

نبذة تاريخية

ان جميع الكائنات الحية هي عبارة عن مجموعة معقدة من العناصر والمكونات التي تتوارث وتتكاثر بشكل مستمر وهي بالاساس تعود الى تركيب مجهري موحد ، وبالرغم من انها مكونة من انسجه تحتل مواقع مختلفة الا انها ذات منشأ خلوي واحد .

استمرت هذه الفرضية قرونا عديدة حتى جاء القرن السادس عشر عندما تم اختراع العدسات المكبرة والمجاهر البسيطة والمركبة حيث لوحظ لأول مرة الوحدة البنائية للكائن الحي والتي عرفت فيما بعد بالخلية Cell والتي فتحت افاق جديدة لعلم جديد الا وهو علم دراسة الخلية Cytology . بالرغم من اكتشاف هذا العلم في القرن السادس عشر ، الا ان اهمية وطبيعة الخلية لم تعرف حتى القرن التاسع عشر وعد علم الخلية علما قائما بذاته واعتبر من العلوم الحديثة من علوم الحياة.

الخلية The Cell :- وهي اصغر وحده بنائية يتكون منها الكائن الحي وهي الوحدة الاساسية لكل اشكال الحياة بسبب وجود كل مقومات الحياة فيها.

علم الخلية Cytology :- هو العلم الذي يختص بدراسة خلية الكائن الحي من الناحيتين التركيبية والوظيفية ويدعى حديثا بعلم حياة الخلية Cell Biology ، حيث اطلق مصطلح الخلية لأول مرة من قبل العالم روبرت هوك Robert Hook عندما كان يفحص شريحة من الفلين مستخدما مجهرا بسيطا صنعه بنفسه فوجد ان الفلين مكون من حجرات فارغة شبيهه بخلايا النحل دعاها الخلايا Cells وقد اشتق ذلك من معناها اللاتيني (حجرة فارغة) واطلق على الحواجز التي تفصلها جدران الخلية .

نظرية الخلية Cell Theory :- وضعت نظرية الخلية من قبل العالمين شلايدن وشوان حيث بين شلايدن ان الخلية هي الوحدة الاساسية البنائية للكائن الحي وكانت النظرية في وقتها غير واضحة بعدها طورت النظرية من قبل شوان الذي بين ان الخلية هي وحدة بناء الكائن الحي نباتا كان ام حيوانا ، بعدها اوضح فرشو ١٨٥٨ بان الخلية تنشأ من خلية سابقة لها في الخلق وقد سمي ذلك الخلق الحيوي Biogenesis واصبحت **النظرية الخلوية تنص على:-**

- ١ . ان الكائن الحي يتكون من خلايا ومن منتجاتها.
- ٢ . تعتبر هذه الخلايا الوحدات التركيبية والوظيفية للكائن الحي.

٣. الخلايا الحية تنشأ من خلايا حية سابقة لها في الخلق.

تركيب الخلية:-

تتشارك الخلية ببعض الخصائص والمميزات وهي:-

١. امكانية بقائها بصورة مستقلة اي ان الخلايا تمتلك القدرة على الاستمرار في الحياة بغياب اية خلية اخرى وهذه القدرة تتطلب :-

١. اداة بناء خلوية قادرة على الحصول على الطاقة من بيئتها من خلال الضوء او تحلل بعض المواد الغذائية الكيميائية .

٢. القدرة على استعمال هذه الطاقة لدعم العمليات الحيوية الضرورية وتتضمن هذه العمليات حركة المكونات من موقع في الخلية الى اخر ، القدرة على تحويل الجزيئات من صورة كيميائية الى اخرى من اجل التعويض عن الاجزاء التالفة او لدعم النمو والتكاثر .

٢. تمتلك جميع الخلايا مركبات كيميائية حيوية اساسية محددة مسؤولة عن البناء مثل الكربوهيدرات ، البروتينات ، الحوامض النووية وانواع اخرى من المركبات .

٣. تمتلك جميع الخلايا سطحاً خارجياً يضمن حمايتها من خلال تجنب المواد غير المرغوب فيها الموجودة في محيطها الخارجي فيما يسمح في نفس الوقت بتوجيه دخول وخروج مواد اخرى .

٤. تمتلك جميع الخلايا مخزوناً للمعلومات ممثلاً بالمادة الوراثية .

