محاضرات حياتية الخلية النظري *Lec. 1*

مقدمة في علم الخلية Introduction of Cytology

علم الخلية cytology هو مصطلح مشتق من اللغة اليونانية ويتكون من كلمتين:الأولي cyton وتعني خلية cell والثانية Logos وتعني علم Science

ما هو علم الخلية : هو العلم الذي يختص بدراسة الخلية من حيث الشكل و النوع و التركيب و الوظيفة وما يطرأ عليها من تغيرات أثناء عملية التمايز والنمو والتقدم في العمر و المرض. وان علم الخلية والذي يعرف حالياً بعلم حياة الخلية (بايلوجية الخلية) Cell Biology هو احد الفروع الفتية لعلومِ الحياة يتناول دراسة تركيب ووظيفة العضيات الخلوية Organelles ودورها في وحدة بناء الكائن الحي، وان الخلية Cell هي الوحدة الأساسية للكائن الحي والتي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر او الانتاج والتي تتكون من السايتوبلازم والنواة او منطقة نووية ومحاطة بغشاء خلوي .

علم حياة الخلية يضم ثلاثة اتجاهات:

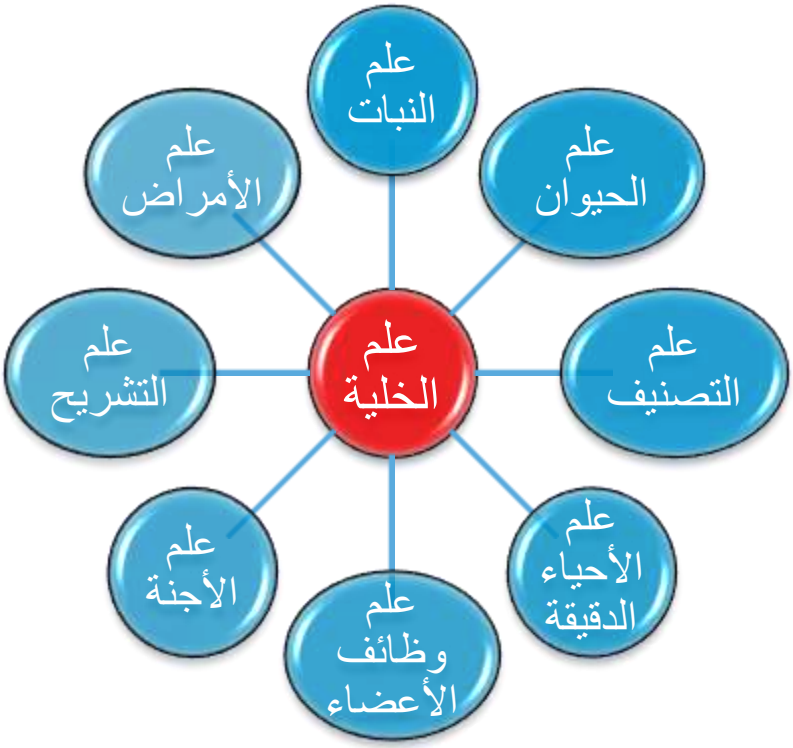
الاتجاه الاول هو علم الخلية الكلاسيكي الذي يهتم بدراسة التراكيب الخلوية المشاهدة بواسطة المجهر الضوئي والاتجاه الثاني هو علم وظيفة الخلية والذي يهتم بالكيمياء الحيوية والفيزياء الحيوية ووظائف الخلية. الاتجاه الثالث علم حياة الخلية والذي يفسر الخلية على مستوى الجزيئات كالجزيئات الكبيرة مثل الاحماض النووية والبروتين. اما في الوقت الحالي فهنالك ترابط بين هذه الاتجاهات الثلاثة ولم تعد اتجاهات منفصلة ويستخدم علم الخلية وعلم حياة الخلية كمرادفان.

نبذة تاريخية عن نشأة علم الخلية

1	عام 1665م	نشأ علم الخلية بعد اكتشاف المجهر بواسطة العالم الانجليزي روبرت هوك
2	عام 1831م	اكتشف العالم الانجليزي روبرت براون نواة الخلية.
3	عام 1838	أوضح عالم النبات الألماني شلايدن Schleiden أن الخلية هى وحدة تركيب النبات.
4	عام 1839م	توصل عالم الحيوان الألماني شفان Schwan الى نفس النتيجة بالنسبة للحيوان. كان شفان أول من استخدم عبارة النظرية الخلوية التي أصبحت تنص على أن جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا وأن الخلية هى الوحدة التركيبية و الوظيفية لجسم الكائن الحي
5	عام 1841م	تمكن عالم الحيوان ريماك من مشاهدة انقسام الخلية الدموية.
6	عام 1846م	استطاع عالم النبات فون نجيلي استنتاج أن خلايا النبات تنتج بانقسام الخلية الى خليتين بنويتين.
7	عام 1858م	عام 1858م ذكر الطبيب فيرشو أن خلايا الإنسان تتكاثر بالانقسام وأن جميع الخلايا تنتج من خلايا سابقة.
8		في السنوات الأخيرة كان لتقدم وسائل التقنية الخلوية الحديثة كاختراع المجهر الالكتروني واستخدام الكيمياء الحيوية للتعرف على تركيب المواد الحية أثر كبير في التوصل الى التركيب الدقيق لمكونات الخلية كالغشاء البلازمي و الميتوكوندريا و الشبكة الاندوبلازمية ومعرفة وظائفها.

علاقة علم الخلية بالعلوم الأخرى Relation of cytology with other sciences

يعد علم الخلية من أهم العلوم المستخدمة في كافة الدراسات البيولوجية حيث أن الخلية هي مركز معظم العمليات الحيوية في جسم الكائن الحي. لذا يتصل علم الخلية بكل فروع علم الحياة.



علاقته بعلم الاجنة فأن هناك مشاكل علمية متعلقة بالخلية وهي مشاكل متعلقة بنمو الجنين والانقسام الخلوي هي مسائل حيوية وضرورية بالنسبة الى نشوء ونمو الجنين وهي ايضاً الاساس المعتمد لتنظيم نمو الكائن الحي لذلك على علماء الاجنة ان يكونوا على معرفة جيدة للتركيب الاساسي للخلية واهمية وتوزيع كل من العضيات الموجودة فيها

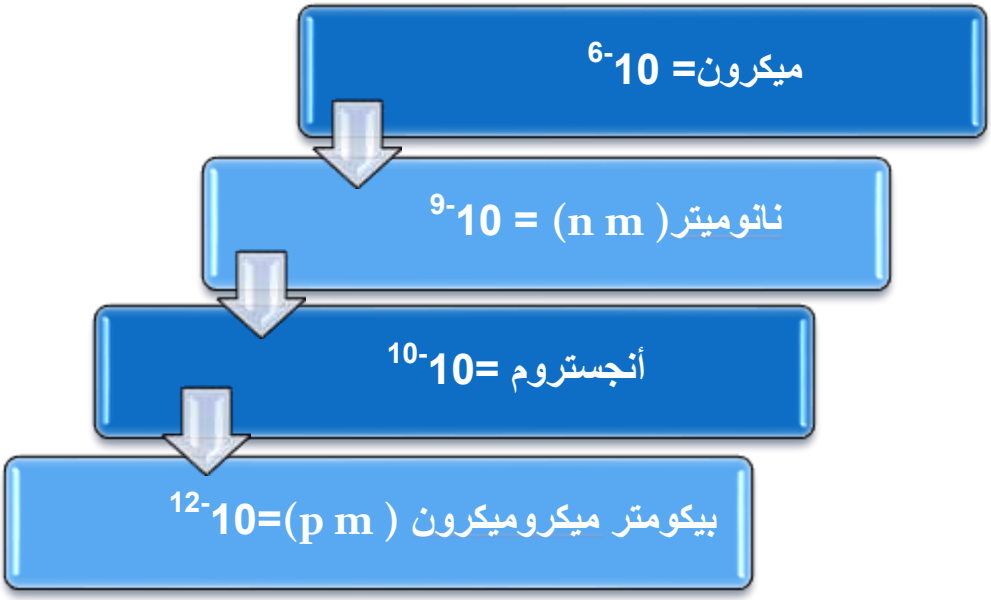
وعلم الامراض والصحة من جهة اخرى حيث يعد فهم الخلية حجر الاساس في هذا البناء العلمي ولكي نفهم المرض يتطلب دراسة الخلية الحية السليمة وكيف يمكن ان يصيبها الاعتلال لنصل الى فهم عملية الخلل الذي ينعكس في مرض معين ومن ثم فهم اساس الحالة المرضية ككل.

وترتبط دراسات علم الخلية مع الفعاليات الفسيولوجية المختلفة حيث وضعت العديد من الفرضيات حول الطبيعة الفسيولوجية الكيميائية التركيبية لبروتوبلازم الخلية كما اجريت العديد من الدراسات التي تتعلق بطبيعة سايتوبلازم الخلية وحركتها والحركة الاميبية وحركة الاسواط وانتقال الجزيئات في داخل الخلية وبالإضافة الى انقباض العضلات.

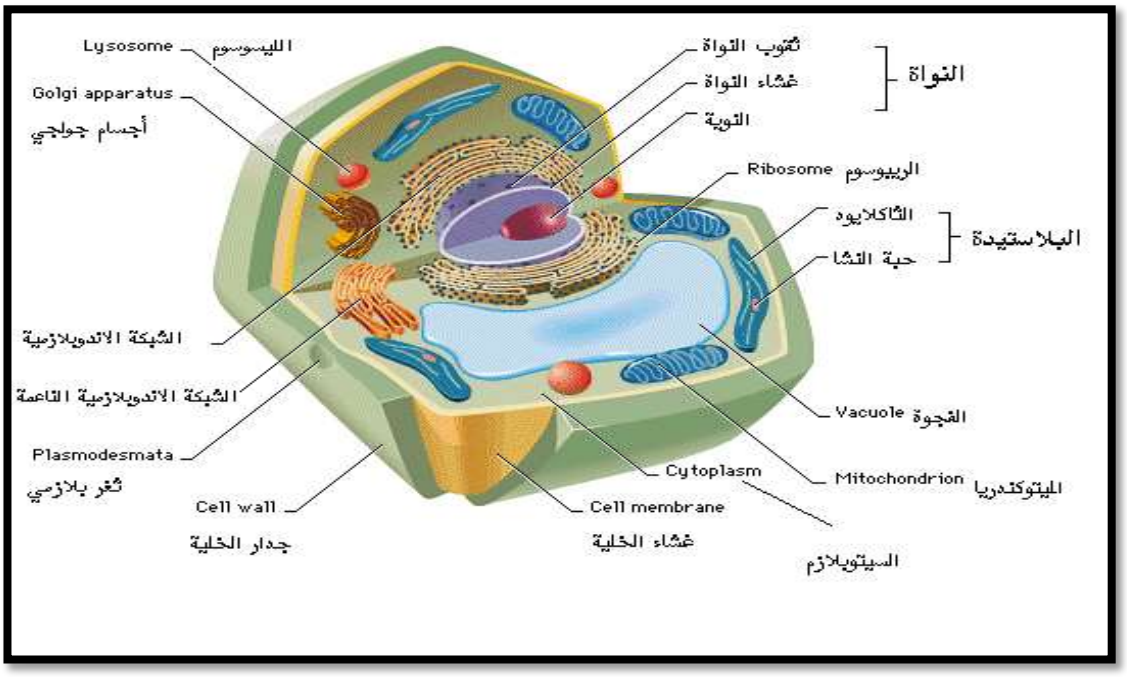
ولعلم الخلية ايضاً علاقة متينة **مع علم التصنيف Taxonomy** فالأبحاث والدراسات الحديثة في تصنيف الكائنات الحية مبنية اساساً على كرموسومات الخلية وعلى الاختلاف في عددها وشكلها من **كائن حي الى آخر وقد لاحظ ستيبنس Stebbins ان الكرموسومات لكونها حاملة للعوامل الوراثية يجب ان تعتبر الاساس المعتمد عليه في العلاقة بين الخلية والتصنيف.**

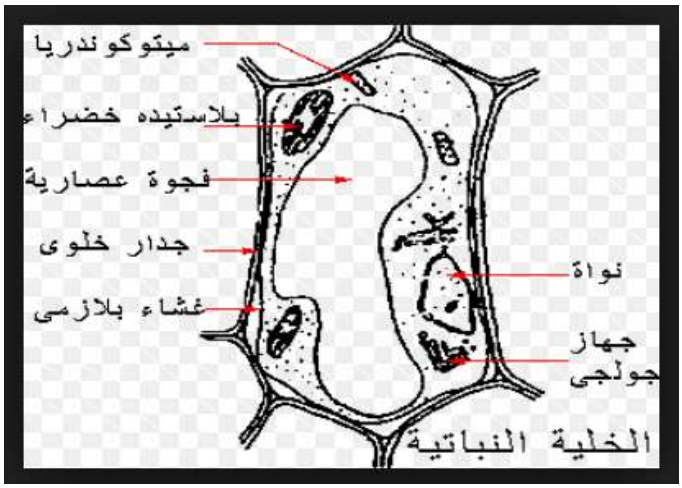
كما انبثق من علم الخلية عدة علوم حديثة مثل

