جامعة حماة

كلية الطب البيطري

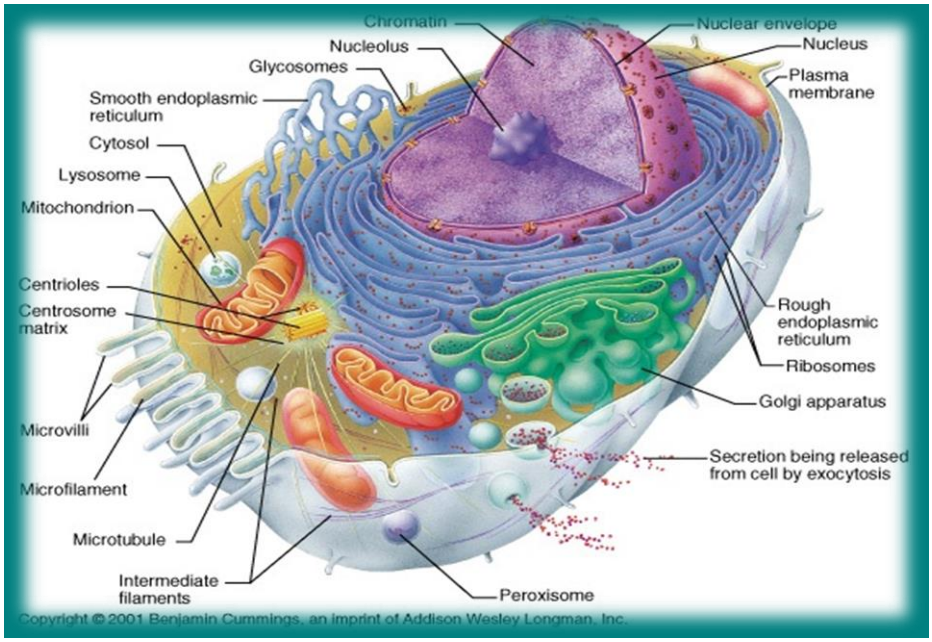
كيمياء حيوية1

المحاضرة الأولى

السنة الثانية – فصل أول

د اياد عثمان

الخلية الحيوانية



إن من أصل 100 عنصر مكتشف في تركيب القشرة الأرضية، يدخل في تركيب الكائنات الحية اثنان وعشرون عنصراً فقط. فالأوكسجين، الكربون، النيتروجين، الهيدروجين، الفوسفور، والكبريت تساهم في بنية المركبات العضوية، في حين تكون الشوارد أحادية الذرة Monoatomic ions (الصوديوم، البوتاسيوم، المغنيزيوم، الكالسيوم، الكلور) الأملاح،

ويوجد الجزء الأخير بكميات قليلة ويكون ما يعرف بالعناصر النادرة :

. (Si, I, Mo, V, Al, B, Zn, Cu, Co, Fe, Mn)

تختلف نسبة هذه العناصر من نوع من الخلايا إلى نوع آخر، وكذلك تختلف هذه النسب من الخلايا الحيوانية إلى الخلايا النباتية .

يصادف بكميات كبيرة كل من الهيدروجين والأوكسجين والكربون والآزوت وتتشكل أكثر من 99% من كتلة الخلية الحية، في حين يشكل الصوديوم، الكالسيوم الفوسفور، الكبريت، البوتاسيوم، والكلور أقل من 1% من كتلة الخلية الحية.

يميز بالعادة ثلاثة أنواع مختلفة من الخلايا :

- **آ- خلايا ذات تنظيم داخلي بسيط وتعرف Procaryotic cells (مثل الخلايا الجرثومية) .**
- **ب- خلايا حيوانية ذات تنظيم داخلي معقد Eucaryotic cells (مثل الخلايا الكبدية) .**
- **حـ- خلايا نباتية ذات تنظيم داخلي معقد ، تتميز بعملية التمثيل الضوئي Photosynthetic cells .**

يبلغ عدد الخلايا الحيوانية في الكائن البشري حوالي 100 تريليون خلية، وتشكل كل خلية بنية حية قادرة على العيش بشكل غير محدود وتنسخ نفسها بشرط أن تحوي السوائل التي تحيط بها الغديات المناسبة.

- **فالخلية الحيوانية تتألف من قسمين أساسيين، النواة nucleus والهيولى cytoplasm، ويفصل الغشاء النووي nuclear membrane بين الهيولى والنواة، ويفصل غشاء الخلية cell membrane الخلية عن السوائل المحيطة بها.**

ويدعى مجموع المواد التي تكون الخلية الجبله Protoplasm، والتي تتكون من خمس مواد أساسية :

- الماء والكهارل والبروتينات والشحميات والسكريات.

وفيما يلي دراسة لأهم مكونات الخلية:

1-1- الغشاء الخلوي Cell membrane :

يغلف الغشاء الخلوي الخلية بشكل كامل . وهو رقيق جداً و ذو بنية مرنة ويتألف من البروتينات والشحميات والسكريات .