٥. تمتلك وسائل للتزود بالطاقة الكيميائية التي تستخدم في عمليات البناء الحيوي المؤدية الى النمو والتطور.

ويمكن تصنيف الخلايا الحية الى مجموعتين :-

اولا :- **خلايا حقيقية النواة Eukaryotes** :- والتي تكون مكونات النواة فيها محاطة بغلاف غشائي يعرف بغلاف النواة nuclear envelope يفصلها عن باقي الاجزاء .

ثانياً:- **خلايا بدائية النواة Prokaryotes** :- تكون مكونات النواة غير مفصولة عن باقي اجزاء الخلية.

مقارنة بين الخلايا حقيقية النواة والخلايا بدائية النواة

الصفة	خلايا حقيقية النواة	خلايا بدائية النواة
الغلاف النووي	يوجد	لا يوجد
DNA	موجود مع بروتينات ثنائية او متعدد الجزيئات	مفرد بدون بروتينات
النواة Nucleus	تكون مكونات النواة محاطة بغلاف غشائي ويكون DNA على شكل شريط مزدوج مرتبط مع بروتينات معينة مكونة الكروموسومات	تكون مكونات النواة غير محاطة بغلاف غشائي ويكون DNA شريط مفرد وغير مرتبط مع بروتينات
حجم الخلية Cell Size	غالبا ما يتراوح قطرها بين ١٠-١٠٠ مايكروميتر	غالبا ما يتراوح قطرها بين ١-١٠ مايكروميتر
الافراد التي تشملها	جميع الحيوانات والنباتات والفطريات والطلائعيات والطحالب عدا الطحالب الخضراء المزرقمة	تشمل البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقمة والمايكوبلازما
الانقسام	اعتيادي واختزالي (غير مباشر)	بالانقسام والتبرعم او الانشطار (المباشر)
الرايبوسومات	من نوع 80s الوحدة الكبيرة 60s الوحدة الصغيرة 40s	من نوع 70s الوحدة الكبيرة 50s الوحدة الصغيرة 30s
العضيات السايوبلازمية الغشائية membranous organelle	تحتوي على عضيات ساتوبلازمية غشائية مختلفة مثل المايكوتونديا والبلاستيدات واجهزة كولجي	لاحتوي على عضيات تقوم انزيمات معينة بمهامها مثل التنفس والتركيب الضوئي
الحركة	اذا وجدت تكون بهيئة اهداب او اسواط معقدة التركيب	ان وجدت تكون بهيئة سوط بسيط التركيب
النبيبات الدقيقة	توجد	لا توجد
التغذية	الامتصاص ، الهضم ، البناء الضوئي	الامتصاص بالدرجة الاساس وقليل منها يقوم بعملية البناء الضوئي
جسم الكائن الحي	معقد في الغالب البعض منها بسيط ومفرد الخلية والبعض الآخر يتكون من عدد كبير من الخلايا تمثل انواعا من الانسجة	بسيط ومفرد الخلية في الغالب كما ان الخلايا لاتكون انسجة

حجم الخلية Cell Size :-

عند فحص الخلايا سواء نباتية او حيوانية نشاهد اختلاف واضح بالحجم ، ان اصغر الخلايا المعروفة هي خلايا المايكوبلازما Mycoplasm cells التي تصيب الجهاز التنفسي ببعض الامراض والتي يصل قطرها الى (0.1 مايكروميتر) اي انها لاترى ابالمجهر الالكتروني .

اما العوامل التي تحدد حجم الخلية فهي كمية المادة المخزونه فمثلا بيضه الدجاج والنعام تكون كبيرة لاحتوائها على غذاء مخزون للجنين النامي ، ووظيفة الخلية فالخلية العصبية يصل طولها الى اكثر من ١ متر لايصال الايعازات العصبية الى مسافات بعيدة بينما خلايا الدم البيض يبلغ قطرها ٥-٦ مايكروميتر .

ان معدل حجم الخلية في الانسان يتراوح بين خلية الدم البيضاء الصغيرة التي تمتلك قطر مقداره ٥-٦ مايكروميتر الى الخلية العصبية التي يصل قطرها الى اكثر من متر وقطرها حوالى ١٠٠ مايكروميتر وبهذا تصبح النسبة بين القطرين حوالى (١:٢٠). ان طول بيضة الدجاجة بقشرتها يبلغ حوالى ٦٠ ملليمتر وعرض مقداره حوالى ٤٥ ملليمتر وهذا الكبر يعود الى احتوائها على مخزون غذائي يستعمل لنمو وتطور الجنين لمدة لاتزيد عن ثلاثة اسابيع ، اما جنين الانسان يستمد غذائه من الام لذلك فان بيضة الانسان (قطرها حوالى ١ ملليمتر) لا يتطلب خزن كمية من الغذاء اذا فان الاحجام المختلفة للخلايا العصبية والعضلية والدموية يعتمد على العمل الخاص الذي تقوم به هذه الخلايا.