وحدات الأبعاد المستخدمة في علم الخلية

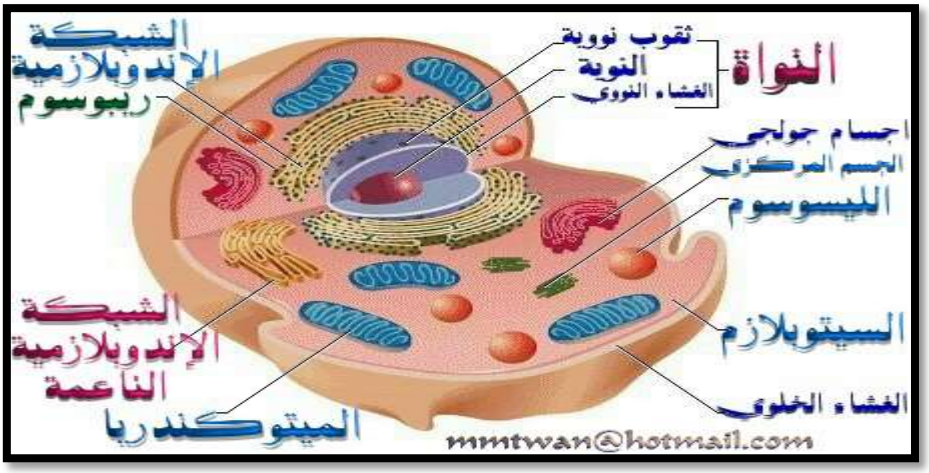


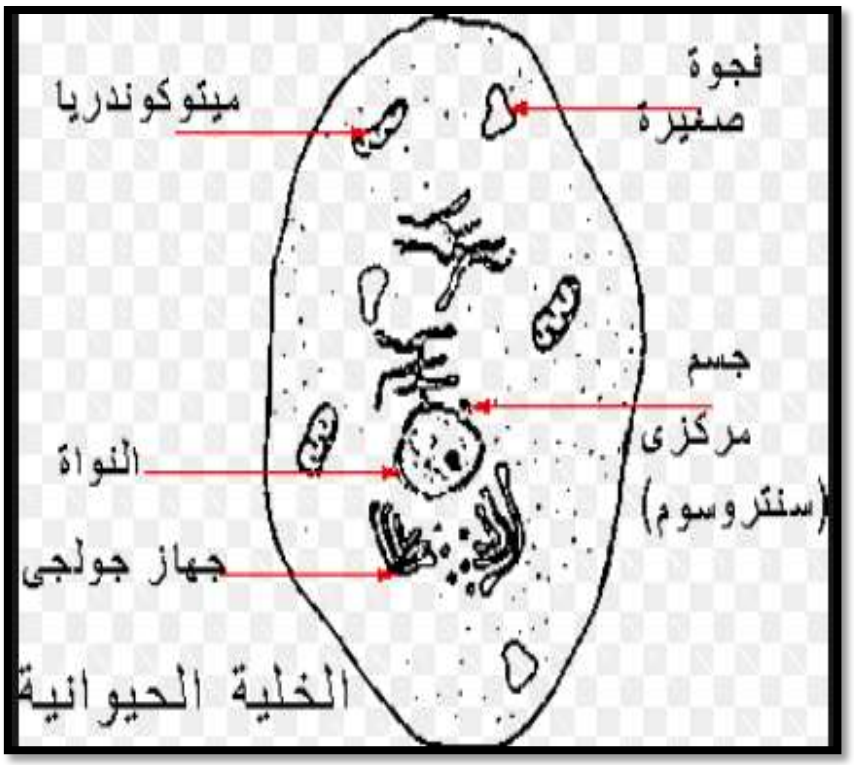
الخلية النباتية

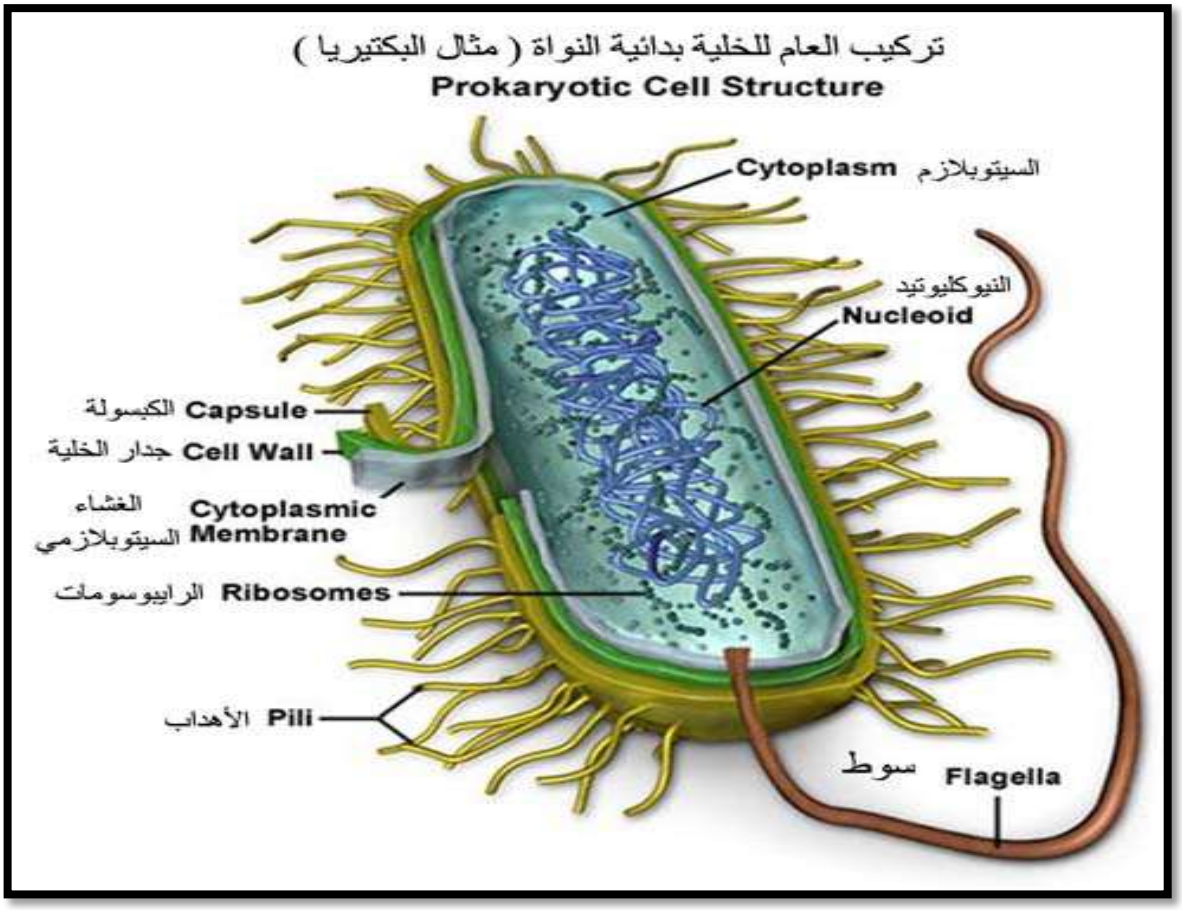




الخلية الحيوانية

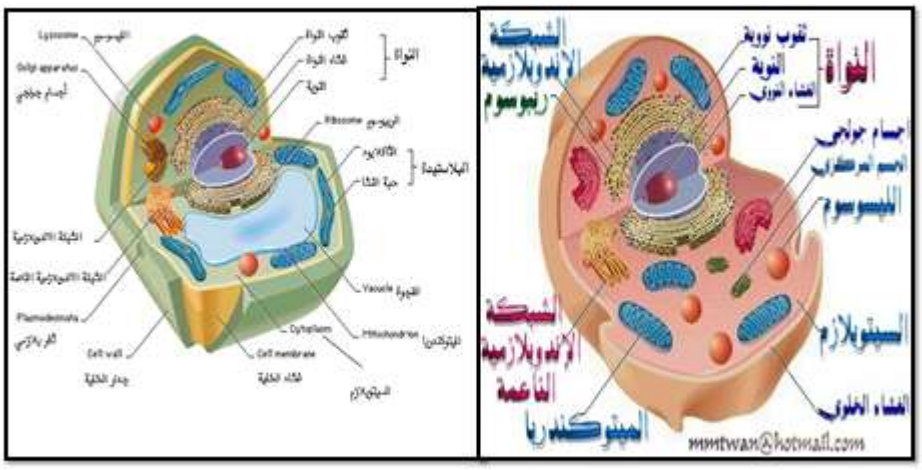

الشبكة
الإندوبلازمية
ريبوسوم
ثقوب نووية
النواة
الغشاء النووي
النواة
اجسام جولجي
الجسم المركزي
الليسوسوم
الشبكة
الإندوبلازمية
الناعمة
الميتوكندريا
السيتوبلازم
الغشاء الخلوي
mmtwan@hotmail.com


ميتوكوندريا
فجوة
صغيرة
جسم
مركزى
(سنتروسوم)
النواة
جهاز جولجى
الخلية الحيوانية



مقارنة بين الخلية النباتية و الخلية الحيوانية

الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
يوجد بلاستيدات خضراء	لا يوجد بلاستيدات خضراء
النواة طرفية	النواة مركزية
لايوجد جسم مركزي	يوجد جسم مركزي
يوجد جدار خلوي	لا يوجد جدار خلوي
توجد فجوة عصارية	لا توجد فجوة عصارية



خلية حيوانية　　خلية نباتية

الخلية والفايروسات

ان ما يميز الخلية كوحدة للمادة الحية عن الفايروسات (الرواشح) اذ تتصف الاخيرة بمظاهر التكاثر وانتاج النوع وهذه تحتاج الى محيط حي داخل خلايا ملائمة لتظهر صفات المادة الحية وما يميزها عن البكتريا فالأخيرة يمكن ان تنمو في محلول غذائي بسيط.

وتُعد الفايروسات (الرواشح) مجموعة مختلفة فهي لا تأتي ضمن الكائنات حقيقية النواة او بدائية النواة وعلى الرغم من التباين الكبير بين الفايروسات المختلفة إلا أن جميعها تشترك في مميزات اساسية فجميعها طفيليات مجبرة " Obligate parasite " لا تستطيع التكاثر ما لم تكن موجودة في خلية مضيف خاصة بها ، وهذه الخلايا إما أن تكون بكتريا أو خلية حيوانية أو نباتية. اضافة الى وجود الفايروسات في خلايا مضيفة فأنها قد توجد في حالة مختلفة عن ذلك تماماً وهي وجودها خارج حدود الخلية وفي هذه الحالة تكون الفايروسات بصورة جسيمات تسمى " Virions " والفايروسات لا تمتلك نواة أو سايتوبلازم أو غشاء خلوياً بدلاً عن ذلك تحتوي على جزئية مفردة من حامض نووي واحد فقط (RNA or DNA) وليس كليهما الذي يحتل لب الفيريون ، وان امتلاك الفايروسات نوعاً واحدا واحداً فقط من الحوامض النووية ميزها عن جميع الخلايا الحية التي تحتوي على كلي النوعين من الحوامض النووية .

تصنف الكائنات الحية (عدا الفيروسات) الى

كائنات ذات الخلايا بدائية النواة	كائنات ذات الخلايا حقيقية النواة
مثل البكتيريا ,الطحالب الخضراء	النبات و الحيوان

1. خلايا ما قبل النواة او بدائية النواة Prokaryotes والتي تمثل بعدد من الاحياء البدائية وحيدة الخلية كانواع من البكتريا والاشنات فهذه الخلايا تفتقد الى الغشاء النووي والمادة النووية منشرة في السايتوبلازم وليس لها ترتيب محدد.

2. حقيقية النواة Eukaryotic cell وتتخذ النواة شكل محدد يحتل مركز الخلية.

مقارنة بين الخلايا بدائية النواة و الخلايا حقيقية النواة		
وجه المقارنة	الخلايا بدائية النواة	الخلايا حقيقية النواة
1- حجم الخلية	غالباً صغير (1- 10 ميكرون)	غالباً كبير (10- 100 ميكرون)
2- التركيب الوراثي	DNAمع بعض البروتين اللاهستوني	DNAمتحد مع البروتين الهستوني واللاهستوني في كرموسومات معقّدة
3- الغلاف النووي	لا يوجد	يوجد
4- انقسام الخلية	مباشر بالانقسام الثنائي أو التبرعم ولا يوجد انقسام ميتوزي	الانقسام ميتوزي و اختزالي
5- العضيات السيتوبلازمية	يوجد ريبوسومات صغيرة الحجم حرة في السيتوبلازم	يوجد العديد من العضيات بالإضافة الى الريبوسومات
6- أعضاء الحركة	أسواط بسيطة في أنواع البكتريا ولا تحاط بغشاء الخلية	الأسواط والأهداب معقدة وتدعمها الأنيبيبات الدقيقة وتحاط بالغشاء البلازمي
7- التغذية	معظمها بالامتصاص وبعضها بالتمثيل الغذائي	امتصاص , ابتلاع , تمثيل غذائي
8- طاقة الأيض	لا توجد ميتوكوندريا ,وانزيمات الأكسدة مرتبطة بالغشاء البلازمي	توجد ميتوكوندريا تحتوي على إنزيمات الأكسدة

خواص الحياة في الخلية تُعزى الى مادة البروتوبلازم وهو سائل عديم اللون تقريباً نصف شفاف ولزج ويمثل الماء نسبة 70% وعلى مواد كثيرة ذائبة ومتأينة تكون في الماء محلولاً متجانساً.

ويمثل البرتوبلازم الخواص الفسلجية للخلية والذي يعطي للخلية المميزات التالية هي:-

1. التنبه (Irritability): وهي قدرة الخلية على الحس نتيجة تأثرها بالمحفزات الخارجية، أي التغيرات الحادة في المحيط، وانواع المحفزات كثيرة منها آلية ، وفيزياوية كالضوء والتيار الكهربائي وكيميائية... الخ وكذلك قدرة الخلية على الاستجابة للمحفزات وفي الأحياء متعددة الخلايا تتطور هذه الخاصية في بعض الخلايا تطوراً كبيراً.

2. التوصيل(Conductivity): ان موجة التهيج الناتجة من تأثير المحفز في نقطة معينة تنتقل على سطح الخلية الى الأجزاء الاخرى ويرافق ذلك تغييرات في الجهد الكهربائي، وهذه الخاصية مع قابلية التنبه هي التي تتطور تطوراً كبيراً في الخلية العصبية.

3. قابلية التقلص(Contractility): ويتمثل ذلك في ان الخلية تقصر باتجاه معين استجابة الى حافز معين وهذه الخاصية متطورة الى اقصى حد في الخلية العضلية التي تؤدي بوجود هذه الخاصية الى انجاز العمل الآلي للجسم.

4. الامتصاص والتمثيل(Absorption and Assimilation): وهو اخذ المواد الغذائية وامتصاصها من المحيط وتحويلها الى مواد بنائية او لتحرير الطاقة.

5. الإفراز(Secretion): وتظهر هذه الخاصية في بعض الخلايا في الأحياء المتعددة الخلايا التي يمكنها ان تكون مواد كيماوية مفيدة وان تطلقها الى محيطها للتأثير على فعاليات خلايا اخرى.

6. الابراز(Excretion): وهو قدرة الخلايا على طرح المواد الزائدة وفضلات العمليات الى الخارج.

7. التنفس(Respiration): وهو تحرير الطاقة اللازمة لفعاليات الخلية المختلفة من هدم المواد الغذائية واهم الخطوات في هذه العملية هو استعمال الأوكسجين الذي تحصل عليه الكائنات الحية من الجو " لأحراق" بعض المواد الغذائية كالسكر لتحرير الطاقة.

8. النمو والتكاثر(Growth and Reproduction): تنمو الخلايا بتركيب مواد خلوية وإضافتها اليها ثم بدلاً من أن يكبر حجمها تبعاً لذلك فأنها تنقسم الى خليتين وهكذا.. اما الكائن المتعدد الخلايا فيتكاثر بطرق اكثر تعقيدا فيها طرق لا جنسية لكن اهمها هي طريقة التكاثر الجنسي.

إن وظائف الخلية وفعالياتها المختلفة واستمرار الحياة فيها هي أوجه متلازمة وهي نتيجة للتنظيم والتناسق على مستويات متصاعدة التراكيب، ذلك التناسق غير الجامد، بل الذي ينطوي على عملية دائمة من التغيرات والتفاعلات الكيماوية تسمى العمليات الايضية (Metabolism) ومن هذه العمليات ما يتعلق بتفكك واندثار البروتوبلازم ويسمى الايض الهدمي او الانقاص (Catabolism) ومنها ما يتعلق بمواد جديدة لبناء البروتوبلازم ولتعويض المندثر منه ويسمى الابتناء او الايض البنائي (Anabolism)، وتوصف الخلايا التي تتكافا فيها عمليات الاندثار مع عمليات الابتناء بانها في حالة مستقرة (steady State) والبعض من الخلايا تبقى دائما في حالة مستقرة، اما النمو فيعتمد على ان تكون عمليات الابتناء متغلبة على عمليات الهدم.

التركيب الكيميائي للخلية Chemical Components of the Cell

يعرف التركيب الكيميائي للخلية هي تجمع لعدد هائل من الجزيئات المختلفة والتي تنتظم بصورة عالية تمكن الخلية من اداء فعاليتها المختلفة، وهذا التركيب يختلف في تفاصيله من خلية الى خرى.

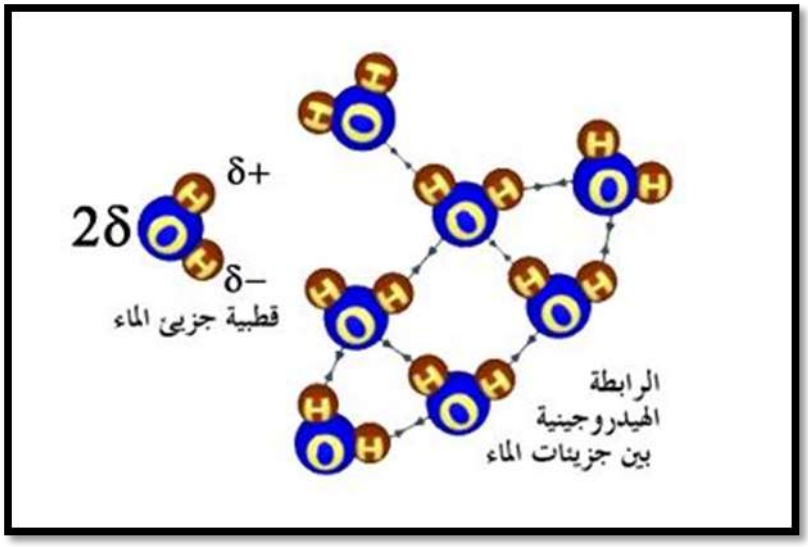
يمثل الماء النسبة الكبيرة في تركيب الخلايا حيث تبلغ نسبته 60- 90% وهو مايجعل الهيدروجين والاوكسجين يمثلان النسبة العلية في الخلايا وتتوزع باقي النسب على المركبات اللاعضوية والعضوية وغيرها.

الماءفي الخلية water

يتألف الماء من جزيئات مترابطة مع بعضها بأواصر هيدروجينية متعددة وتتركب الجزيئة الواحده من ذرة اوكسجين وذرتان هيدروجين . أن ذرة الاوكسجين ذات شحنة سالبة ثنائية التكافؤ لذلك ترتبط مع ذرتا هيدروجين مؤدية الى تكوين جزيئة ذات القطبية الثنائية الضعيفة وتُعزى الى هذه الصفة اهمية الماء كأهم المذيبات للاملاح الهامة في العمليات الحيوية وكذلك مذيب لعدد كبير من المركبات العضوية ووسط لعمل المركبات الحيوية.

الكثير من التفاعلات الايضية تجري في وسط مائي وتنتقل الكثير من المواد كما انه يدخل في تركيب عدد من البروتينات والدهون وغيرها. ونتيجة للتركيب الفريد لجزيئات الماء فقد اتصف بمجموعة من الصفات المميزة ذات اهمية كبيرة للحياة.

1. الماء هو اكثر المركبات ثبوتاً من جميع المذيبات المعروفة الاخرى بسبب تركيبه الكيميائي البسيط وقطبيته الثنائية الضعيفة.



2. وجوده بثلاثة صور وهي السائلة والصلبة والغازية.

3. للماء سعة حرارية نوعية عالية ذات اهمية بالغة في محافظة الكائنات الحية على حرارة اجسامها.

4. للماء كثافة قصوى يصلها بدرجة حرارة 4 °م تنخفض بعدها بأنخفاض درجة الحرارة وهو مايفسر طوفان الجليد على سطح الماء وبذلك يخالف جميع السوائل الاخرى التي تزيد كثافتها بأنخفاض درجات الحرارة.

5. تساعد شدة توتر سطحه العالية على تماسك المادة الحية السائلة داخل الخلايا وتعتبر شدة التوتر للماء هذه اعلى بعد تلك التي يتميز بها الزئبق ويمكن ملاحظة ذلك من خلال سير الحشرات على سطح الماء.

6. ان للماء لزوجة منخفضة وذلك من خلال مساهمته على المساعدة في انتقال الجزيئات إضافة لحركته داخل الخلايا.

7. اكثر المذيبات للمادة العضوية واللاعضوية بسبب القطبية الثنائية.

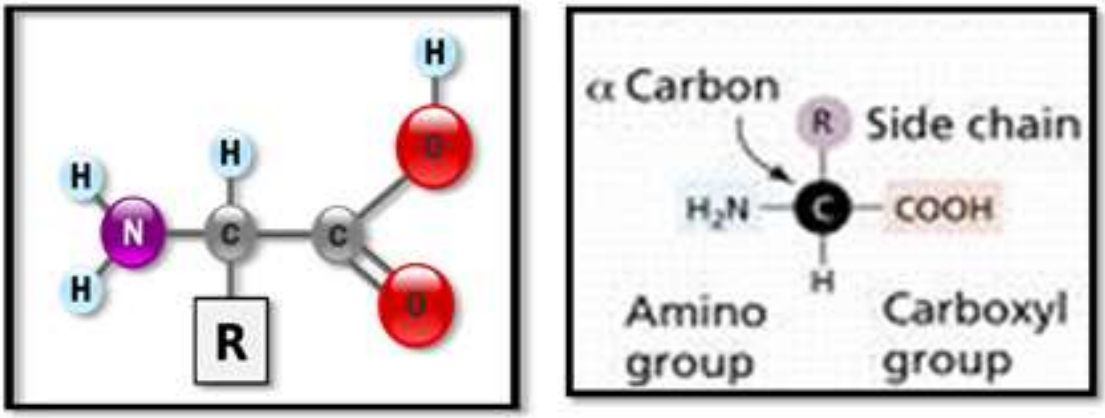
البروتينات Proteins

تعد البروتينات المكون الاساسي للكائنات الحية وهي تشمل مركبات عضوية ونيتروجينية تدخل في تركيب بروتوبلازم جميع الخلايا وتكثر نسبة المواد البروتينية في الانسجة الحيوانية عنها في الانسجة النباتية ولا يمكن للحيوان الاستمرار في الحياة بدون الاغذية البروتينية. والوظيفة الاساسية للمواد البروتينية هي بناء الانسجة.