تمر عبر هذا الغشاء جميع المواد الغذائية الداخلة إلى الخلية ونواتج الأستقلاب الخارجة من الخلية .

يتألف الغشاء الخلوي عند الجراثيم Escherichia coli من حوالي 45% ليبيدات و 55% بروتينات ويكون توضعها على شكل طبقات .

يعتبر الغشاء الخلوي عند الجراثيم نصف نفوذ، فهو يسمح لجزيئات الماء بالعبور بصورة حرة ولا يسمح لجميع المركبات المنحلة العبور خلاله .

يتمركز في الغشاء الخلوي أنظيم التنفس والفسفرة وكذلك توجد بعض الأنزيمات المشتركة في اصطناع الأغشية .

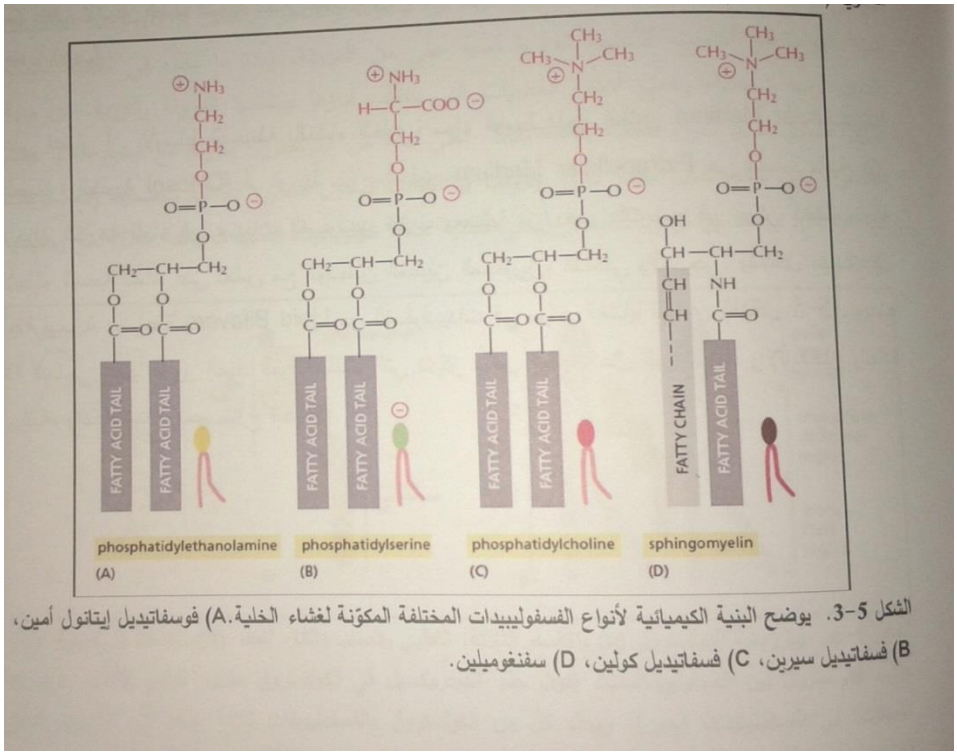
في الخلايا الكبدية يتألف الغشاء الخلوي من السكريات المتعددة الحمضية المخاطية Acid mucopoly saccharides والليبيدات السكرية والبروتينات السكرية .

أما الغشاء البلاسمي plasma membrane في الخلايا الكبدية فإنه يستخدم حاجزاً حقيقياً لخاصية النفوذية Permeability ويدخل في تركيبه الانظيمات وجمل النقل الفعالة لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم .

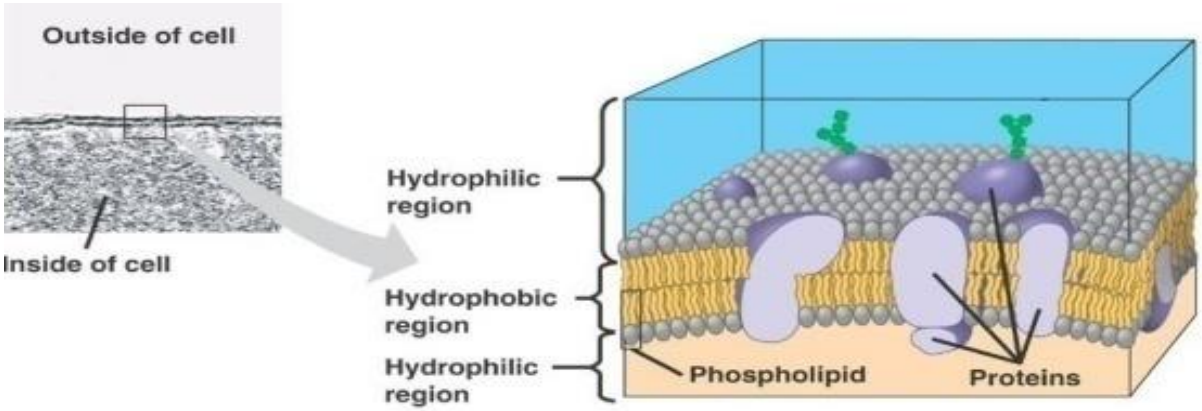
تكون الليبيدات ثنائية الطبقة Lipid bilayer الحائل الشحمي في غشاء الخلية الحيوانية، حيث تكون طبقة متواصلة على سطح الخلية مرصعة بجزيئات ضخمة من البروتينات.