اما بالنسبة للخلايا المتشابهة في الوظيفة فان العوامل التالية تلعب دورا في اختلاف حجمها :-

١ . نسبة كمية المادة النووية الى كمية المادة السائتوبلازمية .

٢ . معدل الفعالية الكيماوية للخلية.

٣ . نسبة المساحة السطحية للخلية الى حجمها .

نسبة كمية المادة النووية الى كمية المادة السائتوبلازمية:

تميل الخلية الى الحفاظ على هذه النسبة بين كمية الساييتوبلازم والمادة النووية ويجب الاشارة الى ان النواة هي المسؤولة عن عمليات النمو والتكاثر واستمرارية وجود الخلية لذا فأن بعض الخلايا التي لاتحتوي على نواة مثل كريات الدم الحمر الناضجة تصل الى عمر محدد وتموت . في الوقت ذاته لاتستطيع النواة السيطرة على كمية كبيرة من الساييتوبلازم ، فاذا زادت كمية الساييتوبلازم في الخلايا النشطة فان النواة تقوم بعملها كمركز سيطرة ، حيث تزداد مساحتها السطحية من خلال تغيير شكلها او من خلال مضاعفة المادة الكروماتينية التي تعتبر من مكوناتها الرئيسية عندها تنقسم الخلية ويعود التوازن بين النواة والساييتوبلازم

معدل الفعالية الكيماوية للخلية :

يتناسب معدل الفعالية الكيماوية للخلية عكسيا مع حجمها فكلما صغر حجم الخلية كلما كانت فعاليتها الكيماوية اعلى .

نسبة المساحة السطحية للخلية الى حجمها :

تستطيع الخلايا تغيير شكلها فتصبح كروية او متطاولة ذات تجاعيد داخلية ، حيث لا يؤدي ذلك الى تغيير الحجم وانما يؤدي الى تغيير في المساحة السطحية ، اذا ازدادت المساحة السطحية يزداد جريان المواد عبر غشاء الخلية وبالتالي يكبر حجم الخلية الى حد معين لاتفقد فيه النواة السيطرة على فعالية الساييتوبلازم .

شكل الخلايا Shape :-

بعض الخلايا لها قابلية على تغيير شكلها مثل الاميبا وخلايا الدم البيض في حين بعض الخلايا يكون شكلها ثابت كالخلايا الطلائية والخلايا العصبية ومعظم الخلايا النباتية ، يعتمد شكل الخلايا على التكيف الوظيفي بالدرجة الاولى وجزئيا على الشد السطحي ولزوجة البروتوبلازم والتاثيرات الميكانيكية من الخلايا المجاورة ودرجة صلابة جدار الخلية وهناك تراكيب خلوية داخل الساييتوبلازم تدعى الانيببيات الدقيقة Microtubules والخيوط الدقيقة Microfilaments تلعب دورا هاما في تحديد شكل الخلية .

عدد الخلايا Cell Number :-

تختلف اعداد الخلايا من كائن الى اخر فكلما كان الكائن كبير في الحجم كلما تكون جسمه من عدد كبير من الخلايا ، فبعض انواع الطحالب الخضراء التي تعيش في برك المياه العذبة تتكون

من تجمعات عدد ثابت من الخلايا وهذا العدد الثابت للخلايا يشاهد في عدد قليل جدا من الحيوانات .

ان الخلايا العصبية في الانسان تكون ذات تخصص عالي ولايمكن تعويض الخلية العصبية اذا حصل تلف حيث لاتحدث زيادة في عددها ، اما كريات الدم الحمر فتعوض باستمرار في مجرى الدم ويكون عدد هذه الكريات الجديدة مساوية لعدد الكريات الميتة لذلك فان الانسان يمتلك عدد ثابت من كريات الدم الحمراء.

