسطة عدد من الحويصلات المحتوية على حبيبات إفرازية، ويختلف في مظهره من خلية لأخرى ، ويبدو أن الوظيفة الأساسية لهذا الجهاز هي الإفراز و إنتاج المواد داخل الخلية ، وهكذا يمكن أن نلخص وظيفة جهاز جولجي على أنها إضافة السكريات للبروتينات وتكوين المركب النهائي ثم طرح هذا المركب خارج الخلية عبر الحويصلات الواصلة مع السطح .

الحويصلات الناقلة المنفصلة من الشبكة الأندوبلازمية تصل إلى الأغشية المحدبة من الجهة المستقلة (جهة الاستقبال) لجهاز كولجي و تندمج معه. داخل جهاز كولجي تمر محتويات الحويصلات المندمجة من جيب إلى آخر، البروتينات تخضع إلى عدة تحولات، على سبيل المثال التخلص أو زيادة بعض المجموعات السكرية، أو أيضا دمج مجموعات جديدة من الفوسفات (الفسفرة) أو الكبريت. مختلف البروتينات يتم تصنيفها حسب وجهة التوزيع، ترتب ثم تغلف على الأقل في ثلاث أنواع مختلفة من الحويصلات التي تنفصل في مهدها من الجهة العابرة أو الخلفية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 99).

الحويصلات التي على البروتينات الموجهة للإفراز الخارجي تصبح عبارة عن حويصلات إفرازية، حيث تهاجر نحو الغشاء البلازمي و يتم إفراغ محتوياتها خارج الخلية (Exocytose). الخلايا الإفرازية الأكثر تخصصا مثل الخلايا الموجودة في البنكرياس و التي تفرز الأنزيمات، تحتوي على جهاز كولجي أكثر تطورا. زيادة على تغليف المواد الموجهة إلى الإفراز الخارجي، مركب جهاز كولجي ينتج حويصلات تحتوي على بروتينات غشائية و دهون موجهة إلى الغشاء البلازمي أو إلى عضية أخرى غشائية. كما يعمل جهاز كولجي على تغليف الأنزيمات الهضمية في حويصلات غشائية تسمى الليزوزومات التي تبقى داخل الخلية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 99).



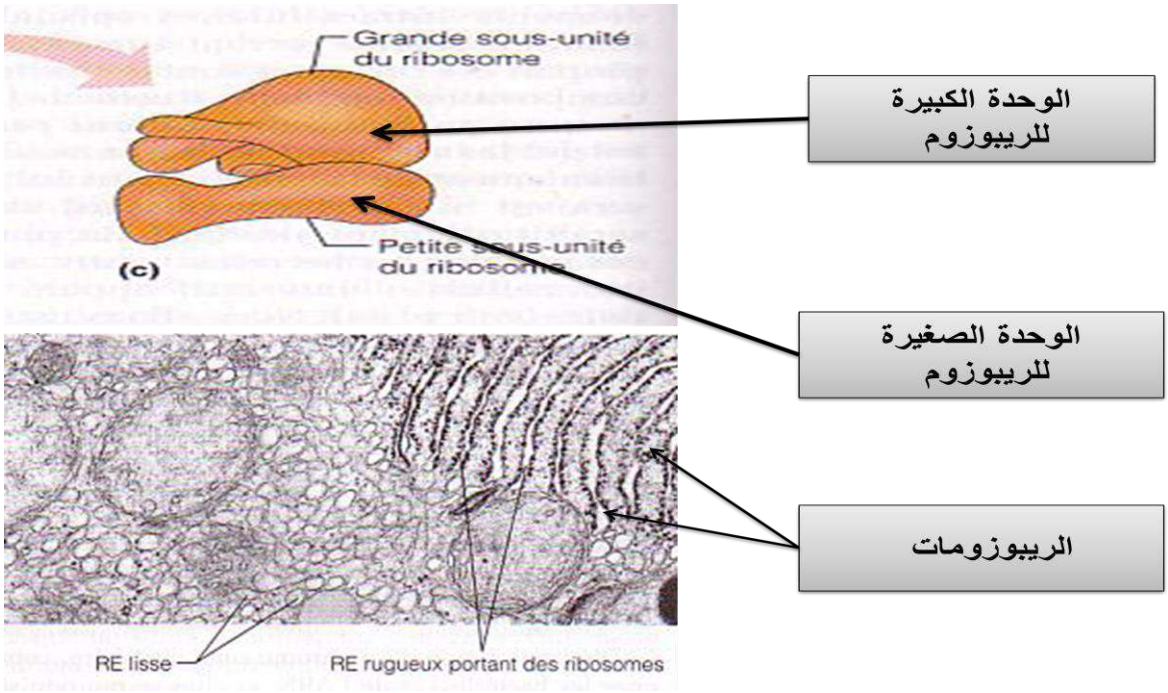
صورة رقم (12): جهاز كولجي و مجموعة من الحويصلات التي القادمة من الشبكة الأندوبلازمية المحببة أو المنفصلة من جهاز كولجي التي تحمل بروتينات نحو الجهة الخارجية للخلية .