يتألف البروتين من سلاسل مختلفة العدد تبعاً لنوع البروتين ويختلف تنظيمها وطريقة التفافها على بعض. وتتكون جزيئة البروتين الطبيعي من سلسلة واحدة او اكثر من السلاسل الببتيدية التي تتكون من الاحماض الامينية Amino acid التي ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية وعادة يكون وضع الذرات والمجموعات حول الروابط الببتيدية. ان كل حامض اميني يتألف من ذرة كاربون تدعى بذرة كاربون الفا مركزية (ومصطلح الكاربون الفاα يرجع الى اول ذرة كاربون مركزية والتي ترتبط معها مجموعة كابوكسيل ومجموعة امين من جهة اخرى اضافة الى سلسة جانبية تدعى مجموعة R وبالمثل تكون الذرة التي تلي الكربون الفا تسمى بيتاβ). ترتبط معها مجموعة كاربوكسيل من جهة ومجموعة امين من جهة ثانية اضافة لسلسة جانبية تدعى مجموعة R .

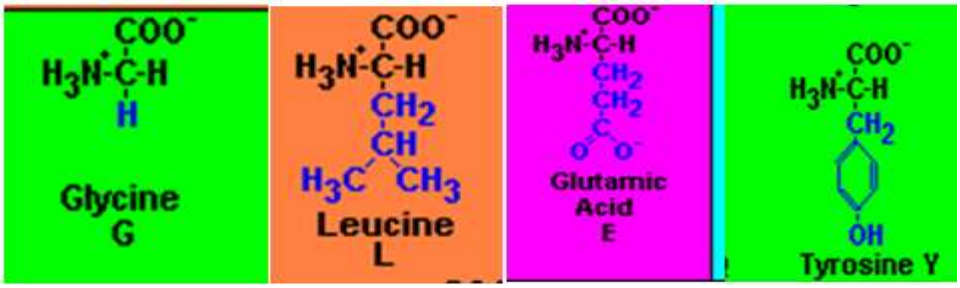
الأحماض الأمينية. Amino acid

هي وحدة البناء في البروتينات ، أحماض عضوية كربونية تتكون من مجموعة الأمين (NH_3) ومجموعة الكربوكسيل (COOH)ومجموعة الكيل(R) (مختلفة من حامض لأخر) ترتبط بذرة الكربون ألفا (α) والمجموعة R تسمى المجموعة الطرفيةSide chain



شكل يمثل البنية الكيميائية لحامض أميني في الكربون ألفا α، لاحظ جذر الأمين NH_2 إلى اليسار و جذر الكربوكسيل COOH إلى اليمين.

وتمثل مجموعة R الاختلاف في الوحدات فقد تكون هذه المجموعة ممثلة بالهيدروجين كما هو الحال في الكلايسين او سلسلة كاربونية متفرعة كما هو الحال في الليوسين او غير متفرعة كما في الجلوماتامين او تكّون حلقة اروماتية كما هو الحال في التايروسين.



ان تركيب الحامض الاميني يمنح البروتين قوة كبيرة في التأصر مع مركبات عديدة مختلفة في الخلية فمجموعة R يمكن ان تكون غير قطبية وكارهه للماء مما يساعدها على الذوبان في الدهون.

الحوامض الامينية تقسم على اربع مجاميع على وفق طبيعة صفات السلسة الجانبية :

1- الحوامض الأمينية غير القطبية Non polar amino acids

عددها عشرة احماض لا تذوب بالماء ابسطها Glycine الذي يحتوي على ذرة هيدروجين واحدة في السلسة الجانبية بالإضافة الى Leucine , Alanine , Proline , Valine , Isoleucine , Cysteine , Methionine , Tryptophan , Phenylalanine .

2- الحوامض الأمينية القطبية Polar amino acids

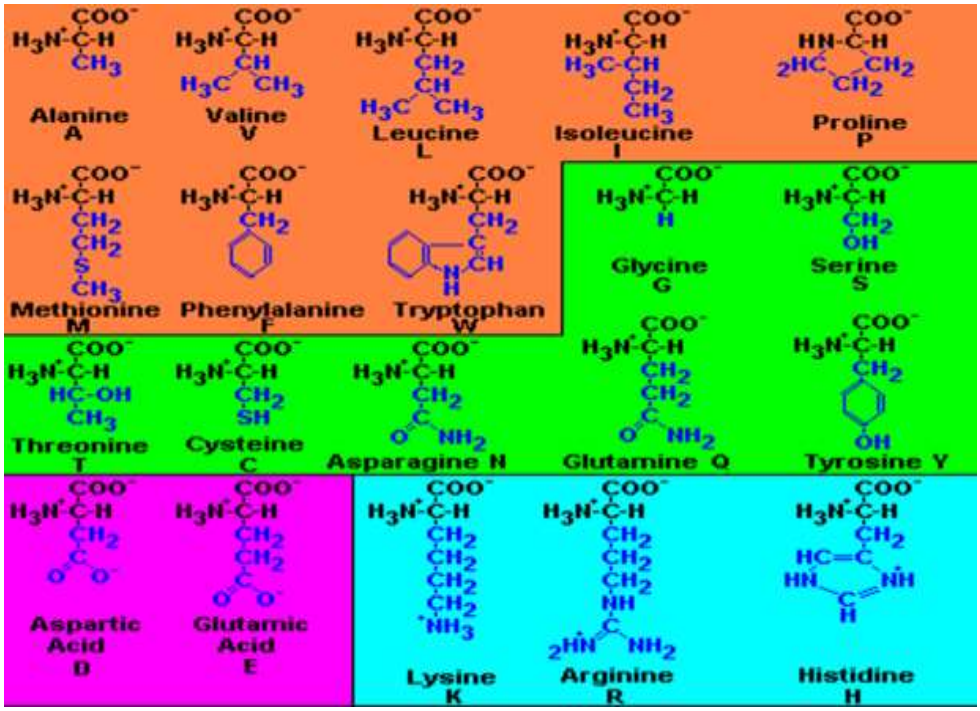
عددها خمسة حوامض أمينية وهي Asparagine , Glutamine , Tyrosine , Threonine , Serine وهذه الحوامض الأمينية تستطيع تكوين اواصر هيدروجينية مع الماء لهذا فهي محبة للماء Hydrophilic .

3-حوامض امينية قاعدية Basic amino acids

وهي ثلاثة حوامض Histidine , Arginine , Lysine وجميعها تمتلك نهاية تحمل شحنة موجبة والتي تكون محبة للماء وجميعها تلعب دوراً مهماً في توازن الـ pH الخلية.

4- الحوامض الأمينية الحامضية Acidic amino acids

وهما حامضان أمينيان هما Aspartic و Glutamic يحملان في أحدى نهايتيهما مجموعة كاربوكسيل $-COO$ التي تحمل شحنة سالبة.

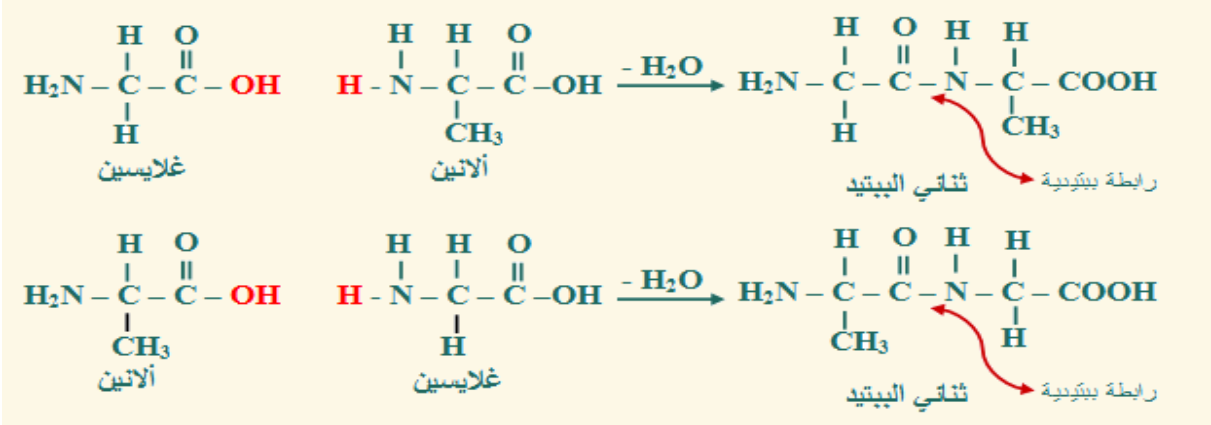


أنواع الحوامض الامينية الـ (20) التي تشكل أغلب البروتينات

تكوين البروتين

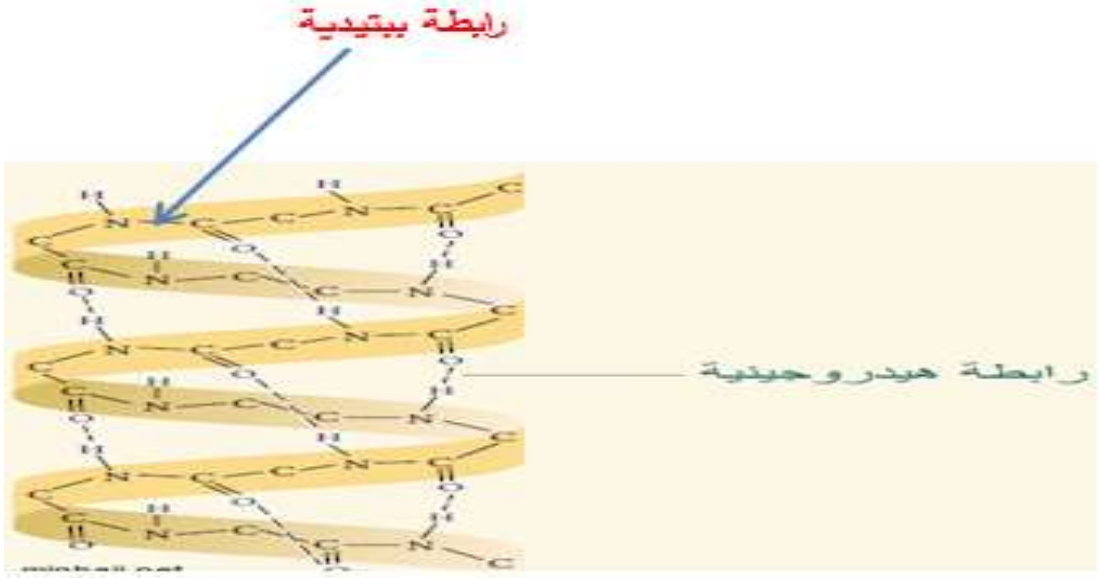
ترتبط مجموعة الكاربوكسيل COOH لحامض اميني مع مجموعة الامين للحامض الاميني NH2 التالي برابطة تدعى بالرابطة الببتيدية، وترتبط هذ السلاسل مع بعضها البعض بشكل منتظم لتوليد البروتين ويوفر مثل هذا الارتباط الخصائص المهمة للبروتين حين تتوفر عدد من المواقع لتنشيطة في هذا التركيب تجعل البروتين على التفاعل مع المركبات العضوية الاخرى.

تترابط الاحماض الامينية فيما بينها بروابط ببتيدية وينتج منها جزيئة بروتين بعد فقدان جزيئة ماء، عند ارتباط حامضين امينين يسمى الناتج ثنائي ببتيد وعند ارتباط ثلاثة حوامض امينية يسمى الناتج ثلاثي الببتيد واذا ارتبط عدد كبير من الحوامض تنتج سلسلة بروتين مبلمراً عديد البروتين.



شكل سلاسل البروتين

معظم السلاسل البروتينية في جسم الكائن الحي تتخذ اشكالاً مختلفة ترتبط اجزاؤها بروابط هيدروجينية بينما الوحدات الاساسية في بناء البروتين هي الروابط الببتيدية، والشكل التالي يمثل سلسة البروتين ترتيبا تلتف في السلسلةً بطريق.



ويمكن تبعاً لذلك وجود البروتين بصورة بسيطة حرة او مرتبطة كما هو الحال في البروتينات الدهنية والكاربوهيدراتية، كما يمكن للبروتين الارتباط مع مركبات او عناصر اخرى كما هو الحال ارتباط الكلوبين مع الحديد في كريات الدم الحمراء لأنتاج الهيموكلوبين او في الارتباط مع الكبريت او النحاس وغيرها لانتاج البروتينات المقترنة.

تقسم البروتينات أستناداً إلى تركيبها :

1- بروتينات بسيطة Simple Proteins

وهذه البروتينات تنتج بصورة خاصة حوامض أمينية فقط عند تحللها منها بروتينات الزلال والمح وبروتينات بلازما الدم واللمف وبروتينات الحنطة والذرة والهستونات.

2- بروتينات مقترنة Conjugated Proteins

تتكون من أحماض أمينية مع جزء غير بروتيني يعرف بالمجموعة المضافة Prosthetic group وتصنف استناداً الى الطبيعة الكيمياوية للمجموعة المضافة الى :

1- البروتينات النووية Nucleoproteins مثل البروتينات الكروموسومية

2- البروتينات السكرية Glycoproteins مثل بروتينات الغشاء البلازمي

3- البروتينات اللبيدية Lipoproteins مثل بروتينات الغشاء البلازمي

4- البروتينات الصبغية Chromoproteins مثل Hemocyanin

5- البروتينات المعدنية Metalloproteinase مثل الهيموكلوبين Hemoglobin

الكاربوهيدرات Carbohydrates

وهي مركبات حياتية معقدة تتالف من الكاربون والماء بنسب ثابتة وقد تحتوي على الكبريت والنتروجين وتعتبر الكاربوهيدرات من اكبر مصادر الطاقة في الخلايا حيث ينتج من جزيئة كلوكوز 38 جزيئة ATP (Adenosine triphosphate) وتدخل هذه المركبات في تركيب الاغشية الخلوية إضافة لإرتباطها مع مركبات عضوية فعالة داخل الخلايا.

تدعى السكريات بالكربوهيدرات أي كربون وماء (هيدرا – ماء) بسبب احتوائها على العناصر الثلاث كربون، هيدروجين، وأكسجين، بحيث أن النسبة بين الهيدروجين والأكسجين دائما تكون 1:2 كالنسبة الموجودة في جزيء الماء (مقابل كل ذرتي هيدروجين هنالك ذرة أكسجين).

واعتماداً على تعقيد الكاربوهيدرات فأنها يمكن تصنيفها الى ثلاثة مجاميع.

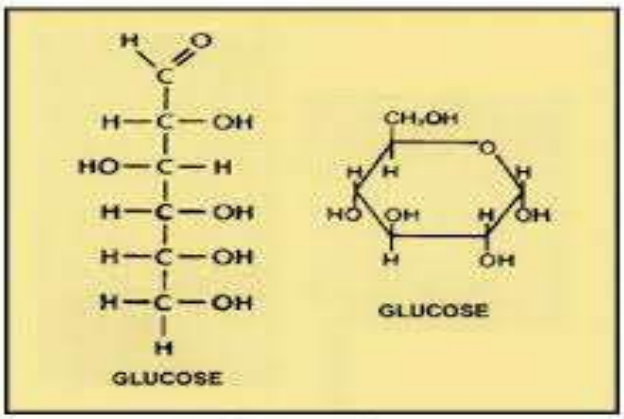
1- السكريات الأحادية وهي سكريات مؤلفة من 4-10 ذرات كاربون ويمكن ان تكون هذه الذرات منتظمة على هيئة حلقة مثل الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ، الفروكتوز والكلاكتوز.

تشكل السكريات الأحادية وحدة بناء السكريات الأخرى، وهي أبسط أنواع السكريات تركيبا (مقارنة مع السكريات الثنائية أو المعقدة جزيئاتها صغيرة نسبيا). من أهم صفاتها:

تذوب في الماء ، حلوة الطعم، تعبر عبر غشاء الخلية بسهولة دون أن تكون هنالك حاجة لتفكيكها إلى مكوناتها (عناصرها) في الجهاز الهضمي.

وظيفتها الرئيسية: إنتاج الطاقة في عملية التنفس الخلوي – الأكسدة.

شكل



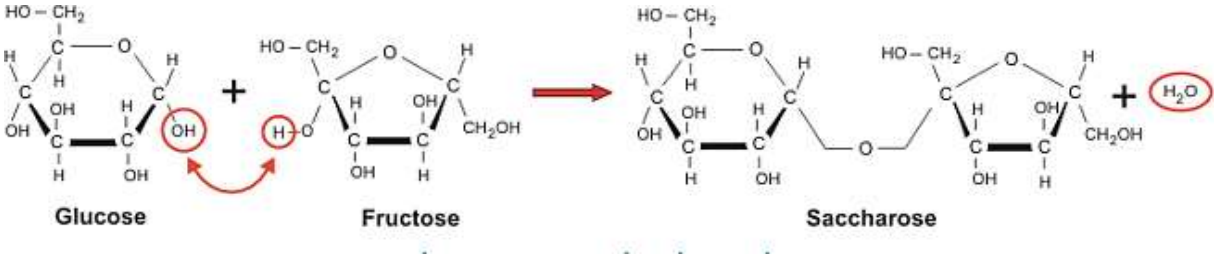
جلوكوز ـ سكر العنب

2. السكريات الثنائية $C_{12}H_{22}O_{11}$

تتكون من جزيئتين احادي السكر، وعند اتحادهما معا ينتج جزيء ماء (لذلك عدد ذرات الهيدروجين 22 بدلا من 24, وعدد ذرات الأكسجين 11 بدلا من 12).