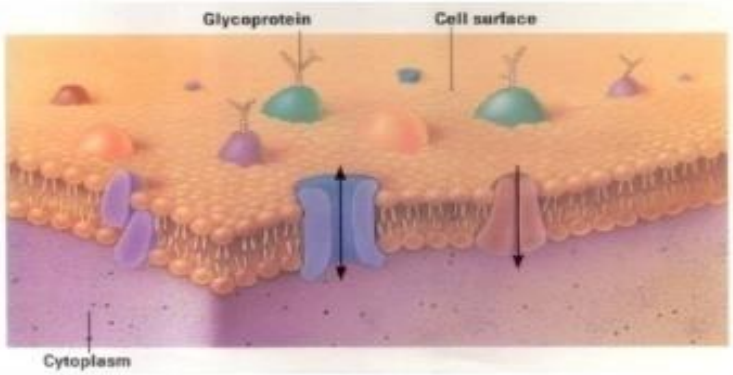
تحتوي هذه الطبقة على الفوسفاتيديل (شحميات فسفورية) والحموض الدسمة والكولسترول وتكون قطبين : الأول منحل بالماء والثاني كاره للماء .

- **فجذر الفوسفات يعتبر أليفاً للماء،**
- **بينما الحموض الدسمة كارهة للماء.**
- **في حين يملك الكولسترول جذراً منحلاً في الماء هو الهيدروكسيل وجذراً ينحل في الدسم هو حلقة الستيران . وعليه تحتل الأجزاء المحبة للدسم مركز الغشاء وتحتل الأجزاء الأليفة للماء المناطق المحيطية الملامسة للماء .**



الشكل 5-3. يوضح البنية الكيميائية لأنواع الفسفوليبيدات المختلفة المكوّنة لغشاء الخلية.A) فوسفاتيديل إيتانول أمين، B) فسفاتيديل سيرين، C) فسفاتيديل كولين، D) سفنغوميلين.





تصنف بروتينات الغشاء (بروتينات سكرية) بنوعين :

الأول البروتينات المكملة integralproteins

الثاني البروتينات المحيطية peripheral proteins .

ينشأ النوع الأول على كامل الغشاء ويوجد النوع الثاني على سطح الغشاء ولا يخترقه.

تتمتع البروتينات الغشائية بنوعين من الوظائف، فبعضها يعمل أنظيمات ملامسة للتفاعلات الحيوية وبعضها الأخر يسهم في عملية نقل المواد بالاتجاه المعاكس للاتجاه الطبيعي للانتشار وهو يعرف بالنقل الفاعل active transport.

من جهة أُخرى تساهم السكريات في بنية الغشاء من خلال تكوين الليبيدات والبروتينات السكرية.

ترتبط هذه المركبات بالسطح الخارجي للخلية وتؤدي عدة أدوار يمكن إيجازها بالنقاط التالية:

- **1- تشحن هذه السكريات بالشحنة السالبة ، وهذا يمنح سطح الخلية شحنة سالبة أيضاً ، تقود إلى إبعاد الأجسام السالبة عن سطح الخلية .**
- **2- ترتبط الخلايا بعضها مع بعض من خلال الارتباط السكري لسطح هذه الخلايا .**
- **3- يسهم بعضها في تفاعلات المناعة ونقل بعض الهرمونات.**

1-2- الهيولى cytoplasma :

تكون الهيولى معظم محتويات الخلية وفيها تسبح العديد من الجزيئات والعضيات المنتشرة سواء الكبيرة منها أو الصغيرة.

يدعى الجزء الصافي من الهيولى والذي تنتشر فيه الجزيئات العصارة الخلوية cytosol .

- **تصنف الهيولى إلى :**

الهيولى الخارجية ectoplasm(القشرة)

والهيولى الداخلية endoplasm التي تقع ما بين الغشاء النووي والهيولى الخارجية .

تنتشر في الهيولى جسيمات صغيرة تدعى المستقبلات Receptors هي المسؤولة عن نقل المعلومات إلى النواة لتوجه عملها، والهيولى مادة غير متجانسة تتألف من الماء ومواد معدنية وسكريات ودهون وبروتينات .