صورة رقم (13) : مجموعة من التفاعلات التي توضح كيفية تصنيع البروتينات على الشبكة الأندوبلازمية المحببة و التوزيع النهائي. 1) حويصلة جهاز كولجي تحتوي على بروتين الذي سوف يفرز من طرف الخلية أين تتحول إلى حويصلة إفرازية. 2) حويصلة جهاز كولجي تحتوي على مكونات الغشاء البلازمي أين تندمج معه. 3) حويصلة جهاز كولجي تحتوي على هيدرولاز الحمض تتحول إلى جسم حال.

8-2 الريبوزومات: وهي عبارة عن حبيبات ذات ملمس خشن شكلها شبكي خيطي ، وتلتصق بالسطح الداخلي للغشاء السيتوبلازمي أو على سطح الشبكية الداخلية الخشنة وقد سميت بهذا الاسم (ريبوزوم) لأنها تتألف من اتحاد حامض ريبونوكلييك مع البروتين (Ribonucleic Protein + RNA) وتوجد بكميات قليلة حرة في السيتوبلازم ويبلغ عدد هذه الريبوزومات في الخلية الواحدة بضعة آلاف ، وهي تلعب دوراً مهماً في صنع و انتاج البروتينات التي تشكل افرازات الخلية .

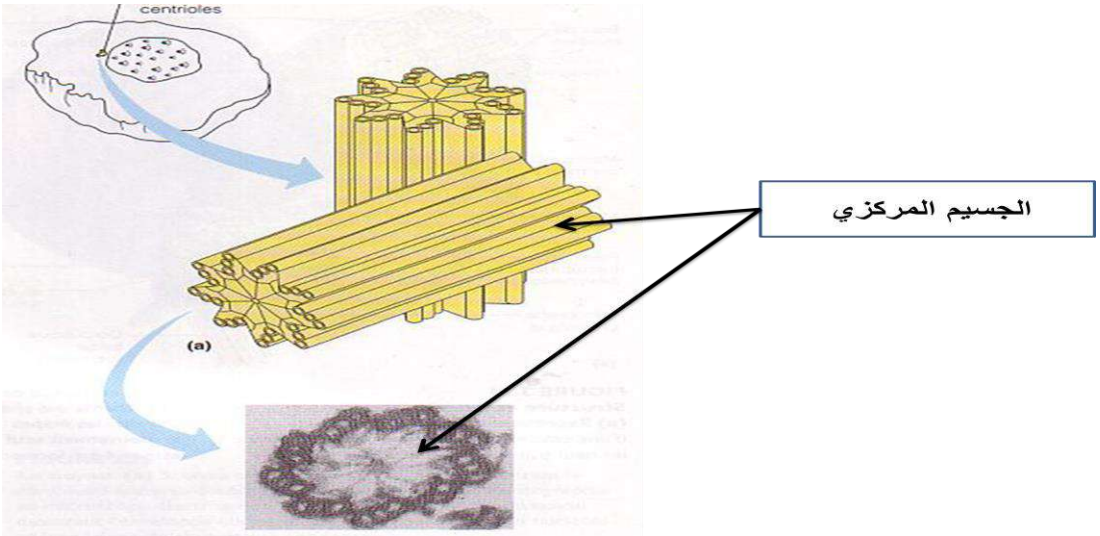
بعض الريبوزومات تسبح حرة في الهيولى، و أخرى ملتصقة على الأغشية مشكلة مركب يسمى الشبكة الأندوبلازمية المحببة. الريبوزوم الحر يقوم بتصنيع البروتينات القابلة للذوبان أين يكون نشاطها في الهيولى أو في بعض العضيات مثل الميتوكوندري. بينما الريبوزومات المرتبطة مع الغشاء تقوم بتصنيع البروتينات الموجهة للغشاء الخلوي و الأجسام الحالة التي تخرج من الخلية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, 97).