الخلايا بدائية النواة Prokaryotic Cells :-

تتكون الخلايا بدائية النواة من منطقتين متميزتين وهي الساييتوبلازم cytoplasm والمنطقة شبه النووية Nucleotide ويحاط الساييتوبلازم بغشاء الخلية او الغشاء البلازمي plasma membrane الذي يكون بدوره مغطى بجدار الخلية و من امثلة الكائنات بدائية النواة البكتريا Bacteria و الطحالب المزرقة Blue green algae . يبلغ سمك الغشاء البلازمي حوالي (١٠٠ انكستروم) ويبدو بالمجهر الالكتروني كتركيب ثلاثي الطبقات مكون من طبقتين غامقتين سمك كل منها (٢٠ انكستروم) تقريبا تفصل بينهما طبقة فاتحة سمكها (٥٠ انكستروم) تقريبا. وقد تلاحظ بعض الانطواءات من الغشاء البلازمي باتجاه الساييتوبلازم تكون بهيئة صفائح او حويصلات تعرف بحاملات الصبغة Chromatophores تحتوي على طبقات تتم فيها عملية البناء الضوئي حيث تحمل الانزيمات المساعدة لتفاعلات البناء الضوئي وانزيمات الاكسدة كما هو الحال في الطحالب الخضر المزرقة والبكتريا الارجوانية . وقد توجد امتدادات اخرى من الغشاء البلازمي باتجاه الساييتوبلازم تكون ذات اشكال حويصلية او حلزونية تعرف بالميزوزومات Mesosomes وهي مشابهة الغشاء البلازمي من حيث التركيب الكيماوي ، يعتقد بانها تلعب دورا مهما في التنفس وانقسام الخلية. وباستثناء هذه الامتدادات من الغشاء البلازمي فلا توجد انظمة غشائية اخرى في الخلايا بدائية النواة.

تركيب البكتريا:-

ان اول من اكتشف البكتريا هو العالم ليفن هوك و يتراوح قطر الخلية البكتيرية (0.2 - 5) مايكروميتر ويمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي اما تراكيب الخلية تتم دراستها عن طريق المجهر الالكتروني.

يحيط بكل خلية بكتيرية جدار صلب يتالف من مركبات كيماوية ، ويقع الى الداخل من هذا الجدار الغشاء البلازمي الدقيق الذي يحيط بساييتوبلازم الخلية البكتيرية. يحتوي ساييتوبلازم الخلية البكتيرية على المادة النووية المبعثرة في الساييتوبلازم ويحتوي الساييتوبلازم على مكونات

دقيقة اخرى مثل الرايبوسومات Ribosomes

(تمثل مواقع لصنع البروتين في الخلية وتتواجد في جميع انواع الخلايا الحية) ، وبعض التراكيب الغشائية كامتدادات من الغشاء البلازمي نحو الساييتوبلازم اضافة الى احتواء الخلية البكتيرية على تراكيب اخرى وهي الاسواط ، العلبة (الكبسولة) .
يمكن تمييز البكتريا عن الطحالب الخضر المزرقه بنواح عديدة واحد من هذه الاختلافات هو ان الطحالب الخضراء المزرقه تحرر الاوكسجين كنتاج عرضي من عملية التركيب الضوئي بينما لا تحرر البكتريا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي هذا الغاز نظرا لاستخدامها الية مختلفة تماما عن تلك التي تميز النباتات الراقية والطحالب الخضر المزرقه ، والبكتريا تمتلك صبغات خاصة لامتصاص الضوء تختلف عن تلك الموجوده في الطحالب الخضراء المزرقه وهذه الاخيرة تمتلك صبغة الكلوروفيل التي لاتوجد في البكتريا.

يمكن تصنيف البكتريا وفقا لشكلها :

١. كروية **Coccus** (جمعها **Cocci**) .

٢. عصوية **Bacillus** (جمعها **Bacilli**).

٣. حلزونية **Spiral** .

تميل البكتريا الى البقاء مرتبطة بالخلية بعد الانشطار وعلى ضوء ذلك تسمى البكتريا كروية ثنائية **Diplococcus** عندما تكون مزدوجة الخلية ، وتسمى مسبحية **Streptococcus** عندما تكون بصورة سلاسل من الخلايا وتسمى عنقودية **Staphylococcus** عندما توجد عناقيد من الخلايا.