تحتوي الهيولى على كريات الدسم المحايدة وحبيبات الجليكوجين والحبيبات الإفرازية .

أهم مكونات الهيولى :

الشبكة الهيولية الباطنية endo plasmic reticulum

وجهاز غولجي Golgi apparatus

والميتاكوندريا mitochondria

والجسيمات الحالة lysosomes

والجسيمات فوق المؤكسدة peroxisomes .

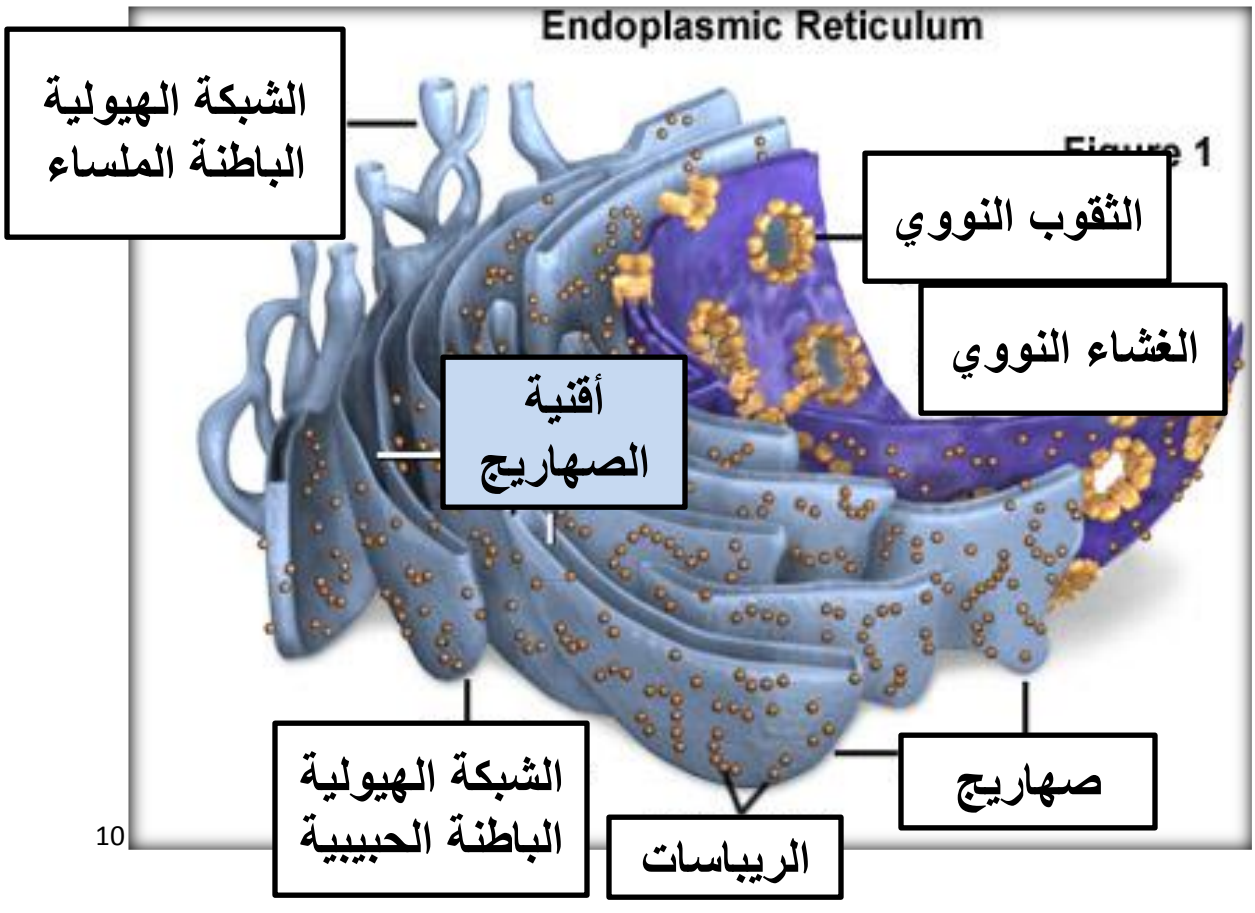
يسهم في تكوين بروتينات الهيولى كل من الجلوبيولين والألبومين وبعض الأحماض الأمينية (التيروزين ، التربتوفان ، السيستيئين ، السيستان والهسيتدين). كما يساهم في تركيب بروتينات الهيولى كل من الدهون والسكريات، لتكون معهم البروتينات السكرية والشحوم البروتينية .

تختلف كمية الهيولى في الخلايا باختلاف النسيج، ففي خلايا الكبد مثلاً تتشكل نسبة تقدر بـ 40-60 % من وزن الخلية، بينما لا تشكل الهيولى سوى جزء بسيط جداً في الخلية الدهنية .