من أنواع السكريات الثنائية Disaccharides

السكروز – ويدعى سكر القصب، هو السكر الذي نستعمله لتحلية أغذيتنا. وينتج من اتحاد جزيئتين من سكر الكلوكوز والفركتوز.



المالتوز ويدعى سكر الشعير ويتكون من اتحاد جزيئتين من سكر الكلوكوز

اللاكتوز ويدعى سكر الحليب.

من أهم صفات السكريات الثنائية: تذوب في الماء، طعمها حلو ولكنها لا تستطيع العبور عبر أغشية الخلايا دون تفكيكها إلى وحدات بناءها وهي السكريات أحادية – في الجهاز الهضمي.

3. السكريات المتعددة وهي عبارة عن جزيئات متعددة من السكريات البسيطة وخصوصا سكر الكلوكوز ويختلف عدد جزيئات سكر الكلوكوز الداخلة في تركيبها ويرمز لها بالرمز $(C_6H_{12}O_6)n$ وقد ترتبط السكريات المتعددة مع البروتينات او مجاميع من الكبريت.

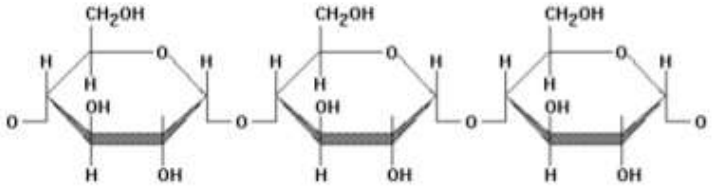
من أهم صفاتها : لا تذوب في الماء ، ليست حلوة الطعم، وكذلك لا تعبر عبر أغشية الخلية ، لذلك يجب تفكيكها في الجهاز الهضمي أولا إلى وحدات بناءها (سكريات أحادية) لكي يستطيع الجسم استيعابها واستغلالها. من أنواعها : الكلايكوجين، النشا والسليلوز.

السكريات المخزونة : هي مادة يستطيع الجسم بناءها من وحدات بناءها عند وجودها بفائض في جسمه، وكذلك يستطيع أن يفككها عند الحاجة لوحدات بناءها الاصلية. . فالنشا هو سكر معقد , وهو مادة الخزن الأساسية لدى النباتات , ويتكون في النبات عند وجود فائض من الكلوكوز ويخزن في الدرنات ، الثمار أو في البذور – لذلك يكثر في البطاطا ،الأرز والحنطة.

- **الصيغة الكيمائية الأساسية للنشا هي**

$$(C_6H_{10}O_5)_n.$$

- **يعتبر النشا من الوحدات العديدو للسكريات الأحادي الجلوكوز المرتبطة مع بعضها عن طريق كربون 1 وكربون 4**
- **مثال :-**



amylose.

الانزيماتEnzymes

وهي محفزات بروتينية تبنى داخل الخلية الحية وتعمل كعوامل مساعدة بايلوجية للتعجيل من معدل سرعة التفاعلات الحياتية وهي تعمل بتخصص عال على جزء (المادة الاساس Substance) معين او على صنف من الجزيئات المعينة وتحوي الخلية الواحدة ما يقارب من (1000) من الانزيمات المختلفة وهو السبب الذي يجعل الخلية تعمل بكفاءة عالية دون ان تدخل في التفاعلات او تتحطم. ان الانزيمات تتشابه مع المحفزات غير العضوية من حيث كونها لا تستنفذ ولا تتغير بعد تحفيزها للتفاعل . وتختلف عنها في كونها تعمل بدرجة عالية من التخصص على جزء معين او مجموعة جزيئات معينة تنتمي لصنف واحد .

يعود تعقيد تركيب هذه الانزيمات الى ارتباطها مع مجموعة غير بروتينية ترتبط مع البروتين الذي يعرف بالابوأنزيم Apoenzymc.

الجزء المهم من جزيئة الانزيم التي هي جزيئة البروتين هو الذي يتحد مع المادة الحليلية ويسمى المركز الفعال active center وهذا يعتمدعلى الشكل المحدد للجزئ لكي يتلائم مع شكل جزئ المادة الحليلية وقد يكون معتمد على توزيع الشحنات في هذا الجزء وان بعض الانزيمات تحتوي على مكونات اخرى يحتاجها الانزيم لفعاليته تعرف بالعوامل المساعدة او المرافقة Cofactor حيث تكون هذه العوامل المساعدة اما على شكل ايونات المعادن Metal ions مثل المغنيسيوم Mg والحديد Fe او قد تكون بشكل جزيئات عضوية معقدة تسمى مرافقات الانزيم Coenzyme وقد تحتاج بعض الانزيمات الى وجود كلا النوعين المعدنية والجزيئات العضوية المعقدة للقيام بعملها . وبعضها تحتاج الى الارتباط بمواد عضوية اضافية تسمى هذه بالتميم الخميري coenzyme واهم مثال لهذه التمائم هي الفيتامينات.

يعمل الأنزيم على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل بحيث يحدث عند درجة حرارة الخلية .

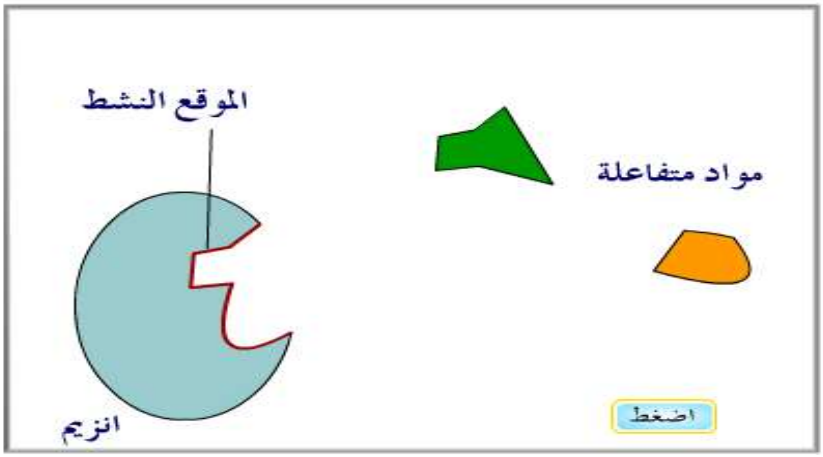
طاقة تنشيط التفاعل : الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل .

كيف يقلل الانزيم طاقة تنشيط التفاعل ؟

يقلل الأنزيم طاقة تنشيط التفاعل بواسطة ارتباطه بالمواد المتفاعلة عند الموقع النشط للإنزيم وهذا الارتباط يقرب بين المواد المتفاعلة ، وتحدث التفاعلات بينها .

فرضيات تفسر آلية عمل الأنزيم

أ) فرضية القفل والمفتاح : كل مادة متفاعلة يجب أن يكون لها شكل خاص يوافق ويتمم الجزء النشط من الأنزيم المتحد معه .



ملاحظة : شكل الأنزيم ثابت . شكل الموقع النشط ثابت .

الموقع النشط : جزء تركيبي صغير من الأنزيم ، يتميز بقدرته على تنشيط التفاعل .

ب) فرضية التلاؤم المستحث : يرتبط الأنزيم بالمادة المتفاعلة ويكوّن موقع نشط يتلائم شكله مع المادة المتفاعلة وقت الارتباط به .

ملاحظة : شكل الأنزيم قد يتغير . شكل الموقع النشط متغير .

* تعتبر صفة تخصص الانزيم بمادة التفاعل من الصفات المهمة جداً لنشاط الانزيم ويقصد بصفة التخصص هذه ان لكل انزيم مادة تفاعل معينة يعمل عليها الانزيم فبعض الانزيمات تمتلك تخصص مطلق **absolute specificity** لمادة تفاعل معينة ولا تعمل حتى على جزئيات متقاربة جداً فمثلاً انزيم **L–amino acid oxidase** يؤثر على الاحماض الامنية من نوع **L** ولا يؤثر على الاحماض الامنية من نوع **D** في حين بعض الانزيمات تمتلك تخصص نسبي لمادة التفاعل ومثال ذلك انزيم اللايبيز **Lipase** الخاص بتحلل الدهون .

وتصنف الانزيمات الى ست مجموعات فعالة:

1. أنزيمات الاكسدة والاختزال **Oxidoreductases** وهي التي تسرع عمليات الاكسدة والاختزال وذلك بأزاحة جزيئة هيدروجين.
2. انزيمات التحلل المائي **Hydrolases** وتعمل على تحلل المركبات واخراج جزيئة ماء اثناء عملية التفاعل.
3. الانزيمات المحولة (المرافقة) **Transferees** وهي تحول مجموعة او جذر من مركب الى اخر.
4. الانزيمات التناظرية **Isomerases** وتعمل على تحويل من نظير الى اخر اي تقوم بتحويل مجموعة من موقع الى اخر.
5. الانزيمات المركبة **Ligases or synthetases** وتعمل على ربط عدة مركبات لتكون مركب اخر.
6. انزيمات اللايبيز **Lyases** وتعمل على تحلل المركبات بطريقة مختلفة وذلك بحذف مجموعة او جذور اواصر مزدوجة.

اللبيدات (المواد الدهنية) Lipids

تشمل اللبيدات مركبات متعددة تتميز بعدم قابليتها على الذوبان بالماء وبذوبانها في المواد العضوية كالايثر، الكلوروفوم والبنزين . يعود السبب إلى هذه الصفة العامة للبيدات والمركبات التابعة لها إلى سيادة السلاسل الهيدروكربونية ويدخل في تركيبها الكاربون والهيدروجين والاوكسجين التي تكون غير قطبية وكارهة للماء.

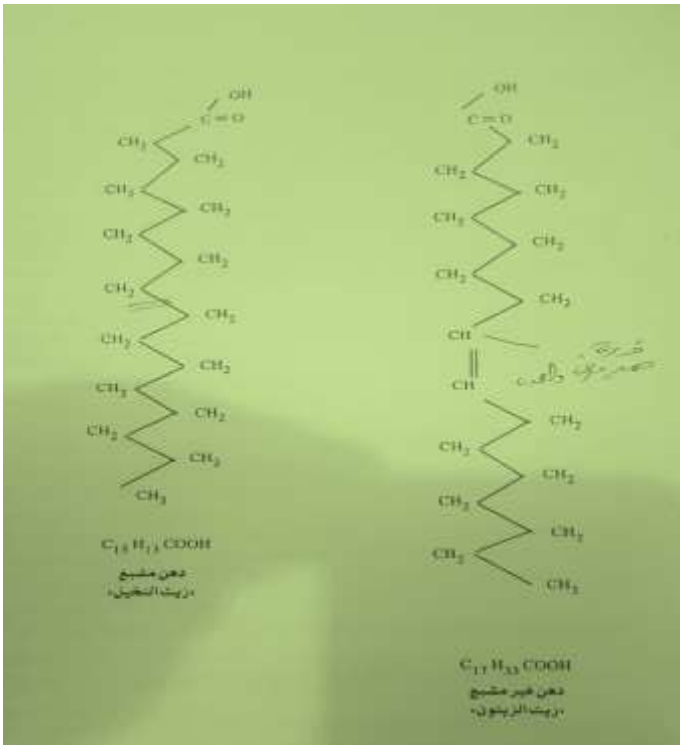
تشابه اللبيدات الكربوهيدرات من حيث الوظيفة في تؤدي دورين مهمين في الخلية أولها انها تدخل في تركيب بعض المكونات الخلوية كالأغشية الخلوية وثانيهما انها قد توجد كمواد مخزونة في الخلية وبذلك تعمل كمصدر للطاقة. تشمل اللبيدات المركبات العضوية كالحوامض الشحمية والشحوم المتعادلة والفوسفاتيدات الكليسيرية واللبيدات السكرية **glycolipids** والستيرويدات **Steroids** وغيرها.

تتالف الدهون من جزيئة كليسرول مرتبطة مع ثلاث احماض دهنية ويرمز لتركيبها بالصيغة **R–COOH** وتمثل **R** الاحماض الدهنية وقد يكون الكاربون فيها مشبعاً بذرتي هيدروجين تسمى بالدهون المشبعة وقد يكون الكاربون مرتبط بذرة هيدروجين واحدة وتسمى عندئذ بالدهون الغير مشبعة.

وتقسم الدهون الى ثلاثة انواع:

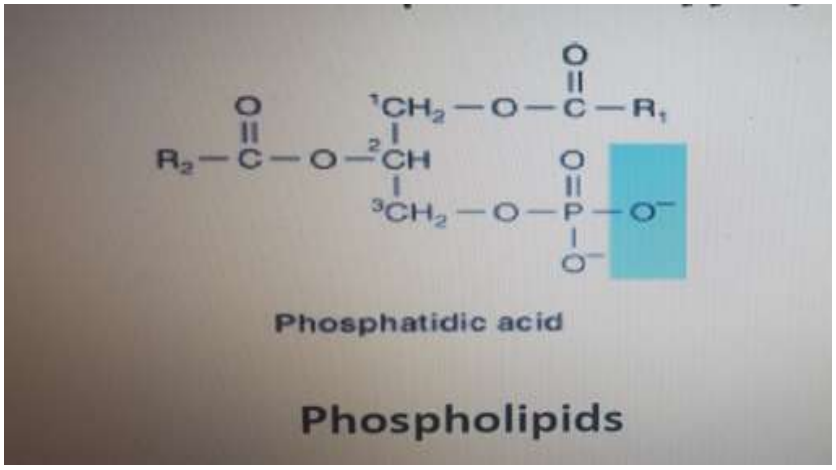
1. الدهون المتعادلة او الحقيقية.
2. الدهون المفسفرة

3. الستيرويدات.



تتركب الدهون المتعادلة من كاربون واوكسجين وهيدروجين وتستخدم غالبا في اطلاق طاقة ولاتدخل في تركيب الاغشية الخلوية او غيرها وتكون موجودة على هيئة كليسريدات لذلك لاتشترك مع بقية المركبات بل انها موجودة اما بصورة مستحلبة او شحوم مخزنة.

الدهون المفسفرة فهي دهون لاتدخل في الاحتراق واطلاق الطاقة كما هو الحال في الدهون الحقيقية بل تدخل في تركيب الاغشية الخلوية والاغشية المحيطة بالعضيات السايتوبلازمية، وتتكون من كليسرول واثنان من الاحماض الدهنية اضافة الى مجموعة فوسفات كما هو الحال في دهن الليسيثين المؤلف للاغشية العصبية، ولهذه الدهون القدرة الكبيرة على الارتباط مع المركبات الخلوية الاخرى بسبب وجود القطبية في جزيئاتها والتي تعود الى وجود مجموعة الفسوسفات.



وقد تتصل مجموعة الهيدروكسيل في الدهن مع الكاربوهيدرات (السكريات) مولدة الدهون السكرية كما يمكن ان يحل الكحول الاميني بدلاً من الكليسرول ويمكن ان نجد جميع انواع الدهون المعقدة في الاغشية الخلوية المختلفة.

الحوامض النووية Nucleic acids

وهي تمثل النوع الأهم من الجزئيات الكبيرة الحياتية Bio macromolecules الموجودة في الخلية الحية .والحوامض النووية مركبات عضوية ذات أوزان جزيئية كبيرة ، ذات جزئيات كبيرة ومعقدة وهي ذات اهمية بالغة في علم الاحياء فهي تتحكم في اهم الفعاليات البنائية الاحيائية في الخلية ، وتحمل أو تنقل المعلومات الوراثية من جيل الى آخر وتتكون الاحماض النووية من نيوكليوتيدات متعددة او متعددة النيوكليوتيدات Polynucleotide's التي ترتبط بأواصر فوسفات ثنائية الاستر بين الموقعين 3 و5 من السكر الخماسي .

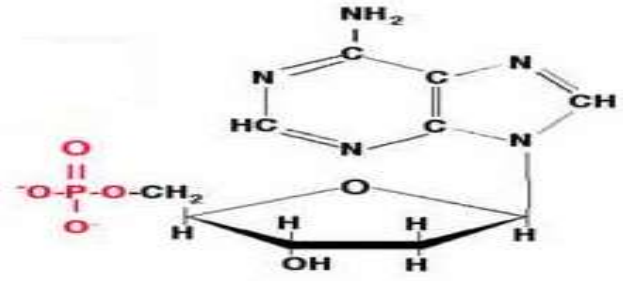
أنواع الأحمـــاض النووية:

يوجد نوعين من الأحماض النووية هما:

أ.الحامض الرايبونيوكلتيدي Ribonucleic Acid (RNA)

ب. الحامض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي Deoxyribonucleic Acid (DNA)

ويتكون البناء الأساسي لهذه الأحماض من سلاسل بها جزيئات حماض فسفوريك وسكر بالتبادل ويتصل بكل جزيء من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية إما من نوع البيورين أو البيرميدين ، والسكر الموجود بجزيء الحامض الرايبونيوكلتيدي (RNA) هو سكر الرايبوز بينما في جزيء الحمض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي (DNA) فهو سكر الديؤكسي رايبوز.