* وتصنف البكتريا على اساس التصبغ بصبغة كرام فالخلايا التي تصطبغ بصبغة كرام يطلق عليها موجبة لصبغة كرام والخلايا التي لاتصطبغ بصبغة كرام يطلق عليها سالبة لصبغة كرام يعتبر هذا التمييز بين انواع البكتريا مهما بسبب الاختلاف في تركيب الجدار وحساسية كل نوع من البكتريا للمادة الكيميائية للصبغة.

* تقسم خلايا البكتريا حسب حاجتها للاوكسجين الى البكتريا الهوائية **Aerobes** تعني انها تنمو فقط بوجود الاوكسجين والنوع الاخر تسمى لا هوائية **Anaerobes** اي انها تستطيع النمو بدون الاوكسجين.

*وقد تصنف البكتريا على ضوء تغذيتها فالبكتريا التي تعتمد على المركبات العضوية فقط في الحصول على الكربون كمصدر للطاقة تسمى متباينة التغذية او غير ذاتية التغذية **Heterotrophic** ، اما البكتريا التي تستعمل الكربون اللاعضوي الذي تحصل عليه من الجو فتسمى ذاتية التغذية **Autotrophic** ، وتسمى البكتريا التي تعتمد على الضوء كمصدر للطاقة في اختزال ثاني اوكسيد الكربون اثناء عملية التركيب الضوئي ذاتية التغذية الضوئية **Photoautotrophic** ، اما اذا كان مصدر تزويد البكتريا بالطاقة هو عن طريق اكسدة المركبات اللاعضوية (مثل اكسدة H₂S الى S او H₂ الى H₂O) فتسمى ذاتية التغذية كيميائية **Chemoautotrophic** .

الجدار الخلوي Cell Wall :-

يحاط الغشاء البلازمي بجدار خلوي في كل من البكتريا والطحالب الخضراء المزرقمة ويتكون الجدار من بروتينات ودهون وسكريات متعددة و مركب بروتيني سكري يعرف بالبيتيدوكلايكان Peptidoglycan وتعتبر هذه الطبقة الاساس في تصنيف البكتريا الى بكتريا موجبة وسالبة لصبغه كرام وتكون نسبة هذا المركب عالية (٢٠-٨٠)% في البكتريا الموجبة لصبغة كرام (مثل *Bacteria subtilis*) وتكون واطئة (٥-١٥)% في البكتريا السالبة لصبغة كرام (مثل *Escherichia coli*) يبلغ سمك جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام (١٠-١٥) نانومتر ويحاط بطبقة خارجية تتكون من سكريات دهنية وبروتين ، بينما يبلغ سمك جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام (٢٥-٣٥) نانومتر وهو غير محاط بطبقة خارجية .
تتكون جزيئة البيتيدوكلايكان من كاربوهيدرات وحوامض امينية وتكون الكاربوهيدرات بشكل سكريات امينية وهي :-