وتتلخص وظائف الهيولى بالنقاط التالية :

- **أ- تشكل الهيولى الوسط المناسب لفعاليات العضيات الهيولية.**
- **ب- تقوم بنقل المواد في الخلية وتساعد على تغير أماكن العضيات الهيولية بواسطة التيارات الهيولية داخل الخلية .**
- **حـ- تشكل وسطاً للعمليات الاستقلابية داخل الخلية، نظراً لاحتوائها على عدد من الأنظيمات المسؤولة عن :**
- **د- هدم الجلوكوز في العقد العصبية والألياف العضلية.**
- **هـ- دورة كريبس وخاصة في خلايا الكبد والنسيج الدهني .**
- **و- هدم وبناء الحموض الدهنية في الكبد والخلايا الدهنية.**

- ز- هدم الحموض الأمينية غير الأساسية وبناؤها .
- **أهم مكونات هذه الهيولى :**
- **1-2-1- الشبكة الهيولية الباطنة :**
- تتألف الشبكة الأندوبلاسمية من فجوات مسطحة على شكل أحواض cisternae متصلة بعضها مع بعض مشكلة قنوات داخل السيتوبلاسما .
- تبلغ مساحة السطح الكلي لهذه البنية في بعض الخلايا (خلية كبدية) 30 إلى 40 ضعف مساحة غشاء الخلية .
- تملأ الأفضية داخل القنوات والحويصلات بالمطرق الهيولي الباطن endoplasmic matrix وهو وسط يختلف عن السائل خارج الشبكة الهيولية الباطنة .

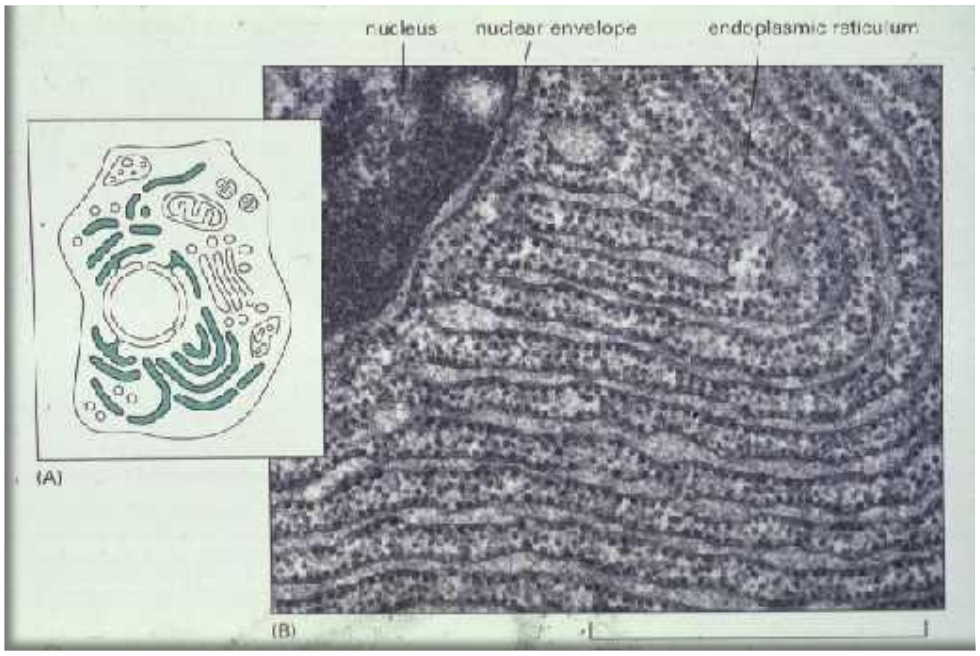


ولقد أظهرت الصورة المجهرية الإلكترونية أن الافضية داخل الشبكة الهيولية الباطنة متصلة بالفراغ بين غشاءي الغشاء النووي المضاعف .

إن السطح الخارجي لغشاء الشبكة الاندوبلاسمية يأخذ شكلاً خشناً غير مسطح وذلك لتوضع الريبوسومات عليه بأعداد كبيرة .

الوظيفة الأساسية لهذه العضيات أنها تقوم بعملية الاصطناع البروتيني، وهي سمة أساسية للشبكة الهيولية الباطنة الحبيبية granular endoplasmic reticulum .

في حين تسهم الشبكة الهيولية الباطنة الملساء smoth endoplasmic reticulum في عملية تركيب المواد الدهنية.



-2-2- جهاز غولجي :

- يتألف من حويصلات vacuole يحيط بها غشاء مسطح ، وغالباً ما تجتمع بعضها مع بعض على شكل كومة Stack . يوجد هذا الجهاز في جميع خلايا الغدد وخاصة في المناطق التي تجمع النواتج الإفرازية .
- من الناحية الوظيفية فإن جهاز غولجي يعتبر مكاناً لتجميع وتصنيع وتكثيف البروتينات في الخلية ومنه تطرح نواتج الاستقلاب من الخلية .
- كما يتم فيه الربط بين السكريات والبروتينات وكذلك السكريات والشحميات لتكوين كل من البروتينات السكرية والبروتينات الشحمية .
- يشترك جهاز غولجي بصورة فعالة في بناء الغشاء البلاسمي وأغشية الليزوسومات .