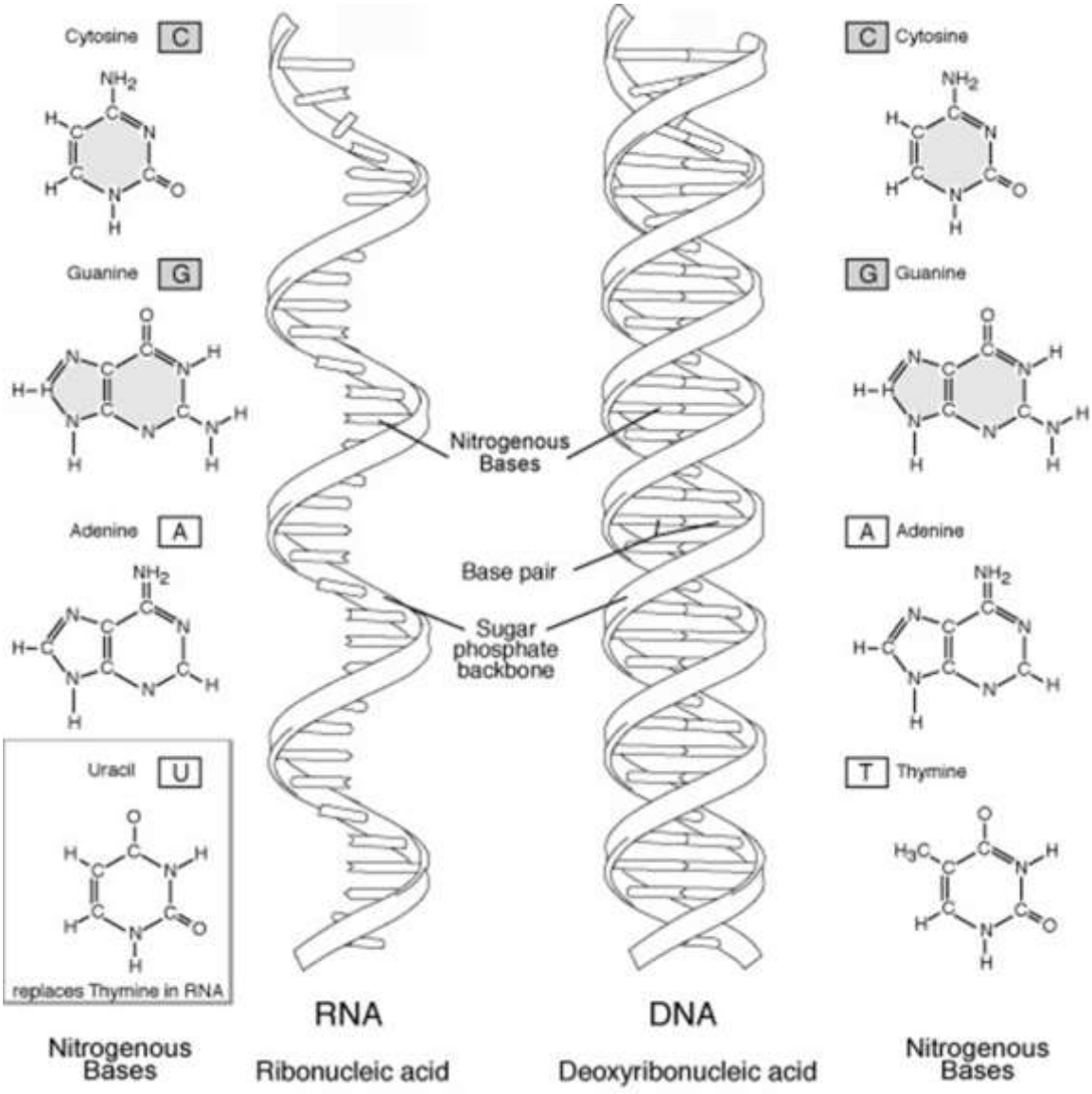


شكل يوضح هيكل بناء ال .(DNA): مكون من حامض الفوسفوريك والسكر والقاعده النيتروجينية.

مقارنة بين الحامض النووي DNA و RNA

جزيئة DNA	جزيئة RNA
يتكون من شريط حلزوني مزدوج من النيوكليوتيدات	يتكون من شريط حلزوني مفرد من النيوكليوتيدات
يحتوي على القواعد النيتروجينية A, T, G, C	يحتوي على القواعد النيتروجينية A, U, G, C
يحتوي على سكر خماسي رايبوزي منزوع الأكسجين	يحتوي على سكر خماسي رايبوزي

يحمل الصفات الوراثية لجميع الكائنات الحية وبعض الفيروسات	يحمل الصفات الوراثية في بعض الفيروسات فقط بالإضافة إلى بناء البروتينات
يوجد في النواة (الكروموسومات) والبلاستيدات والمايتوكوندريا	يوجد في النواة (النوية) والسايتوبلازم (الرايبوسومات)
سلسلة طويلة	سلسلة قصيرة
يستطيع تكوين الـ RNA	لا يستطيع تكوين الـ DNA



ثبات الاحماض النووية في الخلايا:

تعتبر جزيئات الاحماض النووية في الخلايا ثابته خلوياً وهذا يعود الى وجود عدد من الروابط الكيميائية التي تحافظ على تركيبها وهذه الروابط هي:

1. روابط الفسفور ثنائي الاستر التي تظهر بين مجموعة الفوسفات لذرة الكاربون الخامسة لسكر نيوكليوتيد مع ذرة الكاربون الثالثة لسكر نيوكليوتيد التالي. هذه الروابط هي روابط مكافئة وتمثل العمود الفقري للسلاسل وتساعدها على مقاومة الاضرار المحتملة.

2. الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية في الحامض النووي DNA وهي روابط كثيرة جداً وتحتاج درجات حرارة عالية لتحطيمها تصل الى 100 ° م.

3. وجود روابط اخرى لمكونات النيوكليتيد مع المركبات الموجودة في الوسط الخلوي لزيادة ثبوتية الشكل الجزيئي للحامض النووي.

مكونات الخلية ووظائفها

الأغشية الخلوية Cellular Membranes

تُحاط جميع الخلايا بنطاق عازل يمثل حاجزاً لمحتوياتها الداخلية يعمل على حماية الخلية من الظروف البيئيةغير المستقرة المحيطة بها فضلاً عن القيام بوظائف مهمة ويدعى هذا بالغشاء البلازمي او الخلوي Plasma membrane وله القدرة على اصلاح الاضرار البسيطة التي قد تحصل لأسباب ميكانيكية او كيميائية.

ويتمكن هذا الغشاءمن التحكم الاختياري في حركة الجزيئات من والى داخل الخلايا بسبب نفاذيته الاختيارية او الانتخابية فضلاً عن قيامه بنقل جزيئات كبيرة بأساليب اخرى. وتعتبر الاغشية البلازمية اماكن نشطة لبعض الفعاليات الحياتية مثل التنفس ونقل الاشارات بين الخلايا وغيرها. ويشكل الغشاءالبلازمي حدود الخلية الذي يفصل المحتوى الداخلي للخلية عن محيطها الخارجي حيث ان جميع المواد الداخلة او الخارجة من الخلية يجب ان تمر عبر الغشاء البلازمي . وقد تمر المواد احياناً عبر الغشاء البلازمي عن طريق النقل السلبي، ويسمى الغشاء البلازمي ايضاً بالغشاء الخلوي Cell membrane او يسمى كذلك الاكتوبلاست Ectoplast وهو غشاء نفاذ Permeable

الفحص المجهري للاغشية الخلوية

يُعد استخدام طرق الفحص المجهرية الدقيقة عن طريق المجهر الالكتروني احد اهم الطرق المستخدمة في فحص ودراسة الاغشية الخلوية. اوضحت صور المجهر الالكتروني التي اخذت لتحضيرات مختلفة من الاغشية البلازمية بانها مؤلفة من تركيب متميز من طبقتين جانبيتين سميكة يبلغ سمك كل منها 25°A انكستروم مفصولتان بطبقة ارق يبلغ سمكها 20 °A انكستروم. ويختلف سمك الغشاء البلازمي حسب انواع الخلايا وتبعاً لذلك فان سمك الغشاء يتراوح بين 75 °A انكستروم الى 125°A انكستروم.

التركيب الكيميائي لغشاء الخلوي Chemical structure of cell membrane

يتألف الغشاء البلازمي من البروتين Protein واللبيد (الدهن) Lipid التي تكون مرتبة مع بعضها البعض بشكل طبقة رقيقة بواسطة أواصر غير تساهمية وتعتمد نسبة الدهن الى البروتين على نوع الغشاء الخلوي بالنسبة للغشاء البلازمي والعضيات الخلوية الاخرى كما ويؤثر نوع الكائن الحي فيما اذا كان حقيقي النواة او بدائي النواة على هذه النسبة كذلك يلاحظ وجود الكوليسترول ودهون سكرية Glycolipids وتختلف نسبة هذه الانواع من الدهون الغشائية

باختلاف انواع الاغشية البلازمية بين طبقتي الدهن ويمكن ان يعزى ذلك الى ان المجاميع القطبية الكارهة للماء Hydrophobic لطبقة الدهن الثانية.

الغشاء البلازمي:

الغشاء البلازمي وهو عبارة عن غشاء شبه نفاذ يسمح بمرور بعض المواد ولايسمح بمرور المواد الاخرى ويعتمد مرور المواد على عدة عوامل.

1. **الضغط 2. درجة الحرارة . 3. ذوبانية المادة 4. تركيز المادة الداخلة والخارجة 5. نفاذية الغشاءالبلازمي**

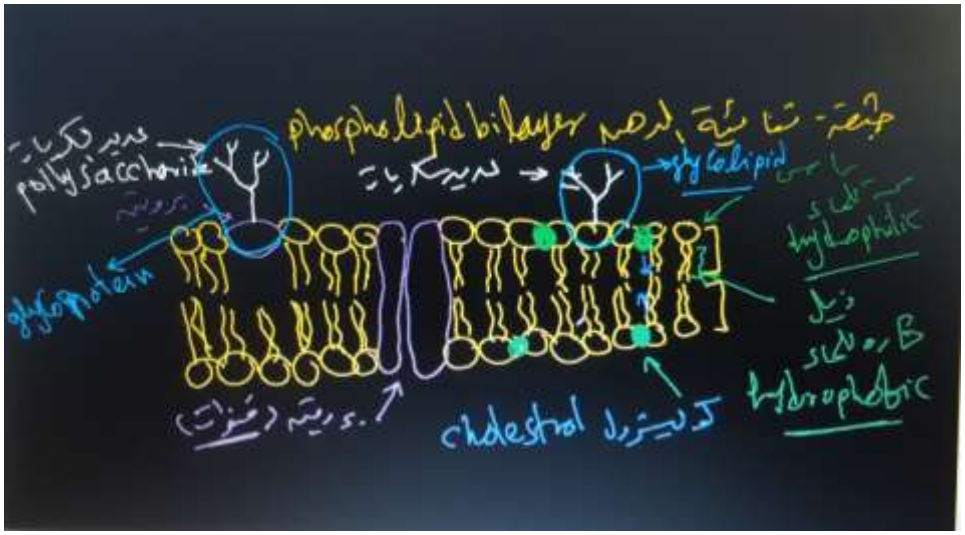
تركيب الغشاءالبلازمي

1. **طبقة ثنائية الدهن phospholipid bilayer وكل طبقة تتكون من جزء محب للماء وهو الرأس Hydrophilic واخر كارهة للماء وهو الذيل يسمى Hydrophobic**

2. **كولسترول Cholesterol ويعمل على تنظيم الغشاءإذ يمنع انكماش الطبقات على بعضها لذلك يعطيها بعض المرونة.**

3. **البروتينات Proteins عبارة عن قنوات موصلة اي تنقل المواد الايونية والقطبية، وبعض البروتينات تاخذ مواقعها على جزيئة الفوسفوليبيد وتعمل كأنزيمات مساعدة.**

4. **السكريات المتعددة Polysaccharide توجدعلى البروتينات اي تتفرع منها او تتفرع من جزيئة الفوسفوليبيد**



Structure of a phospholipid, space-filling model (left) and chain model (right). Image from Purves et al., Life: The Science of Biology, 4th Edition, by Sinauer Associates (http://www.sinauer.com/) and WH Freeman (http://www.whfreeman.com/), used with permission.

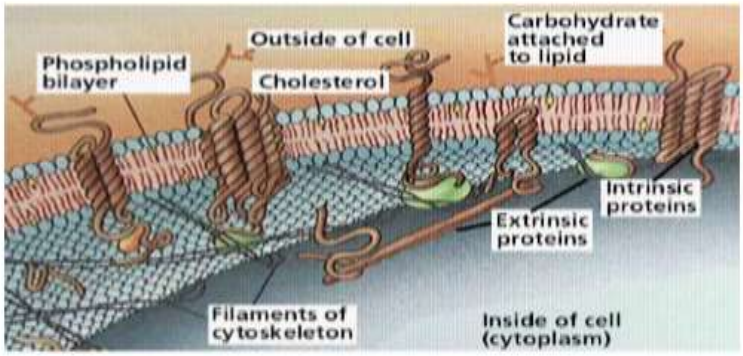


Diagram of a cell membrane. Image from Purves et al., Life: The Science of Biology, 4th Edition, by Sinauer Associates (http://www.sinauer.com/) and WH Freeman (http://www.whfreeman.com/), used with permission.

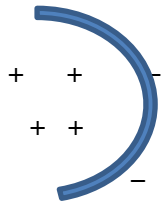
5. ترتبط السكريات مع البروتين مكونة Glycoprotein

6. كذلك ترتبط السكريات مع الدهن مكونة Glycolipid

فوائد الغشاء البلازمي:

1. **حماية الخلية من المؤثرات الخارجية ويوفر الظروف الملائمة للخلية.**
2. **يحافظ على ثبات الخلية او استقرار الخلية وذلك بتثبيت جهد الخلية.**

من خلال خروج ودخول المواد الايونية الى داخل الخلية وبالتالي يثبت جهد الخلية.



3. **غشاء شبه نفاذ يسمح بمرو المواد عن طريق الانتشار Diffusion ويكون بطريقتين**

أ- الازموزية Osmotic عملية انتشار جزيئات المذيب عبر الغشاء من التركيز العالي الى لتركيز الواطئ وتتوقف عملية الانتشار بعد وصول تركيز المحلول على جانبي الغشاء الى حالة التوازن الميكانيكي عبر غشاء نصف نفاذ.

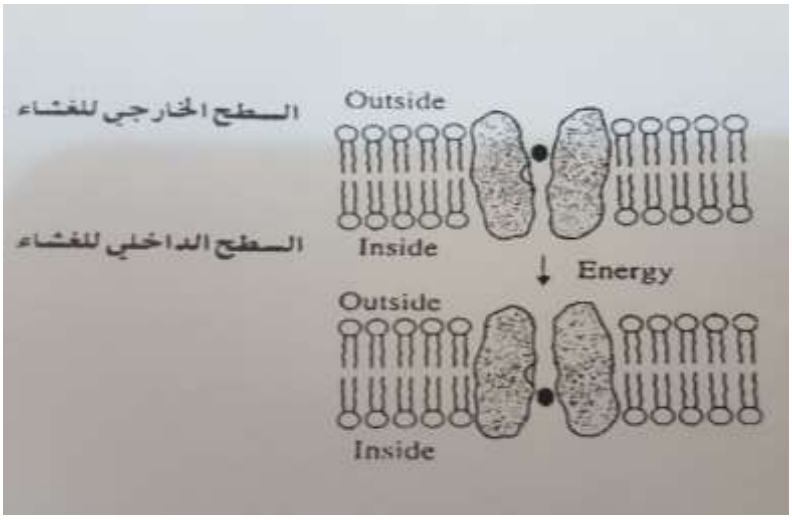
ب- الديلسة Dialysis هي انتشار جزيئات مذابة في الماء عبر الغشاءاعتماداً على نفاذية الغشاء فعندما يكون الغشاء نفاذاً (الغشاء يكون تام النفاذية) وفعالاً فأن الجزيئات المذابة تخترق الغشاءنحو الاتجاه الذي تريده بينما لاتستطيع نفس الجزيئات بالحركة عبر الغشاءعندما يكون غير منفذاً.

4. **نقل الجزيئات العضوية الكبيرة الحجم Transport يقوم الغشاء الخلوي بأدخال الجزيئات عن طريق مايدعى بالنقل الميسر والنقل الفعال.**

النقل الميسر Facilitated transport

تقوم البروتينات المجوفة بأبتلاع الجزيئات الكبيرة وامرارها عبر الفسحة الموجودة داخلها نحو الاتجاه الاخر بينما تقوم الجزيئات البروتينية الصلدة بالارتباط كيميائياً مع الجزيئات المراد نقلها بالاتجاه الاخر مخترقة الغشاء البلازمي بطريقة الاستدارة بحيث تتبادل النهايات البروتينية بعد نهاية العملية وثم تطلق حمولتها بالأتجاه الاخر.

ان عملية النقل الميسر تتم دون الحاجة الى استهلاك كبير في طاقة او حتى دون صرف طاقة وقد تحتاج العملية الى انزيمات معينة لغاية الارتباط.



النقل النشط Active transport

تقوم جزيئات بروتينية غشائية بعملية نقل الجزيئات الكبيرة او الصغيرة عكس تركيزها ويعتقد ان عملية النقل النشط لهذه المواد تتم عبر وجود تراكيب معينة مؤلفة من البروتينات والجلايكولبيدات تدعى بالمضخات تقوم بنقل المواد عكس تركيزها وذلك لابد ان تصرف هذه المضخات طاقة حرارية لمواجهة الضغط الازموزي.

5. الابتلاع الخلوي Endocytosis

تتمكن العديد من انواع الخلايا من الحصول على بغض احتياجاتها من الماء والمواد الغذائية بطريقة مختلفة عن الطرق السابقة ويمكن تمييز نوعين من الابتلاع الخلوي اعتماداً على نوع المدة المبتلعة فأبتلاع الماء يدعى الشرب الخلوي Pinocytosis وابتلاع المادة الغذائية الصلبة يدعى الالتهام الخلوي Phagocytosis ويقوم الغشاء البلازمي بهذه العملية لمواجهة الاحتياجات الطارئة.

أ. الشرب الخلوي Pinocytosis

ينثني الغشاء البلازمي في مواقع القطيرات المائية المطلوبة نحو الداخل وتندفع القطيرات المائية بأتجاه الانحناء وتبدأ بعدها نهايات مواقع الانثناء بالارتفاع تدريجياً بأتجاه بعضها البعض حتى تلتقي وتتحد نهايات الغشاء البلازمي في مواقع الالتقاء وتتكون فجوة مائية ملتحمة تحت الغشاء البلازمي وبعدها تتحرك داخل السايتوبلازم ، لقد وجد ان حجم قطيرات الماء التي يمكن ابتلاعها بهذه الطريقة لايتجاوز 25 نانوميتر.