صورة رقم (14): مكونات الريبوزوم.

9-2 الجسيم المركزي: وكما يدل على اسمه فإنه يتوضع في مركز الخلية ولا سيما في منطقة جهاز جولجي أو أجسام جولجي، وهو يتألف من جسمين هما (Centrioles) عبارة عن خليتين داخل هذا الجسيم شكلها يشبه اسطوانة مفتوحة محاطة بتسعة خيوط طويلة تتجمع في ثلاث مجموعات تلعب دورا أساسيا أثناء عملية الانقسام الميتوزي (Mitosis).

الوظائف الأكثر وضوحا للجسيم المركزي هي إنتاج أنابيب مجهرية التي تطبق في المغزل الانقسامي أثناء الانقسام الخلوي. الجسيم المركزي يتكون في المجموع من 9 توائم من الأنابيب المجهرية متوضعة بطريقة خاصة، كل ثلاثة توأم مرتبطة على التوالي مع بروتينات أخرى غير التوبولين (tubuline). و يحدد الكل أنبوبا مجوفا يدعى المقطع العرضي بشمس الألعاب النارية. الأجسام المركزية هي أيضا مصدر الأهداب و الزوائد (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 103).

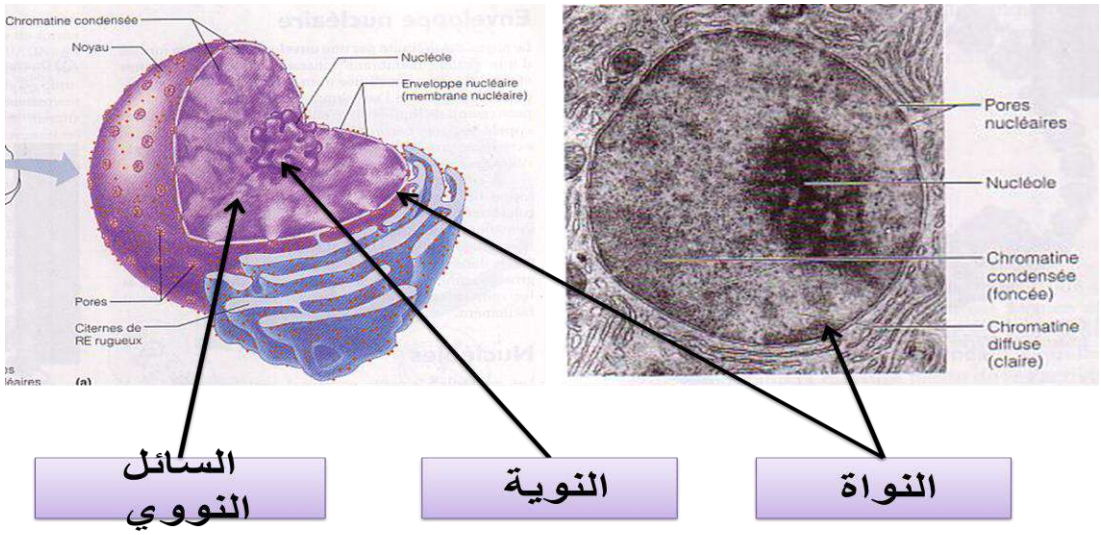


صورة رقم (15): منظر ثلاثي الأبعاد لزوجين من للجسيم المركزي عموديا على بعضهم البعض (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 103).