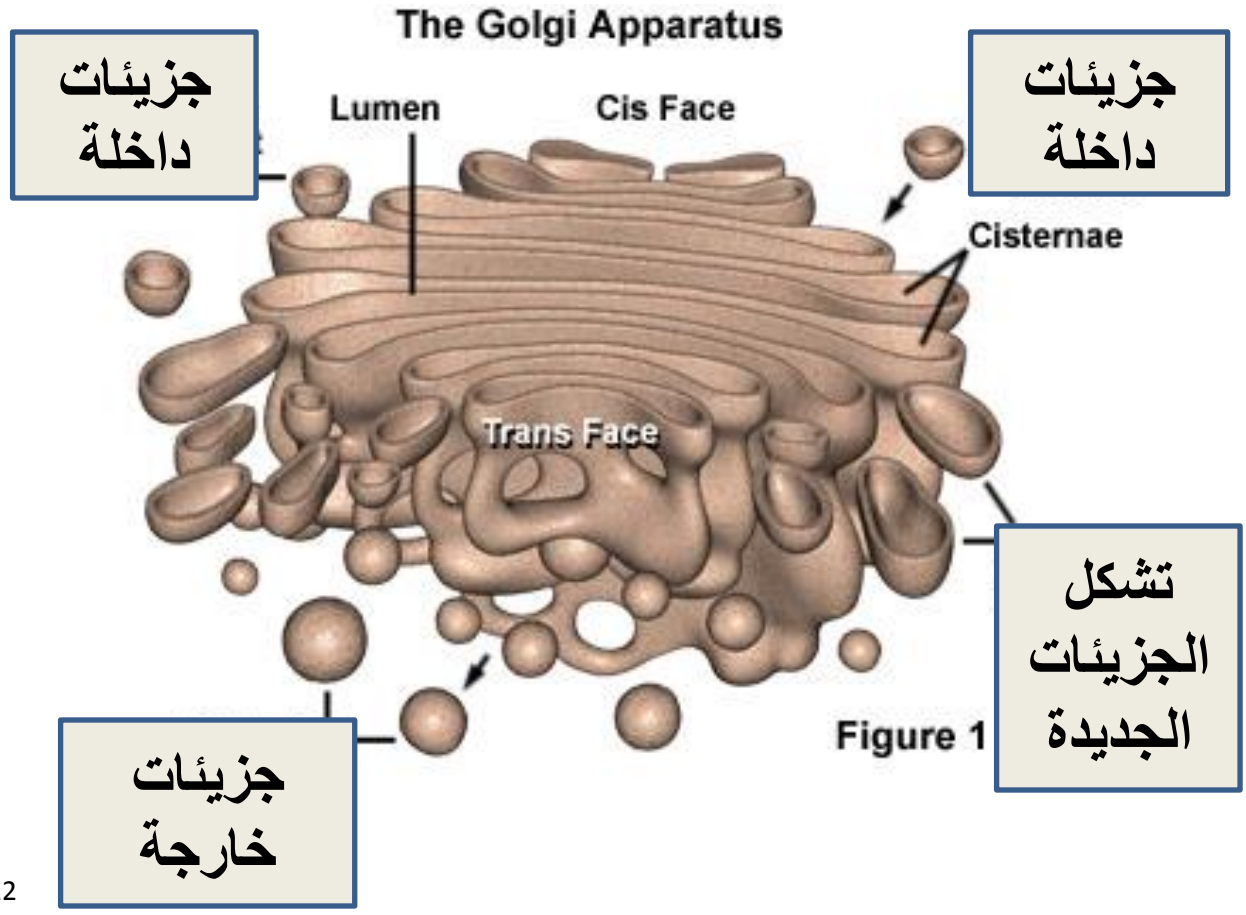


Figure 1

1-2-3- الجسيمات الحالة (الليسوسوم) :

- وهي عضيات حويصلية تتشكل بواسطة جهاز غولجي.
- يكثر وجود هذه العضيات في كريات الدم البيضاء، خلايا الكبد والطحال وتحتوي على مجموعة من الانظيمات (حلمأة البروتين على أحماض أمينية، حلمأة الجليكوجين إلى جلوكوز، محلات الدهون، الفوسفاتاز الحامضي).
- تحاط هذه الجسيمات بغشاء شحمي ثنائي الطبقة وتلعب دوراً في قتل الجراثيم وهضم الخلايا الميتة وإزالة المواد المؤذية أو الغريبة .