ب. الالتهام الخلوي Phagocytosis

يتم ابتلاع المواد الغذائية الصلبة كالبكتريا او الجزيئات الغذائية الصغيرة بنفس طريقة الشرب الخلوي حيث يحيط الغشاء البلازمي للخلايا الملتهمة الغذاء بفقاعة مشتقة من الغشاء البلازمي تنطلق تدريجياً

بعد انفصالها عن الغشاء نحو السايتوبلازم. وتختلف اهداف الالتهام الخلوي اعتماداً على نوع الخلايا وطبيعة الهدف فخلايا الطبقة الطلائية المبطنة للامعاء في منطقة اللفائفي تقوم بالتهام الجزيئات البروتينية بنشاط وفعالية وتظهر هذه الخلايا تحت المجهر الالكتروني معبئة بالفجوات الغذائية بينما تقوم الخلايا المبطنة للاثني عشر بألتهام الدهون.

6. الحركة **Mobility**

تستخدم بعض الخلايا مثل كريات الدم البيضاء وحيوان الاميبا الذي يمتلك الاقدام الكاذبة للحركة وهي عبارة عن امتدادات من غشاء البلازما يتحرك نحو السايتوبلازم وتنتقل الخلية تبعاً لذلك الى موقع جديد بحركة نسبية وللحركة الاميبية اهمية بالغة لاداء الخلايا البيضاء الملتهمة لدورها المناعي في جسم الانسان وبواسطة هذه الحركة تتمكن االخلايا من اختراق الاوعية الدموية والنفوذ الى الانسجة البعيدة فضلاً عن على دور هذه الحركة في الاحاطة بالاجسام الغريبة والاقتراب منها في سبيل القضاء عليها.

7. نقل الاشارات العصبية وغيرها **Signals transport**

تتخصص بعض الاغشية البلازمية في انواع من الخلايا في نقل الاشارات العصبية وتوليدها كما هو الحال في الخلايا الحسية وجميع الخلايا العصبية الاخرى.

8. اطلاق الطاقة **Energy releasing**

تقوم معظم الخلايا الحية بأطلاق الطاقة داخل سايتوبلازمها مثل المايتوكندريا، الا ان بعض الكائنات الحية مثل البكتريا تفتقد للمايتوكوندريا لذلك فان الغشاء البلازمي يقوم بهذا النشاط.

9. استقبال الاشارات **Signals reception** يحتوي الغشاء البلازمي على الالاف من المستقبلات الكيميائية المختلفة وهذه المستقبلات ذو اهمية كبيرة في الحفاظ على حياة الخلية، بعض الخلايا الجسمية تقوم بأبراز على سطوح اغشيتها البلازمية على بروتينات او مستقبلات خاصة هي بمثابة الاشارة الخاصة على انها خلايا ذات وليست خلايا غريبة.

السايتوبلازم **Cytoplasm**

وهو المادة الاساسية للبروتوبلازم وبداخلة توجد كافة المكونات والعضيات ويعد السايتوبلازم نظام غروي محب للماء **Hydrophilic sol** ويحتوي على **80–90%** ماء ولكن هذه الكمية قد تنخفض في بعض الخلايا كالبذور. وفي بادئ الامر كان يشير الى محتويات الخلية بين النواة والغشاء البلازمي لكن بأكتشاف العضيات الخلوية التي تكون مفصولة عن السايتوبلازم بأغشية بلازمية فأن ماتبقى من السايتوبلازم والذي يوصف بأنه الجزءالمانع والغير مشمول بأي من العضيات والذي يدعى بالسايتوسول **Cytosol** والذي يحوي كميات كبيرة من البروتين ومواد ذائبة. ويوجد في سايتوسول الخلايا الحقيقية النواة شبكة منظمة من الخيط البروتينية تعرف بالهيكل السايتوبلازمي والتي تتكون من ثلاث وحدات بروتينية.

1. الانيبيبات الدقيقة وقطر كل منها **25** نانوميتر.
2. خيوط الاكتين **Actine filaments** وقطرها **7** نانوميتر.
3. الخيوط الوسطية **Intermediate filaments** وقطر كل منها **8–11** نانوميتر

صفات السايتوبلازم.

سائل, لزج, شفاف, بطيء الحركة غني بالمواد – بروتينات, سكريات, أملاح, فيتامينات وأجزاء من الجزيئات _ تتواجد فيه عُضيات الخلية.

- يحتل الحيز الواقع بين غشاء الخلية و نواتها
- يحمل كل مكونات الخلية ماعدا النواة
- يسمى الجزء الشفاف من السيتوبلازم الذي يحمل العضيات بالسيتوسول

وظائف السايتوبلازم:

1. يُحافظ على شكل وحجم الخلية وعلى مكان العُضيات فيه.
2. يُمَكِن من إذابة المواد, لكي تتمَكن من الدخول إلى داخل العُضيات .
3. يُعتَبر همزة الوصل بين عُضيات الخلية.

الافعال الحيوية في السايتوبلازم

1. تفاعلات التحلل السكر Glycolysis.
2. تكوين مركبات كاربوهيدراتية من سكر السكروز Sucrose
3. بناء البروتين Proteins synthesis.
4. تكوين الاحماض الدهنية Fatty acid synthesis.

النـــواة Nucleus

تتميز جميع الخلايا الاحياء حقيقية النواة بأستثناء كريات الدم الحمراء عند الانسان وكذلك صفائحه الدموية بأحتوائها على نواة متميزة. تشكل النواة موقعاً مركزياً في الخلايا يتيح لها ادارة الفعاليات الايضية بصورة كفؤة ولكن يمكن مشاهدتها في احد اقطاب الخلية او على حافات الخلية لبعض وتتحكم في ذلك فجوات عديدة او فجوة كبيرة كما هو الحال في الخلايا الدهنية حيث يكون السايتوبلازم والنواة على حافات الخلايا.

يغلب الشكل الشكل الكروي على نوع معظم الخلايا ويمكن مشاهدة اشكال اخرى فمثلاً ذات الشكل البيضوي في العضلات الملساء والخلايا الطلائية المبطنة للامعاء او مفصصة في خلايا الدم البيضاء. تمتلك معظم الخلايا نواة مفردة الا ان بعض الخلايا تحتوي على نواتين متشابهتين كما في الخلايا الكبدية، ان تعدد النوى في الخلايا قد يقترن مع مرحلة معينة من مراحل تطور الخلايا حيث لاتلبث ان تفقد معظم نواها وتحتفظ بنواة واحدة وغالباً مايكون قاصراً على المراحل الجنينية.

يتراوح حجم النواة من 3–25 مايكروميتر وبسبب الطبيعة القاعدية لها وذلك لوجود الاحماض النووية والبروتينات الهستونية (وهي بروتينات قلويه تساعد في تنظيم تركيب ال DNA داخل انوية الخلايا حقيقية النواة) . تتواجد الهستونات ضمن صبغيات الخلايا حقيقية فأنها تصطبغ با للون الاحمر.

الغلاف النووي Nuclear envelope

تنفصل النواة عن السايتوبلازم بغلاف نووي مؤلف من غشائين هما الغشاء النووي الخارج Outer nuclear membrane الذي يواجه سطحهُ السايتوبلازم والغشاء النووي الداخل Inner nuclear membrane الذي يواجة سطحه الداخلي العصير النووي Nuclear sap.

يظهر سطح الغلاف الخارجي المواجه للسايتوبلازم عند فحصه بالمجهر الالكتروني خشناً ولايحتوي على الرايبوسومات وخصوصاً في المناطق القريبة من مواقع ارتباط اللغشاء مع الشبكة الاندوبلازمية.

يتميز الغلاف النووي الداخلي بانه اكثر تجانساً من الغشاء الخارجي وذلك لأمتلاك سطحه عل حبيبات دقيقة متجانسة التوزيع تظهرر عالى هيئة طبقة سمكها 15- 50 نانوميتر ويعتقد انها مؤلفة من مواد بروتينية لعدم تأثرها بانزيمات مثل الببسين والبروتينيز.

تحتوي النواة في داخلها على العصير النووي Karyoplasm او Nuclear sap يمثل محلولاً غروياً نصف شفاف يحتوي بداخله على على المادة الكروماتينية وبعض الحبيبات الصغيرة والبروتينات ويعمل كوسط لأنشاء النواتج الأيضيية والجزيئات العضوية الكبيرة.

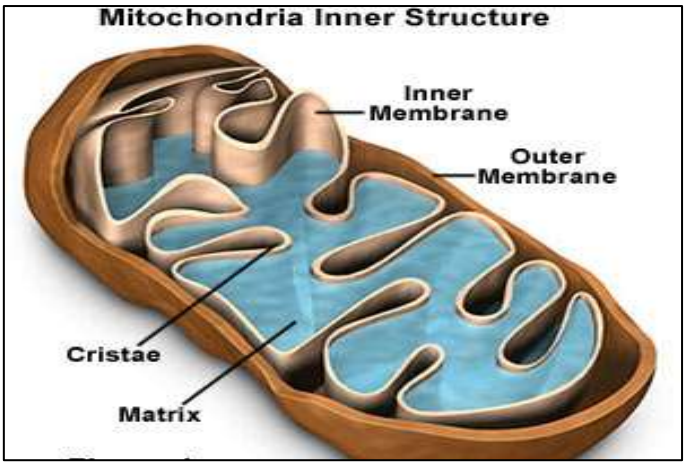
وظائف النواة

تمثل النواة مركز تنظيم النشاط الحيوي للخلايا بسبب احتوائها على المادة الوراثية، ولأهمية هذا الدور فأن هناك اتصال مباشر بين النواة والسايتوبلازم من خلال النشاط الايضي للغلاف النووي والثقوب النووية والارتباط مع الشبكة الاندوبلازمية. تحتوي النواة لأجل القيام بمهامهاعلى انواع مختلفة من الانزيمات النووية.

المايتوكوندريا Mitochondria and energy

توجد المايتوكوندريا في جميع انواع الخلايا بأستثناء خلايا الدم الحمراء في الانسان وبعض الاحياء بدائية النواة كالبكتريا، تنتشر في السايتوبلازم على هيئة اشكال مختلفة فهي اما على شكل كريات او عصيات او تكون بيضوية او اجسام خيطية ويتغير شكلها وحجمها تبعاً لفعالية الخلايا. تتميز الخلايا المنتجة لكميات كبيرة من الطاقة بعدد كبير من المايتوكوندريا الكبيرة الحجم والمعقدة التركيب كما هو في الخلايا الجدارية الفارزة لحامض الهيدروكلوريك في المعدة وخلايا عضلات القلب وخلايا الدهون البنية بينما يكون العدد أقل في الخلايا الأقل نشاطاً كالخلايا اللمفية. عند فحص المايتوكوندريا بالمجهر الالكتروني فأن التراكيب الداخلية لها تظهر واضحة وتبدو كعصيات مزدوجة الغشاء معقدة التركيب الداخلي. تُحاط المايتوكوندريا بغشاء خارجي Outer membrane ارق من الغشاء البلازمي يبلغ سمكه 7 نانوميتر املس يتألف من البروتينات والتي تمثل اكثر من 70% بينما تمثل الدهون بانواعها كالدهون المفسفرة والكليسرول 25-30%. بينت الفحوصات الهستوكيميائية(من أحدث العلوم البيولوجية ، وهو يتناول بالدراسة أنماط تواجد و توزيع المكونات الكيمياوية المختلفة في الأنسجة و الخلايا الجسمية و الدور الذي تقوم به فى النشاطات الحيوية المختلفة) التي اجريت على اغشية المايتوكوندريا بأن السطح الداخلي للغشاء يحتوي على الانزيمات التنفسية مثل انزيمات Succinic hydrogenase و Monoamine oxidase . يفصل الغشاء الخارجي عن غشائها الداخلي فسحة او فراغ يبلغ عرضه حوالي 6.5 نانوميتر يسمى بالفراغ الداخلي Outer space. اما الغشاء الداخلي Inner membrane فيتكون من بروتينات بنسبة 85% ومنها انزيمات ومواد مساعدة يبلغ سمك الغشاء الداخلي حوالي 8 نانوميتر ويمتاز بأنثناءاته المتميزة التي تؤلف مايسمى بالاعراف Cristae التي تترتب بطرق مختلفةداخل الفراغ الداخلي للمايتوكوندريا. يحتوي الغشاء الداخلي على عدد كبير من الانزيمات التنفسية والعوامل المساعدة مثل Co – enzyme و Succinic dehydrogenase و Iron Sulphur proteins اضافة الى وجود الاملاح مثل الكاليسيوم والمغنسيوم. يحتوي الفراغ الداخلي للمايتوكوندريا على مادة بينية او حشوة Matrix تختلف في كثافتها وتحتوي على حبيبات كثيفة دائرية بقطر حوالي 50 نانوميتر تدعى بحبيبات المايتوكوندريا الداخلية Intermitochondrial granules وكذلك

تحتوي على عدد من الانزيمات التنفسية اضافة لأيونات وتراكيب بلورية ورايبوسومات والتي تساهم في توفير البروتينات اللازمة للمايتوكوندريا



الرايبوسومات Ribosomes

وهي عبارة عن اجسام صغيرة غير غشائية اكتشفت في بداية القرن التاسع عشر مؤلفة من نصفي حلقات غير متساوية يبلغ معدل قطرها 17–23 نانوميتر تنتشر في سايتوبلازم جميع انواع الخلايا اضافة على انتشارها على سطوح الشبكة الاندوبلازمية، سميت بأسماء مختلفة تبعاً لنوع الخلايا ففي الخلايا الغدية تسمى اركستوبلازم Ergustoplasm وفي الخلايا العصبية تسمى Nissl bodies وفي خلايا اخرى بالاجسام القاعدية Basophilic bodies.

تتكون الرايبوسومات من البروتين و من نوع من الأحماض النووية يسمي الريبوسومي Ribosomal RNA توجد بعض الرايبوسومات حرة في السايتوبلازم وهذه تقوم ببناء البروتينات الذائبة التي تؤدي وظائفها في السيتوسول نفسه . إذ تمتلك نظاماً فريدا للبناء مؤلف من اعداد مختلفة من الانزيمات والجزيئات الناقلة.

الترجمة وبناء البروتين:

ان عملية بناء البروتين يتم ادارتها بواسطة الحامض النووي المرسال rn RNA وتتضمن مرحلتين:

1. مرحلة انتقال المعلومات Information transfer وهي تصميم تتابع الاحماض النووية اعتماداً على شفراتها في الحامض النووي المرسال.
2. مرحلة العمليات الكيميائية والتي من خلالها يتم ربط الاحماض الامينية مع بعضها وتسمى كلا العمليتين بالترجمة (Translation) . وتتضمن اربع مكونات

أ. الرايبوسومات: وتمثل منضدة العمل التي تتم فيها تصنيع البروتينات والتي تنتشر في السايتوبلازم في الخلايا بدائية النواة بينما تتركز بكثافة على سطوح الاغشية الشبكة الاندوبلازمية في حقيقيات النواة.

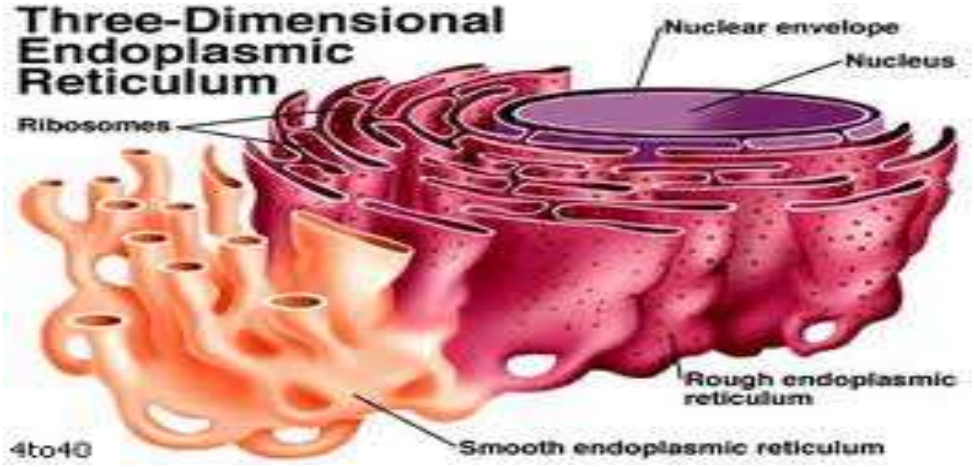
ب. الحامض النووي الناقل t RNA: ان الاحماض الامينية ليست مرتبطة مع شريط الحامض النووي المرسال بل هناك شفرات معينة ضمن الحامض النووي المرسال يتم التعرف عليها بواسطة مجموعة من الجزيئات تدعى بالحامض النووي الناقل.

ت. انزيمات تكوين الحامض الاميني الناقل Aminoacyle tRNA Synthetases وهي مجموعة من الانزيمات المسؤولة عن ارتباط حامض اميني مع جزيئة حامض نووي ناقل مناسب.

ث. تأسيس واطالة سلسلة عديد الببتيد: يحتوي كل رايبوسوم على موقعين الاول هو الموقع الببتيدي Piptidyl site الذي ترتبط به سلسلة عديد الببتيد والثاني هو موقع الحامض الاميني الذي ترتبط به جزيئة الحامض النووي الناقل.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum

هي نظام من الأغشية المتوازنة التي تنثني داخل السيتوسول لتشكل أنابيب و أكياس مملوءة بالسائل. يرتبط أحد أطراف هذا النظام الغشائي بالغشاء البلازمي بينما يرتبط الطرف الآخر بغلاف النواة ، يوجد نوعان من الشبكة الاندوبلازمية وهما الشبكة الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum والشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth E. R.