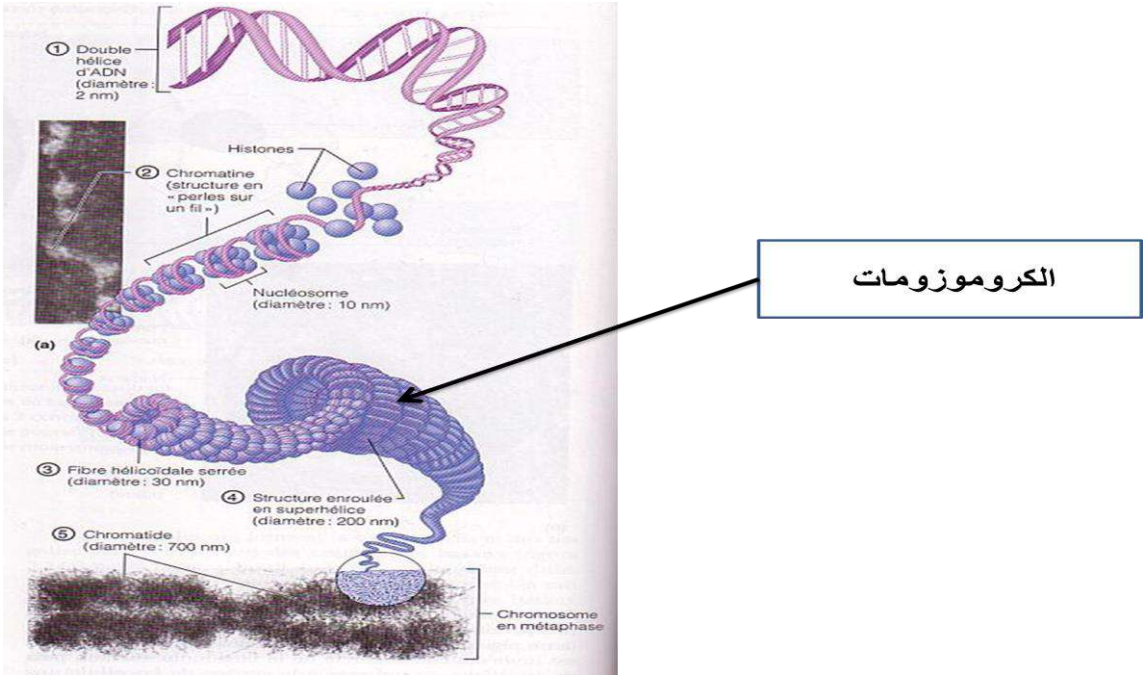
10-2 النواة (nucléoles): تحتوي كل خلية على نواة أو أكثر توجد وسط السيتوبلازم، وتختلف النواة في الحجم والشكل والموضع من خلية لأخرى وقد لا تحتوي الخلية على نواة مثل كريات الدم الحمراء لذلك لا تنقسم، كما تحتوي النواة على الجينات الوراثية، هذه العضية تطبق عمل الكمبيوتر و المهندس المعماري، رئيس ورشة، مجلس إداري. و هي تعمل كحافظ للتراث الجيني، وتمتلك التوجيهات الضرورية من أجل إنتاج تقريبا جميع بروتينات الجسم. ما هو أكثر من ذلك، الإشارات التي تستقبلها الخلية، تحدد نوع و كمية البروتين اللازم تصنيعه. أغلب الخلايا لا تحتوي على نواة واحدة فقط ولكن البعض الآخر منها قد يحتوي على عدة أنوية منها الخلايا العضلية، خلايا الأستيوكلاست في النسيج العظمي، و بعض الخلايا الكبدية. يصل متوسط سمك النواة إلى 5 ميروكتر(µm) و هي أكبر من أي عضية سيتوبلازمية . حجمها يمثل حوالي 15% من الخلية في حد ذاتها و لديها نفس شكل الخلية الذي غالبا ما يكون دائري أو بيضوي الشكل (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 106). كما تتكون النواة من ثلاث عناصر هي (الغشاء النووي، النوية، الصبغيات).