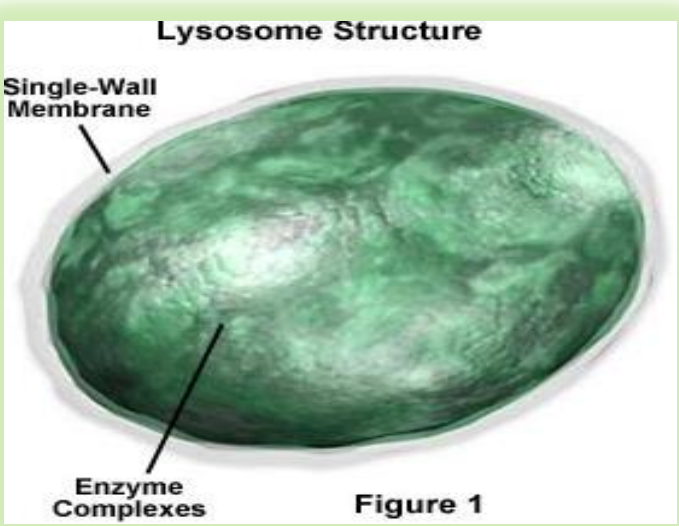


Figure 1

1-2-4- الجسيمات فوق المؤكسدة :

- وهي عضيات حويصلية أيضاً محاطة بغشاء أحادي الطبقة وتحتوي على إنظيمات الأكسدة، مثل الكاتلاز، د- أمينو أسيد أوكسيداز وتنتج فوق أوكسيد الهيدروجين H_2o_2. يعتقد أنها تتشكل بالتبرعم من الشبكة الهيولية الباطنة الملساء.

1-2-5- المتقدرات أو المصورات الحيوية :

- يوجد في الخلية الحية من حوالي مئة إلى عدة آلاف مصورة حيوية، حيث أن لبعضها شكلاً بيضوياً أو كروياً على شكل متفرع أو خيطي.
- تشكل عضيات الميتا كوندري حوالي 20% من حجم السيتوبلاسما الخلوية ، وتحتوي على غشائين من البروتينات والشحميات ثنائية الطبقة .
- يعرف القسم الداخلي في الميتاكوندريا باسم المطرق Matrix يحوي عدداً كبيراً من الأنظيمات بهدف الحصول على الطاقة (ATP) الكامنة في المواد العضوية الأساسية .
- تحتوي المتقدرات على الحمض الريبي النووي المنقوص الأوكسجين (DNA) الذي يشبه الحمض الموجود في النواة .

- **تتكاثر المتقدرات ذاتياً ، وهذا يعني أن المتقدرة تستطيع تشكيل متقدرة ثانية وثالثة ....الخ . عندما تحتاج الخلية إلى الطاقة .**
- **تتراوح أبعادها بين 0.5–2 ميكرون ويختلف تركيبها باختلاف أنواع الخلايا والأنسجة . يتناقص عدد المتقدرات في حالات الجوع ويبلغ منتصف العمر البيولوجي لها بين 7–10 أيام .**
- **توجد المتقدرات بكثرة في خلايا القلب ، الكلى ، الكبد ، والعقد العصبية**

ويمكن إيجاز الوظائف الحيوية للمتقدرات بالنقاط التالية :

- **1ً– القيام بتفاعلات أكسدة الكربوهيدرات والدهون والحموض الأمينية لغاية تشكيل الماء وثاني أكسيد الكربون وإنتاج الطاقة ، حيث تتوضع إنظيمات الأكسدة في الغشاء الداخلي للميتاكوندريا (دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل).**
- **2ً– تخليق القواعد البيرينية والبريميدينية من أجل إصطناع ال DNA والـRNA.**
- **3ً– الإسهام في استحداث البروتينات في الريبوسومات .**
- **4ً– تكوين حمض أوكزال خليك من خلال تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون على حمض البيروفيك .**
- **5ً– الإسهام في استحداث بعض الأحماض الأمينية القاعدية ، كالسيترولين من الأورنيثين (دورة اليوريا) .**
- **6ً– اصطناع الأحماض الدهنية غير المشبعة والمساهمة في تطويل السلاسل الكربونية للأحماض الدهنية .**

1-3- النواة :

- تعتبر النواة مركز التحكم في الخلية وتحتوي على كميات كبيرة من الحمض الريبي النووي المنقوص الأوكسجين (DNA) . تتحكم النواة في الخلية بآليتين رئيسيتين ، فهي تتحكم بالفعاليات الهيولية وبالتوالد (الإنقسام المنصف Mitosis) .

الشكل 4-1. بنية النواة وغلافها.

تمثيل للنواة Nucleus وغلافها Nuclear envelope والنويّة Nucleolus والكروماتين Chromatin، بالإضافة إلى صور بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح لسطح الغلاف Surface of Nuclear Envelope ولمعقّدات الثقوب النوويّة Pore complex ولشبكة ألياف الصفيحة النوويّة Nuclear Lamina. لاحظ تكوّن الغلاف النووي من غشاءين داخلي Inner Membrane وخارجي Outer Membrane واستمرار الغشاء الخارجي مع أغشية الشبكة البلازمية الداخلية ER.