١. N-Acetylglucosamine (NAG)

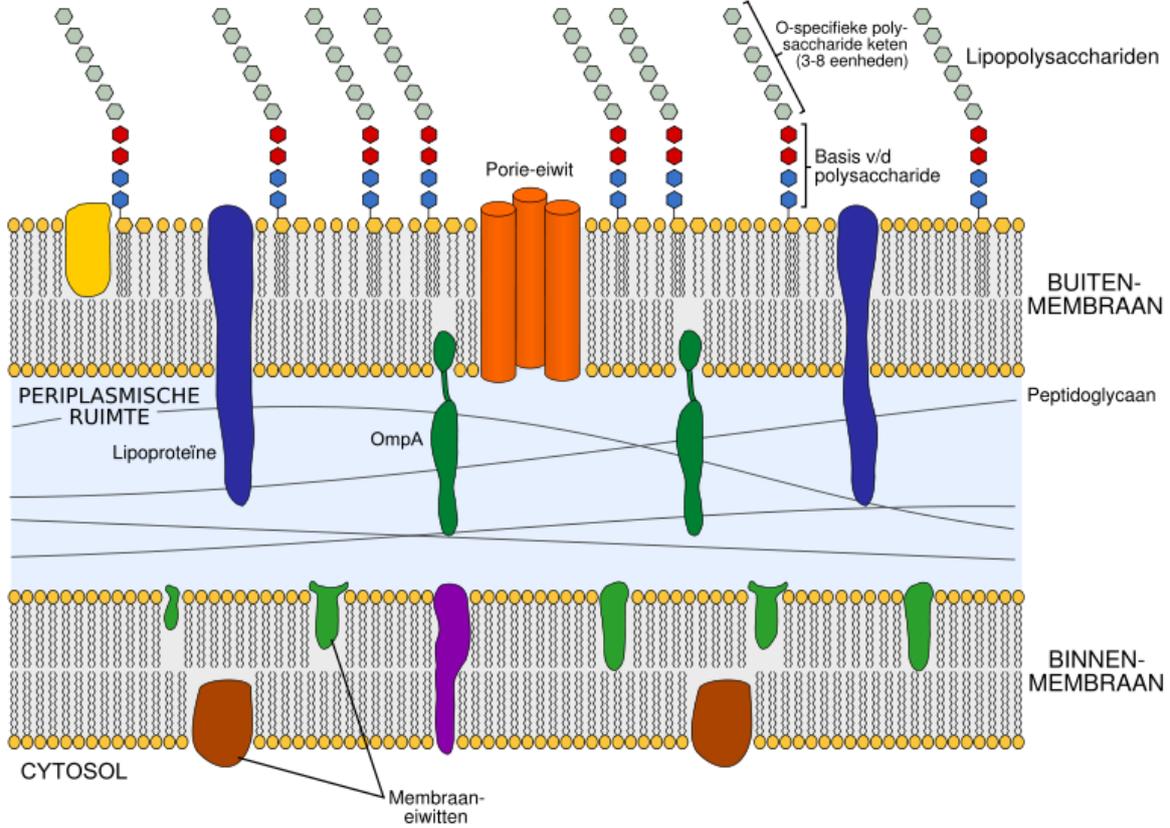
٢. N-Acetylmuramic acid (NAM)

اما الحوامض الامينية فتكون بهيئة وحدات فرعية ومنها: alanine , lysine, glutamic acid
يحتوي جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام اضافة الى البيتيدوكلايكان دهون فوسفاتية ودهون سكرية . اما جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام تحتوي اضافة الى البيتيدوكلايكان بروتينات وسكريات متعددة وحوامض معينة.

تعتبر جزيئة البييتيدوكلايكان اكبر جزيئة بايولوجية وتؤثر المضادات على جزيئة البييتيدوكلايكان فالبنسلين يمنع تكوين هذه الجزيئة في الخلايا الجديدة الموجبة لصبغة كرام مما يجعل تلك الخلايا عرضة للتلف. وبسبب صغر طبقة البييتيدوكلايكان في البكتريا السالبة لصبغة كرام فانها مقاومة بشكل جزئي او كامل لتأثير البنسلين وان المواد الاخرى الداخلة في تركيبها والتي لا تتأثر بالبنسلين (مثل الدهون الفوسفاتية ونسبتها ٣٥% والبروتين ٥% والسكريات المتعدده ٥٠%) تمنع تلف الخلية البكتيرية .

الغشاء البلازمي Plasma Membrane :-

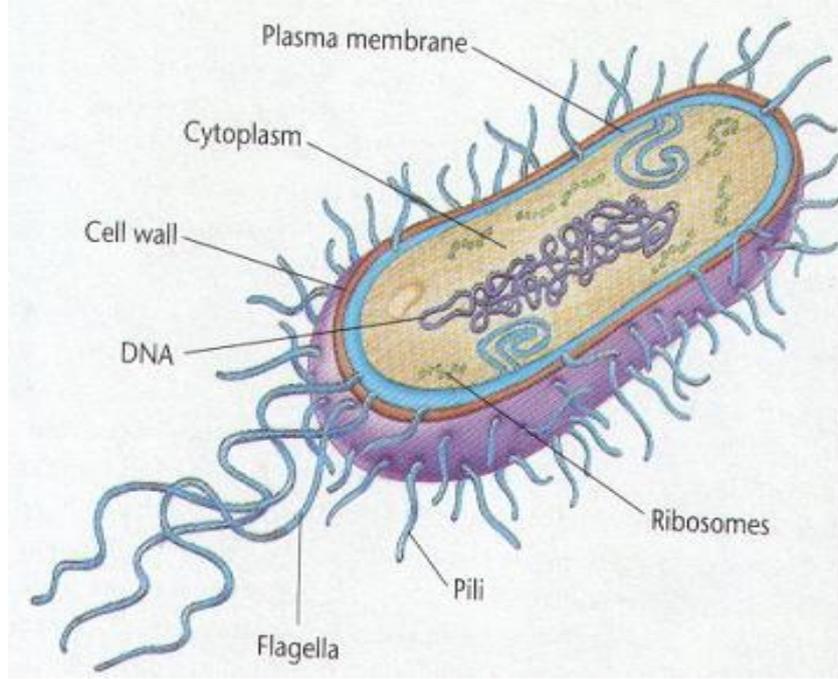
وهو تركيب دقيق لا يمكن مشاهدته بالمجهر الضوئي ويمكن تمييزه بواسطة المجهر الالكتروني يحيط الغشاء البلازمي بسايتوبلازم الخلية وله عدة وظائف اهمها المحافظة على وسط خلوي ثابت نسبيا وذلك بواسطة السيطرة على دخول وخروج الجزيئات الكبيرة (الحوامض الامينية والسكريات) من خلال انظمة نقل يطلق عليها Permease system يوجد الى الخارج من الغشاء البلازمي فراغ يسمى بالفراغ البلازمي المحيطي Periplasmic space يحتوي هذا الفراغ على الانزيمات المجزئة Degrative enzymes التي تقوم بتجزئة الجزيئات الكبيرة الى جزيئات اصغر حيث يتم نقلها الى داخل الخلية عن طريق انظمة النقل الموجوده في الغشاء البلازمي Permeases .