- **الشبكة الخشنة هي التي تتعلق بها الريبوسومات مواجهة للسيتوسول، الشبكة الناعمة هي التي لا تتعلق بها الريبوسومات و تبدو أنظمتها الغشائية متفرعة، غالبا ما يسود أحدهما في بعض أنواع الخلايا دون الأخرى فالشبكة الخشنة تكون أكثر اتساعا و مساحة في الخلايا الإفرازية كخلايا الكبد التي تفرز معظم بروتينات الدم و الخلايا البلازمية المنتجة للأجسام المضادة. أما الشبكة الناعمة فتكون أكثر اتساعا في خلايا الخصية المفرزة لهرمون التستوستيرون و خلايا الأمعاء المسئولة عن امتصاص و نقل الدهون و خلايا العضلات الهيكلية و القلبية المسئولة عن تخزين الكالسيوم و تحريره ثناء انقباض الخلية.**

- **الشبكة الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum يترتب غشاء الشبكة على هيئة طيات صهريجية او مفلطحة ذات نهايات منتفخة ترتبط مع بعضها جيدا ويغطي سطح أغشيتها المواجه للسيتوسول بالريبوسومات و يتصل تجويفها بتجويف غلاف النواة المزدوج. وتختلف هذه الشبكة من خلية الى اخرى إذ تكون اكثر تعقيداً في الخلايا الكبدية وخلايا البنكرياس او تكون على هيئة جزر دائرية كما في الخلايا العصبية او منتشرة في السايتوبلازم كما في الخلايا الخلايا البلازمية المكونة للاجسام المضادة.**

- **الشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth Endoplasmic Reticulum**

تتميز الشبكه الاندوبلازمية الملساء بمظهرها الناعم الخالي من الريبوسومات وشكلها الانبوبي المعقد المتشابك وهذا يختلف حسب نوع الخلايا ونادرا مانجد الشبكة الاندوبلازمية متجانسة في الخلايا.

التركيب الكيميائي للشبكة الاندوبلازمية:

أظهر التحليل الكيميائي لغشاء الشبكة الاندوبلازمية بانه يتكون من 50- 70% بروتين، ونسبة الدهون 35- 50% وكليسترول بنسب قليلة تتراوح بين 5- 7% وتمثل الدهون المفسفرة والليسيثين اغلب انواع الدهون الموجودة في الغشاءبينما تمثل البروتينات المرتبطة مع السكر والدهن النسبة العالية من البروتينات، كما واظهر التحليل الكيميائي وجود فروق في نسب المركبات العضوية إذ يحتوي غشاء الشبكة الخشنة كمية اكبر من البروتينات مقارنة بالشبكة الملساء التي تحتوي على نسبة عالية من الدهون ومحتوى اقل من البروتين. إلا ان الغشائين يحتويان تراكيز متساوية من الأنزيمات.

وظائف الشبكة الاندوبلازمية

تلعب الشبكه الاندوبلازمية دوراً كبيراً في بناء العضيات السايتوبلازمية الاخرى عن طريق تزويد الخلية بالاغشية اللازمة كما انها تضيف وباستمرار اجزاء غشائية الى الغشاء البلازمي عن طريق الحويصلات الغشائية التي تنطلق عبر السايتوبلازم نحو الغشاء حيث تلتحم به وبذلك فأن الخلية تتمكن من مواجهة زيادة الضغوط الازموزية التي قد تنشأ فيها اضافة المرونة للغشاء.

كما تقوم الشبكة الاندوبلازمية بأنتاج العديد من انواع البروتينات وكذلك الدهون، فالريبوسومات التي تلتصق على السطح الخارجي للشبكة الاندوبلازمية الخشنة تعمل على تصنيع وانتاج سلاسل عديدة الببتيد وتطلقها الى فراغ الشبكة حيث يتم ربطها اولاً وقبل افرازها الى السابيتوبلازم بأنواع من السكريات القليلة بعملية تدعى Glycosylation وتعتبر هذه العملية احد اهم الطرق في تزويد الخلايا بالبروتينات السكرية.

وتفوم الشبكة الاندوبلازمية بربط بعض جزيئات البروتينات بالدهون والسكر وتتم هذه العملية بالسطح الداخلي لغشاء الشبكة وذلك لتوفر الانزيمات اللازمة لها على السطح.

اما الشبكة الاندوبلازمية الملساء فأن دورها في بناء البروتينات يكون معدوماً الا انها نشطة في بناء الدهون ومكافحة السموم وذلك لتوفر اعداد مختلفة من الانزيمات ذات العلاقة على السطح الخارجي والداخلي والتي تعمل على ربط مجاميع الهيدروكسيل مع المركبات الهيدروكاربونية السامة وكذلك اضافة شحنات كهربائية او جزيئات اخرى من الكبريت وحامض الكلوكلورونك Glucuronic acid لتمكين السموم من الذوبان لأجل ادخالها في سلسلة من التفاعلات التي تنتهي باحاطة مكوناتها بأغشية وطرحها للخارج والتخلص منها.

كما تقوم الشبكة الاندوبلازمية الملساء بدور كبير بعملية تكوين الدهون وامتصاصها وايصالها الى مجرى الدم وذلك لأن الخلايا الطلائية للشبكة الملساء واسعة الحجم ولها دور في هذا المجال.

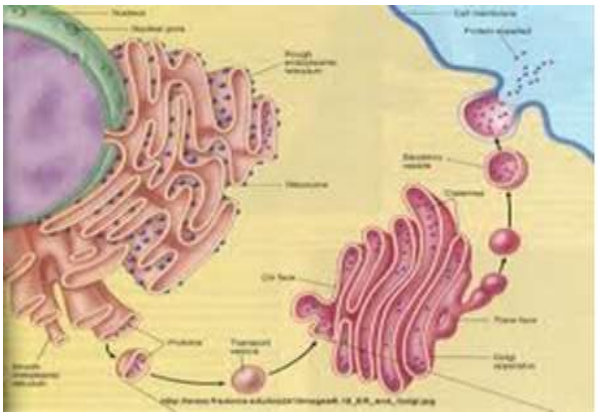
ولها دور في تخزين الكالسيوم والتي تستخدمها العضلات في التقلص والانبساط في خلايا العضلات القلبية و الهيكلية.

اجسام كولجي Golgi bodies

اكتشفت من قبل العلم الايطالي كاميللو كولجي وهي مجموعة من الاغشية المرتبة بطريقة خاصة ويتألف كل جهاز من كدس من الصهاريج المرتبة واحد فوق الاخر ويفصل بين صهريج واخر مسافة 20–30 نانوميتر ويكون الصهريج على هيئة تجويف بالوني مقعر ومحدب من السطح الاخر. او يتكون من مجموعة من الأكياس الغشائية المسطحة التي تترتب فوق بعضها البعض و يحيط بهذه الأكياس مجموعة من الحوصلات الغشائية الصغيرة.

***يتغير الحجم من خلية لأخرى حسب نشاط الخلية الافرازي فيكون حجمها صغيرا في بعض الخلايا و كبيرا في خلايا أخرى مثل خلايا البنكرياس نشطة الافراز .**

***كذلك يتغير موقعها من خلية لأخرى ففي الخلايا العصبية نجد جهاز جولجي يحيط بالنواة بينما في الخلايا المتخصصة بالإفراز نجده يحتل موقعا متوسطا بين النواة و طرف الخلية.**



لجهاز كولجي وجهان

1. **الوجه المستقبل و هو الذي يستقبل الحويصلات المحملة بالمواد المراد افرازها.**
2. **الوجه الناضج و هو المواجه لغشاء الخلية و الذي تنطلق منه الحويصلات الافرازية في شكلها النهائي.**

وظيفة جهاز كولجي:

1. **تعديل تركيب المواد الافرازية التي تم تصنيعها في الشبكة الاندوبلازمية**
2. **تغليف تلك المواد الافرازية بالأغشية البلازمية المناسبة لتأخذ شكل حويصلات افرازية أو حبيبات افرازية ذات علامات خاصة تمكنها من الوصول إلى المكان المحدد لها دون خطأ.**
3. **تعمل على ضخ الايونات الى السايتوبلازم اثناء وجودها في اماكن النقل الفعال لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم. إذ توفر القطبية اللازمة لأغشية هذه الخلايا.**
4. **تقوم بتصنيع معظم المواد الافرازية الموجودة في السايتوبلازم.**

تأخذ المنتجات الافرازية بعد تعديلها في ثلاثة اشكال.

1. **البروتينات المخصصة للتصدير خارج الخلية: تنفصل من الوجه الناضج لجهاز جولجي على شكل حويصلات او حبيبات افرازية تهاجر نحو غشاء الخلية و تلتحم معه فترمي محتوياتها إلى الخارج بعملية اخراج خلوي مثل انزيمات البنكرياس الهاضمة .**

2. **حويصلات غشاؤها مؤلف من الدهون والبروتينات المخصصة: لتصبح جزءا من غشاء الخلية نفسه أو أغشية عضياتها تحل محل الأجزاء المتآكلة والهرمة من الأغشية.**

3. الانزيمات المحللة: تغلف الانزيمات المحللة بأكياس غشائية تدعى الأجسام المحللة التي تبقى داخل الخلية.

التركيب الكيميائي لجهاز كولجي:

يتكون من 46% دهون، اوضحت الفحوصات الالكترونية بأن السطح المحدب لصهاريج اجسام كولجي المقابلة للشبكة الاندوبلازمية مماثلة لما هو موجود في أغشية الشبكة الاندوبلازمية، وأظهرت الفحوصات وجود نسب مختلفة من البروتينات والكاربوهيدرات. وكذلك أثبتت الفحوصات الهستوكيميائية وجود تراكيز عالية من الانزيمات في النهايات الكروية لأجسام كولجي، مما يؤكد ان مصدر الاجسام الحالة في الخلايا هي من اجسام كولجي.

الأجسام الحالة (اللايسوسومات) Lysosomes

لم تكُن اللايسوسومات معروفة قبل عام 1949 وتم اكتشافها اثناء الدراسات الكيميائية التي أُجريت على الأنزيمات التي لها علاقة بايض الكاربوهيدرات.

وهي عبارة عن أكياس غشائية كروية توجد داخل الخلايا بأعداد كبيرة تحتوي على انزيمات هاضمة و لهذا فإن لها القدرة على هضم كافة أشكال الجسيمات البيولوجية المتمثلة بالمواد الغذائية و مكونات الأغشية و العضيات الخلوية و الأجسام الغريبة عن الخلية ولها دور في عمليات ايض الكاربوهيدرات والبروتينات.

يتراوح قطرها مابين 0.25– 0.5 مايكروميتر في جميع الخلايا الحيوانية والحيوانات الاولية بأستثناء كريات الدم الحمراء. توجد بهيئات واشكال مختلفة داخل الخلية عل عكس بقية العضيات في السايتوبلازم مما يعكس الدور المتنوع التي تقوم به في عملية تحليل المواد. يوجد نوعين من الأ جسام الحالة وهي:

1. الاجسام الحالة الاولية Primary lysosomes: وهي اللايسوسومات حديثة التكوين والتي تتميز بصغر حجمها وقربها من اجسام كولجي او حولها وباحتوائها على انزيمات هاظمة فقط قد تكون غير نشطة ولكنها تصبح فعالة بعد برهة من الزمن.

2. الاجسام الحالة الثانوية Secondary lysosomes: وهي ذات اشكال واحجام مختلفة ولكنهااكبر حجم من الاجسام الحالة الاولية ويمكن مشاهدتها في مواقع مختلفة من الخلية.

وظائف الاجسام الحالة:

1. **هضم المواد المبتلعة بالإدخال الخلوي و الشرب الخلوي و بشكل خاص المواد الغريبة كالفيروسات و البكتريا و سمومها.**
2. **هضم العضيات و الخلايا المتآكلة و الهرمة كخلايا الدم الحمراء و الصفائح الدموية في خلايا الكبد.**
3. **هضم المواد الغذائية تمهيدا لاستخلاص الطاقة.**

4. هضم بعض البروتينات لاستخلاص الهرمونات الفعالة منها مثل هضم بروتين الغدة الدرقية.

5. هضم الأجزاء و الأنسجة التي ليس لها وظيفة كهضم بطانة الرحم قرب نهاية دورة الطمث.

تتم عملية هظم المواد الغذائية داخل اكياس اللايسوسومات الثانوية وتتحرر بعدها المواد الاولية النافعة متجهة نحو السايتوبلازم بينما تبقى فضلات الهظم لمزيد من التحلل داخل اكياس اللايسوسوم الثانوي ونتيجة لأستهلاك المادة المهظومة والأنزيمات تنكمش هذه اللايسوسومات لتصبح مخازن لفضلات تفاعلاتها وتدعى بالاجسام المتبقية **Residual bodies**.

تحاط الاجسام الحالة بغشاء مفرد يبلغ سمكه حوالي 7 نانوميتر وتمتلك نفس مظاهر ومواصفات غشاء اجسام كولجي والغشاء البلازمي. ويمتلك غشاءالاجسام الحالة مواصفات فريدة تساعد كثيراً في اداء مهمة هذه العضيات فالغشاء يحتوي على نشاط متميز ومنظم لتحليل جزيئات الطاقة **ATP** لتزويد محلول الانزيمات بأس هيدروجيني مناسب لعملها وهو 5 اي (5 =PH) عن طريق اطلاق ايونات الهيدروجين الموجبة حيث تعمل جميع انزيمات التحلل المائي المخزونة مثل انزيمات البروتينيز والنيوكلييزو والفسفولييز والفسوسفاتيز والسلفاتيز ووالجلكوسايتيز عند هذا الاس الهيدروجيني وتفقد نشاطها عند زيادته او نقصانه وهذا مايجعلها امينه وغير نشطة عند تسربها الى السايتوبلازم في بعض الحالات.

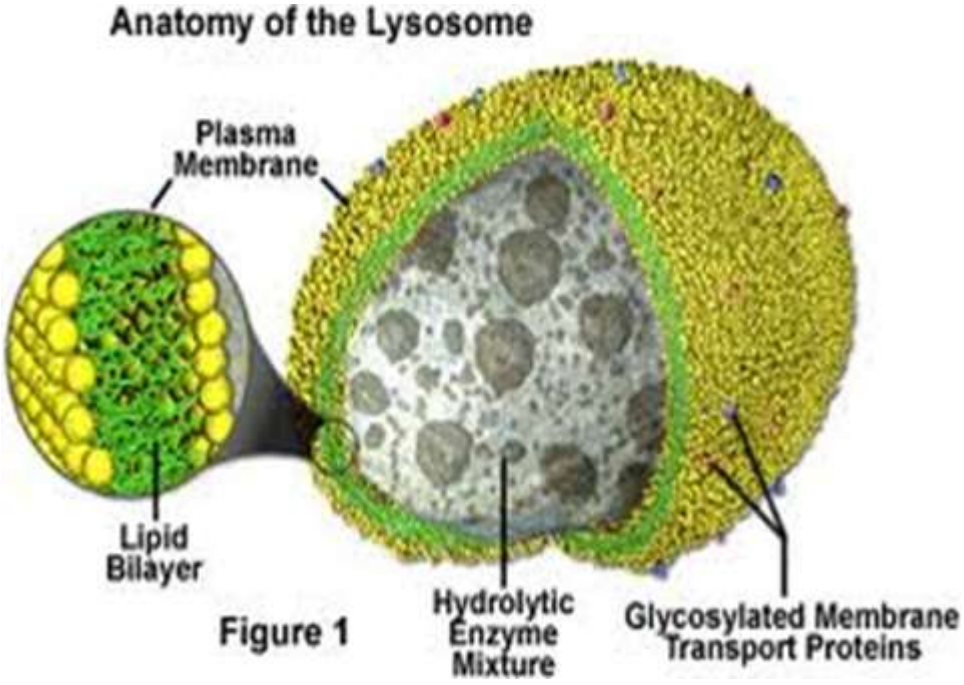
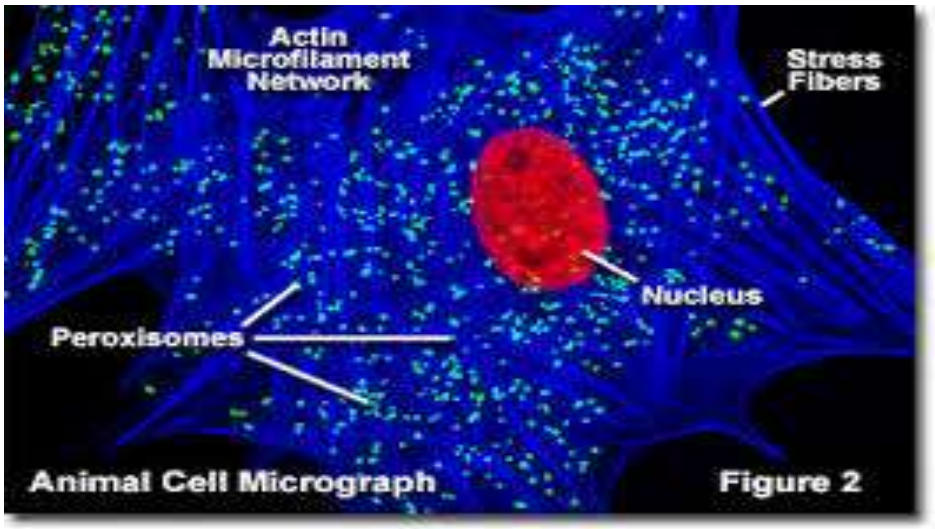


Figure 1

الأجسام الدقيقة Peroxisomes

وهي تركيب غشائية دائرية او بيضوية اكتشفت منذ اوائل الستينات يتراوح قطرها بين 0.15- 0.6 مايكروميتر تشابه اللايسسوم الاولي. وتشتق هذه الاجسام من الشبكة الاندوبلازمية الملساء ويتم تعبئتها بانزيمات الاكسدة قبل انفصالها. ويتميز غشائها بأن لهه قابلية نفاذية مميزة بحيث يسمح لجزيئات كثيرة كبيرة الحجم من جزيئات السكروز بالمرور خلالة بسهولة. يحتوي مركز هذه الاجسام على انابيب دقيقة مرتبة بصورة منتظمة ويحاط كل منها بعشرة انيبوبات أدق. قد يحتوي المركز على تراكيب بلورية متميزة اضافة الى حشوة سائلة محببة غزيرة بأنزيمات الأكسدة .