- تسبح النواة في الهيولى وتمتلك غشاء مكوناً من طبقتين محتوياً على عدة آلاف من المسام النووية nuclear pores .

- لهذه المسام دور مهم في حياة الخلية فخلالها تمر بعض الجزيئات التي يبلغ وزنها الجزيئي أكثر من 44000، حيث ينتقل منها وإليها أحاديات وثنائيات السكريد وبعض

أنواع البروتينات مثل الهيستونات والبروتامينات والانظيمات وشوارد الصوديوم والبوتاسيوم .

- أما الحمض DNA في النواة فيكون مرتبطاً مع الهيستونات Histones (بروتينات نووية ذات خواص قلوية) ومنظماً في الصبغيات Chromosomes.
- يختلف حجم النواة باختلاف أنواع الخلايا وأنواع الحيوانات ، فهي تشكل 5% في عضلة القلب عند الأبقار ، 9% في خلايا الكبد عند الحصان ، 14% في كريات الدم الحمراء و 20% في خلايا الكليتين للعجول من حجم الخلية .
- تحوي النوية Nucleolus ، الموجودة في النواة ، كميات كبيرة من الحمض الريبي النووي RNA ولا تمتلك غشاء محدداً .
- يزداد حجم النويات بشكل واضح عندما تركب الخلية البروتينات بفعالية .
- من الناحية الكيميائية تتكون النواة من البروتينات والشحوم والحموض النووية .
- من أهم البروتينات الداخلة في تكون النواة نذكر كل من الهيستونات والبروتامينات والكولاجين والجلوبيولينات .
- تشكل الشحوم حوالي 1% من مجموع وزن النواة واغلبها شحوم فوسفورية .
- تكون الحموض النووية حوالي 20- 25 % من وزن النواة وهي : الرنا (RNA) والدنا (DNA) .
- الوظيفة الأساسية للنواة هي حمل الصفات الوراثية ونقلها للاجيال اللاحقة .

- **في هذا المجال يجب التأكيد على أن كمية الDNA في أي من الخلايا الحية أو في أي من الكائنات الحية ثابتة ومحددة بشكل دقيق جداً .**
- **أضف إلى ذلك أثبت بأن كمية ال DNA في الخلية تزداد مع ازدياد درجة التعقيد في الخلية الحية ، وعليه تزداد كمية الأعلام الوراثي التي تحملها الخلية مع ازدياد درجة تعقيد الخلية .**
- **فمثلاً كمية الحمض DNA عند أكلات الجراثيم Bacteriophages أو في الفيروسات الجرثومية قليلة جداً وذلك لاحتواء هذه الكائنات على عدد محدود من المورثات Genes .**
- **يتكون الـ DNA الكروموزمي من :**
- **الأحماض النووية ، الجينات ، الكروموزومات والكروماتين . تحتوي الحموض النووية (DNA و RNA) على نكليوتيدات مكونة من :**
- **القواعد النيتروجينية البيرينية (أدنين ، غوانين)**
- **والبريميدينية (سيتوزين ، ثيامين واليوارسيل الموجود في ال RNA)**
- **والسكريات (الرايبوز المنقوص الأوكسجين والرايبوز الموجود في الـ RNA)**
- **والفوسفات .**
- **تخزن الجينات كل المعلومات الجينية في الكروموزومات وتحتوي حوالي 3×10^9 زوج نكليوتيدي مرتبه في 23 كروموزوم .**

- **تحتوي الكروموزومات على تتابع نكليوتيدي متخصص (Replication origins, telomere , centromere) والعصائب Bands (من النوع G الغني بالأدينين والثيامين ومن النوع R الغني بالغوانوزين والسيتوزين) .**
- **الجينات عبارة عن مناطق في تكوين الأحماض الريبية المنقوصة الأكسجين ومهمتها إنتاج جزيئات الحمض الريبي النووي الوظيفي .**
- **يختلف حجم الجينات كثيراً ، على سبيل المثال ، يكون جين الأنسولين من 1700 نكليوتيد ويكون جين مستقبلات الليبيدات البروتينية منخفضة الكثافة (LDL) من 45000 نكليوتيد .**
- **الكروماتين عبارة عن معقد مكون من بروتينات (حاوية على الهيستون وغير حاوية على الهيستون) ومرتبطة مع الحمض الريبي النووي المنقوص الأوكسجين H_3 , H_4 , H_2A , H_2B , صغيرة وتحتوي على كمية عالية من الأحماض الأمينية القاعدية مثل الأرجنين واللايسين وبعضها الآخر غني بالأدنين والثيامين).**