1-10-2 النوية Nucleulus:

وهي عبارة عن مجموعة من الخيوط الدقيقة ذات شكل دائري . ليس لها غشاء يحيط بها، وتسبح وسط السائل النووي . وتحتوي النوية على كمية كبيرة من RNA ولذلك فهي تلعب دورا أساسيا في إنتاج الريبوزومات وبالتالي تنظيم إنتاج البروتينات، ولهذا يطلق عليها اسم (ضابطة إيقاع الخلية) Pace – Maker Cell قد تحتوي النواة على أكثر من نوية واحدة . كما تعتبر النوية مكان تكوين الوحدات الفرعية للريبوزومات، حجمها يكون أكبر في الخلايا الأكثر نشاطا خاصة في الخلايا في طور النمو التي تنتج كميات كبيرة من البروتينات الموجهة للأنسجة. ترتبط النوية في بعض المناطق مع الـADN وتسمى بالمنطقة المنظمة للنوية التي تقدم المعلومات من أجل تصنيع ARN الريبوزومي (ARNr). كلا نوعي وحدتي الريبوزوم يتم تشكيلها داخل النوية عن طريق الدمج بين جزيئة من الـARNr التي يتم تصنيعها من البروتينات. أغلب هذه الوحدات الفرعية تخرج بعد ذلك من النواة عن طريق الثقوب النووية متجهة نحو السيتوبلازم، أين توحد من أجل تكوين الريبوزوم الوظيفي (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 106).



صورة رقم (16): رسم ثلاثي الإبعاد للنواة أين نلاحظ الاتصال بين الغشاء النووي و الشبكة الأندوبلازمية المحببة.



صورة رقم (17): الصبغيات و بنية الكروموزومات. (A) صورة تحت المجهر الإلكتروني للألياف الصبغيات (12500X). (B) غلاف الـADN في الكرموزوم (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 108).

2-10-2 الحبيبات الضابطة (الكروماتين):

ذات شكل وحجم غير منتظمين وهي اصغر حجماً من النوية. وتشتمل على الكروموزومات Chromosomes (الصبغيات) ذات الشكل الخيطي والتي تحتوي على الجينات الوراثية (Gènes) التي تقرر الوراثة. تحتوي الصبغيات حوالي 30% من الـADN الذي يشكل المادة الجينية، و60% من اللبنات الأساسية للحمض النووي في الكروماتين (histones) و التي تلعب دورا رئيسيا في تنظيم الجينوم، و بروتينات كروية، و10% من سلاسل الARN المتشكلة أو في طور التكوين. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 106).

2-10-3 السائل النووي: يتكون من مواد بروتينية نووية وسكريات وأنزيمات، ومواد ذهنية و البوتاسيوم و الكالسيوم وغيرها ولا شكل له ويملأ وسط النواة حيث تسبح فيه المكونات النووية، وهو يلعب دورا أساسيا في تهيئة المحيط أو الوسط المناسب لمكونات النواة وفي توفير المواد الغذائية اللازمة لها.

2-10-4 الغلاف النووي (Nuclear Envelope):

وهو غلاف يتكون من طبقتين من الأغشية (طبقتين من الفوسفوليبيدات) الفراغ بين الغشائين مليء بسائل. يتراوح عرضه ما بين 10– 30 نانومتر، ويحتوي على فتحات وثقوب صغيرة. وقد بين المجهر الالكتروني أن هذا الغلاف متصل عند بعض النقاط بالشبكة الداخلية في السيتوبلازم. ينظم تبادل المواد بين السيتوبلازم و النواة ويسمح بمرور مادة (RNA). مكونات الغشاء النووي تسمح للنواة بالمحافظة على شكلها وبقاء تنظيم الـADN في النواة. مثل الأغشية الأخرى الخلوية الغشاء النووي لديه نفاذية اختيارية إلا أن عبور مختلف المواد أكثر سهولة من مكان آخر. الجزيئات الصغيرة تعبر بسهولة نظرا للمسامات الكبيرة الحجم. جزيئات البروتين القادمة من السيتوبلازم وجزيئات (ARN) الخارجة من النواة يتم نقلها عن طريق القناة المركزية للمسام النووية باستخدام الطاقة و بتدخل البروتينات ناقلة قابلة للذوبان (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 106).