تركيب جدار بكتريا سالبة لصبغة كرام (للاطلاع)

العلبه او الكبسولة Capsule :-

وهي طبقة هلامية تحيط بجدار الخلية تنشأ من افرازات الغشاء البلازمي للخلية البكتيرية التي تخترق الجدار الخلوي يتباين سمكها من خلية الى اخرى حسب نوع البكتريا وتتكون من سكريات معقدة ومواد اخرى وان الكائنات التي تمتلك هذه العلبه تفقد امراضيتها في حالة فقدانها للكبسولة وظيفه الكبسولة وقاية البكتريا ضد مقاومة الجسم المضيف و تعمل كمركز للفضلات والافرازات الخلوية.

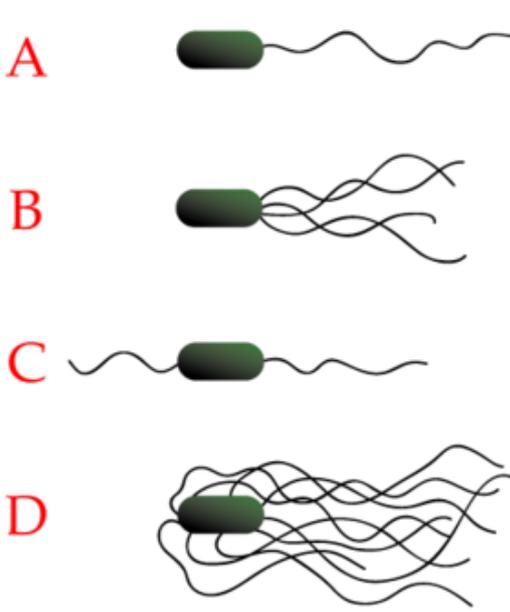


تركيب نموذجي لخلية بكتيرية

الساييتوبلازم Cytoplasm :-

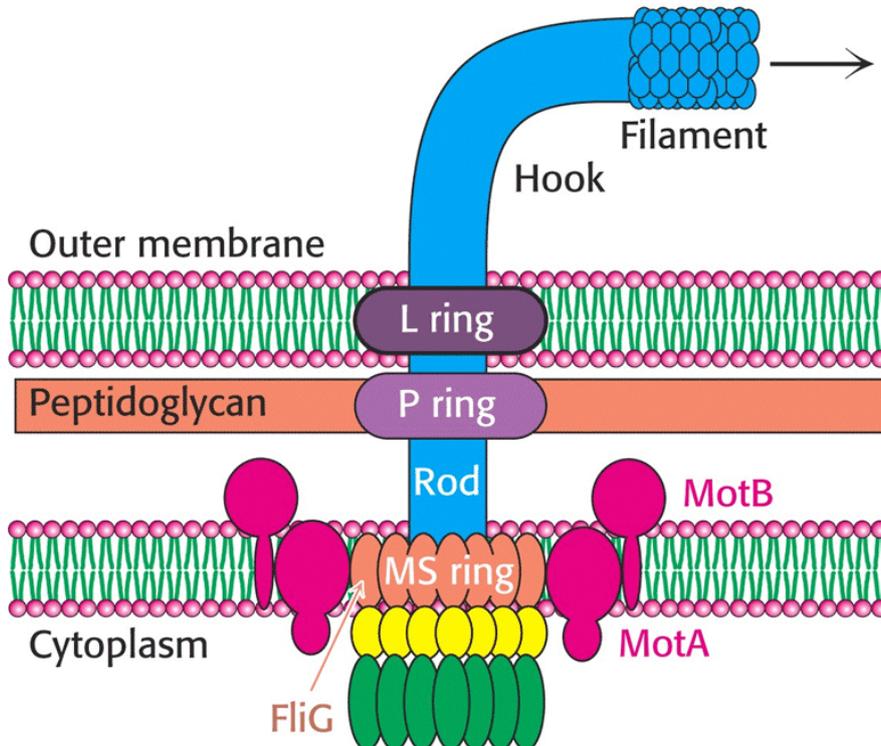
يقع الساييتوبلازم الى الداخل من الغشاء البلازمي ويحتوي على الرايبوسومات والمادة النووية والتي تكون كثيفة وذات شكل غيرمنتظم تحتوي على الياف يمكن ملاحظتها بالمجهرالالكتروني وتعرف بالمنطقة شبه النووية Nucleoid وتكون جزيئة مفردة حلقيه من الحامض النووي DNA يبلغ طوله ١ ملم وتحتوي معلومات وراثية كافية لحمل الشفرات بما يقارب (٢٠٠٠ - ٣٠٠٠) نوع من البروتينات المختلفة .

اوضحت الفحوص المجهرية لاغشية البكتريا وجود جسيمات صغيرة تتصل بالغشاء البلازمي من جهة الساييتوبلازم تكون ذات رؤوس كروية محمولة على اعناق قصيرة تحتوي على نشاط عالي لانزيم ATPase تشابهه الدقائق الموجوده في الغشاء الداخلي للماتوكوندريا وعليه فأن الغشاء البلازمي للخلية البكتيرية يعتبر موقع للتفاعلات الانزيمية الخاصة بتحرير الطاقة اضافة الى وظيفته في نقل الجزيئات والايونات من خارج الخلية الى داخلها وبالعكس.