يختلف عدد وحجم الأجسام الدقيقة من خلية الى اخرى ومن عضو الى اخر وتلعب الظروف الغذائية دوراً في ذلك. اكبر الأجسام الدقيقة حجماً (0.6 مايكروميتر) توجد في خلايا الكبد والكلية.

تتشابة الاجسام الدقيقة مع اللايسسومات في الحجم والشكل لكنهما تختلفان في الوظيفة والتراكيب إذ ليس للاجسام الدقيقة دور في عملية الهظم ولاتحمل في داخلها انزيمات هاظمة ويتركز دورها على اكسدة المركبات لذلك فهي غنية بأنزيمات الأكسدة مثل انزيم الكاتيليز (Catalase) و Urate oxide و D– amino acid oxid . اما من حيث التركيب فيلاحظ وجود الانابيب الدقيقة في البيروكسيمات وعدم وجودها في اللايسسومات.

اما في النبات فهناك نوعين من الاجسام الدقيقة احداهما في الاوراق يساعد في تثبيت CO_2 لأنتاج الكاربوهيدرات خلال عملية التنفس الضوئي والاخر موجود في البذور ويعمل على تحويل الاحماضالدهنية المخزونة الى سكريات ضرورية لنمو الاجنة

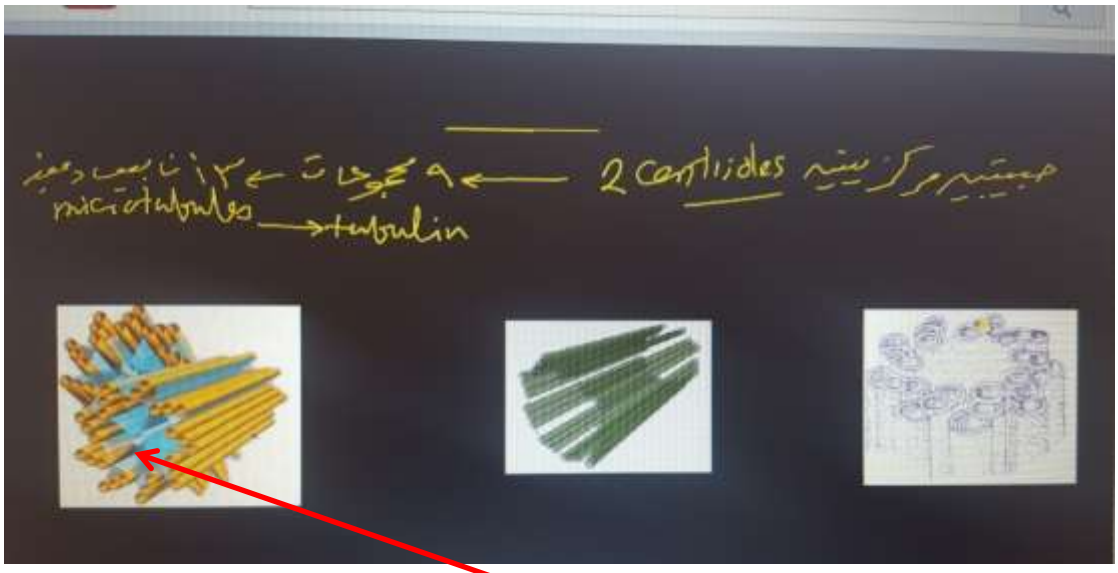
الجسم المركزي (السنتروسوم: Centrosome)

يوجد بالخلية جسم مركزي يعرف بإسم السنتروسوم Centrosome وذلك على مقربة من نواة الخلية. ويتكون هذا الجسم من جزئين يطلق على كل منهما السنتريول Centriole، وهما أساس نشاط السنتروسوم الأساسي، وله دور هام في عملية انقسام الخلية، حيث يتجه كل سنتريول – عندما تبدأ الخلية في الانقسام – إلى أحد قطبي الخلية، ثم تمتد منها ألياف دقيقة من البروتين تتجه نحو منتصف الخلية، مكونة ما يعرف باسم خيوط المغزل.

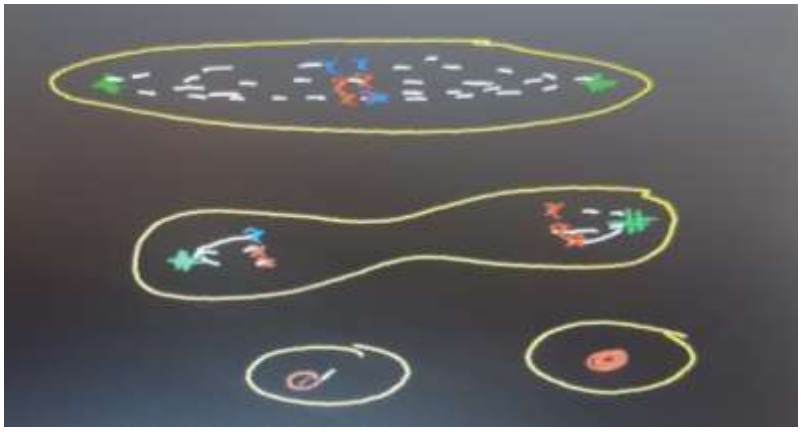
يظهر السنتروسوم على هيئة جسم صغير قائم تحيط به منطقة رائقة تسمى المنطقة المركزية الدقيقة Microcentrum ، تليها إلى الخارج منطقة كثيفة تسمى الكرة المركزية Centrosphere التى تنشأ منها الأشعة النجمية Astral Rays or Astrosphere فى بداية انقسام الخلية، ويحتوى السنتروسوم فى كل خلية على حبيبتين مركزيتين Centrioles.

يظهر الميكروسكوب المجهر الإلكترونى كل حبيبة مركزية على هيئة جسم أسطوانى صغير يحتوى جداره الخارجى على عدد من العصى أو الأنيبيات الدقيقة منتظمة فى تسع مجموعات تتكون كل مجموعة منها عادة من ثلاث أنيبيات وتمتد هذه الأنيبيات فى اتجاه المحور الطولى لهذا الجسم الأسطوانى تلعب الحبيبات المركزية دوراً هاما فى عملية انقسام الخلية حيث تبتعد الحبيبتان المركزيتان عن بعضها البعض وتتحركان إلى قطبين متقابلين من أقطاب الخلية ولكنهما تظلان متصلتان بواسطة خيوط دقيقة تعرف بخيط المغزل Spindle Fibers تنتظم عليها الكروموسومات .

يتكون السنتروسوم من جسمين مركزيين تسمى (2 Centrioles) متعامدين عل بعضهما، وكل سنتريول يتكون من تسع مجموعات وكل مجموعة تتكون من ثلاثة انابيب تسمى Microtubules والتي تتكون من Tubulin وهي عبارة عن مادة بروتينية. يتخلل الالجسمين المركزيين مادة Percentiles materials.



اثناء عملية الانقسام يحصل تكرار للسنتروسوم على جانبي الخلية وكل قسم يتجه نحو اقطابها ويبدا السنترسوم بتكوين خيوط المغزل Spidle بين قطبي الخلية.



وظائف اخرى للسنتروسوم:

1. مركز تنظيم الأنابيب الدقيقة Microtubules .2- له دور في نمو الاجنة.3- تكوين الاهداب. 4- تكوين ذيول الحيوانات المنوية.

الليفات والانيبوبات الدقيقة في السايتوبلازم Cytoplasm Microfilaments and tubules

يحتوي السايتوبلازم اضافة لما سبق على شبكة من دقيقة ومعقدة من الالياف الدقيقة والانيبوبات تترتب بطرق مختلفة وغير منتظمة تعطي للخلايا شكلها الخاص. اوضحت الفحوصات المجهرية الدقيقية بان هناك نوعين من من الاجسام الليفية والانيبوبية هما الليفات الدقيقة Microfilaments والانيبوبات الدقيقة Microtubules.

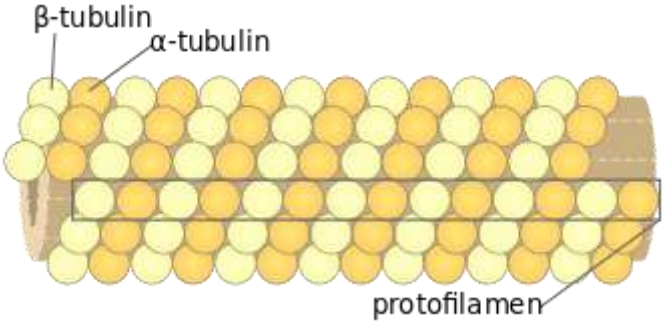
الليفات الدقيقة Microfilaments

هي عبارة عن الياف صغيرة توجد في السايتوبلازم وعادة ماتوجد على شكل حزم ومجاميع ويعتقد انها تساعد في النشاطات التقلصية في الخلية مثل تغير اشكال الخلايا وحركتها وتوجد بشك خاص في الخلايا العضلية وتتكون هذه من خيوط الأكتين (Actin) الدقيقة التي تمتد في المناطق الفاتحة وقليلاً في المناطق الغامقة والتي تتالف من ثلاثة انواع من البروتينات وهي بروتين الاكتين الذي يمثل العمود الفقري للخيوط ويكون على هيئة شريط مزدوج لولبي وبروتين التربومايسين Tropomycin وبروتين التروبونين Troponin و خيوط الميوسين (Myosin) السميكة التي يتراوح عرضها بين 12– 15 و130 نانوميتر وتمتد في المناطق الغامقة من العضلة والتي تتكون من سلسلتين من من عديد الببتيد والتي تلتف كل اذرع من سلسلتي المايوسين عل بعضهما بهيئة الضفيرة وكلاهما اي خيوط الاكتين والمايوسين يساهمان في تقلص وانبساط العضلات.

الأنيبيبات الدقيقة Microtubule

وهي عبارة عناصر غير غشائية طويلة غير متفرعة تنتشر في جميع انواع الخلايا وهي من مكونات الهيكل الخلوي توجد في سايتوبلازم الخلايا حقيقية النوى وفي بعض أنواع البكتيريا، هذه البوليمرات الأنبوبية المكونة من بروتين التيوبيولين (tubulin) تسطتيع أن تنمو حتى 500 ميكروميتر، بالإضافة لكونها تتمتع بديناميكية عالية. القطر الخارجي للإنيبيبات تقريبا 24 نانوميتر أما الداخلي حوالي 12 نانوميتر، تتشكل عن طريق بلمرة دايمر) مركب ينتج عن ارتباط جزيئتين متشابهتين (dimer) (من اثنين من البروتينات الكروية ألفا وبيتا تيوبيولين).

الأنيبيبات الدقيقة ضرورية لمجموعة من واسعة من الوظائف الخلوية، فهي تشارك في الحفاظ على بنية الخلية جنبا إلى جنب مع الخيوط الدقيقة التي تشكل معاً الهيكل الخلوي.



التركيب

اثبتت فحوصات المجهر الالكتروني ان تركيب الابيبات الدقيقة في الخلايا حقيقية النوى هي عبارة عن تراكيب أسطوانية طويلة جوفاء مصنوعة من ألفا α وبيتا β تيوبيولين دايمر ،[1] وحدات ألفا وبيتا تحتويان تقريبا على 50% من الأحماض الأمينية المتماثلة .

وظائف الانيبوبات الدقيقة

1. توفير الدعامة الهيكلية التي تعطي الخلايا شكلها المعروف.
2. توفير مطاطية للغشاء البلازمي بسبب قربها من الغشاء.
3. لها اهمية في حركة بعض الخلايا بسبب تاليفها لمحتوى الاهداب.

4. لها دور في الانقسام الخلوي إذ تمثل اقطاب الانقسام والمغزل وتساهم في فصل كروماتيتيدات الكروموسومات لأنجاز الانقسام.

.

الكروماتين Chromatin

وهو عبارة عن شبكة دقيقة غير منتظمة توجد في العصير النووي في النواة، يظهر الكروماتين في نوى خلايا الطور البيني على هيئة بقع او كتل مختلفة المساحة يتوزع بطرق مختلفة داخل النواة وتختلف طريقة توزيع الكروماتين في النواة من خلية الى اخرى وفي الاغلب يكون التوزيع متجانس ويظهر انتظاماً دقيقاً.

التركيب البنائي للكروماتين:

شبكة الكروماتين مؤلفة من شريط مركزي يظهر على هيئة الياف من الحامض النووي DNA يتخلله معقدات تركيبية وهي عبارة عن اجسام حبيبية سميت بالنيوكليوسومات Nuclesomes وتمثل الوجدات الاساسية للكروماتين وتتركب النيوكليسومات من سلسة من الاجسام البيضوية التي يبلغ قطر كل منها 110 انكستروم وتتالف الجسيمة البيضاوية من ثمانية جزيئات من البروتينات الهستونية. ويعتقد ترتيب الهستونات الداخلية والخارجية في تركيب النيوكليسوم له دور اساسي في حماية جزيئة الحامض النووي من التحطم بواسطة الانزيمات فضلا عن التعبير عن الصفات الوراثية.

الكروسومات Chromosomes

وهي عبارة عن اجسام رفيعة طويلة حبيبية مستقلة تلتف على بعضها ويختلف عددها تبعاً لنوع الكائن الحي. وأن الياف شبكة الكروماتين تتوزع على الكروموسومات بحيث يحتفظ كل كرموسوم بجزء من الكروماتين بالنظر لأختلاف طول الكروموسومات فأن كمية الكروماتين الموجودة فيها مختلفة ايضاً ويزداد وضوح الكروموسومات بتغلظها عند دخولها اطوار مراحل الانقسام الخلوي ويظهر من فحوصات المجهر الالكتروني انها مؤلفة من قلب بروتيني لاهستنوني Nonhistons Scaffold يترتب حولها الكرومتين عل هيئة تجمعات من الحلقات الشعاعية وتختلف هذه التجمعات من موقع كرموسوم الى اخر ويمكن مشاهدة توزيع نوع الكروماتين في الكروموسوم بعد صبغها بطريقة – Gor C Bandding حيث تظهر على هيئة حزم غامقة الاصباغ في الكروماتين المتباين اما في الكروماتين الحقيقي تكون الحزم فاتحة اللون.

التنظيم الجزيئي لكروماتين الكروموسومات

يتوزع الكروماتين على الكروموسومات بطريقة خاصة بكل زوج كروموسومات بحيث نستطيع من خلال تصبيغ الكروموسومات ان نميز ازواج الكروموسومات اعتماداً على توالي الكروماتين الحقيقي او المتباين. اظهر التحليل

الوراثي بأن معظم المورثات التركيبية النشطة القادرة على التعبير عن نفسها تقع في منطقة الكروماتين الحقيقي بينما تقع التتابعات غير النشطة في منطقة الكروماتين المتباين.

الانقسامات الخلوية Cell Division

تشترك العديد من العوامل والظروف في اندفاع الخلايا نحو الانقسام الخلوي، الهرم والشيخوخة وزيادة مساحة السايتوبلازم ووجود انواع من البروتينات المحفزة وزيادة النفاذيةالايونية وارتفاع الجهد الكهربائي الخلوي لها دور مهم بعملية الانقسام.

دوره حياة الخليه Cycle of Cell

دورة الخلية هي الفترة ما بين دورتي انقسام غير مباشر متتاليتين. أي أنها الفترة مابين جيل خلية والجيل الذي يليه. عندما تصل الخلية إلى حجم معين فإما أن يقف نموها أو تنقسم. بعض الخلايا مثل الخلايا العصبية، خلايا العضلات الهيكلية وكريات الدم الحمراء لا تنقسم بعد وصولها إلى الطور الكامل. وتمر الخلية في دورة حياتها بمرحلتين هما: الطور البيني (Interphase) وانقسام الخلية (Cell division).

اولا:- الطور البيني

يحتل الطور البيني 90% من دوره حياه الخليه وهو يتمايز الى ثلاث مراحل اساسيه هي

مرحله النمو الاولى (First gap phase (G1 phase)

وهي فترة نمو الخلية (Cell growth) حيث تزاول فيها الخلية نشاطها في مجال تخصصها، كتكوين العضيات، وبناء أو تكسير الجزيئات الكبيرة، إصلاح الأنسجة التالفة نتيجة الجروح، وتوزيع البروتينات. وتطول أو تقصر هذه الفترة بحسب ظروف الخلية، ولا يظهر في هذه الفترة بناء للحامض النووي (DNA). إلا أنه يزداد في نهايتها نشاط الإنزيمات التي يتطلبها بناء الحامض النووي (DNA). وهذه الإنزيمات مع عوامل أخرى تعمل على تهيئة الخلية للدخول في فترة البناء.

مرحله تصنيع الحامض النووي منقوص الاوكسجين(Synthesis phase (S phase)

يتم في هذه المرحله تضاعف الـ DNA، ويتكون كل كروموسوم من كروماتيدين متطابقين ملتصقين من منطقه السنترومير.

مرحله النمو الثانيه Second gap phase) G2 phase)

تتميز هذه المرحله ببناء البروتينات الاساسيه لانقسام الخليه و تصنيع انواع الـ RNA ،ثم بعدها تدخل الخليه في طور الانقسام الخلوي.

الأحداث الدقيقة التي تحصل في الانقسام الخلوي:

يترافق انقسام الخلايا العديد من الاحداث الخلوية التي تساهم في تطور الانقسام والسير به في الطريق الطبيعي

ظهور الكروموسومات

تظهر الكروموسومات في افضل صورها التفصيلية كخيوط رفيعة وطويلة جداً تتعاقب على بعضها البعض مؤلفة شبكة كروماتينية وتحتوي على مواقع اكثر كثافة بحيث تبدو الكروموسومات وكأنها مسبحة ذات حبيبات دقيقة تنتشر على طولها.