**الاسواط البكتيرية Bacterial Flagella :-**

تتحرك البكتريا بواسطة الاسواط التي تمتلكها ،
يصل طول السوط حوالي 70 مايكروميتر وقطرة
حوالي 0.2 مايكروميتر ويتالف من ليف مجوف
مفرد صغير جدا والذي يتالف بدوره من ثلاثة او
اكثر من الخيوط الدقيقة البروتينية (البروتين من
نوع الفلاجلين **Flagellin**) تكون موازية لبعضها
البعض او ملفوفة على بعضها لتشكل السوط
البروتيني ، يتصل السوط بتركيب يدعى
الكلاب **Hook** الذي يتصل بدوره بجسم قاعدي

Basal Body المكون من اربع حلقات هي (M , S , P , L) في حالة البكتريا السالبة لصبغة
كرام وحلقتان في حالة البكتريا لموجبة لصبغة كرام وتعمل هذه الحلقات على تثبيت السوط
بالجدار القاعدي.



Lipopolysaccharide

P-Peptidoglycan

S-Periplasmic space

M-Plasma membrane

شكل يمثل اتصال السوط بالجدار الخلوي والغشاء البلازمي للخلايا البكتيرية

الطحالب الخضراء المزرققة (Cyanobacteria)

تعرف الطحالب الخضراء المزرققة بالبكتيريا الزرقاء وهي كائنات بدائية النواة تقوم بعملية التركيب الضوئي وتوجد بهيئة خلايا مفردة او تجمعات صغيرة او مستعمرات خلوية كما توجد بصورة سلاسل خيطية طويلة تمتلك الطحالب الخضراء المزرققة جدارا خلويا مشابها من الناحية الكيماوية لتركيب الخلية البكتيرية ويحاط هذا الجدار من الخارج بقشرة جيلاتينية بدلا من العلبه التي تمتلكها بعض انواع البكتيريا ويقع الى الداخل منه الغشاء البلازمي الذي بدوره يحيط بالكتلة السائتوبلازمية للخلية ، يحتوي سائتوبلازم خلايا الطحالب الخضراء المزرققة عددا من التراكيب الدقيقة هي:-

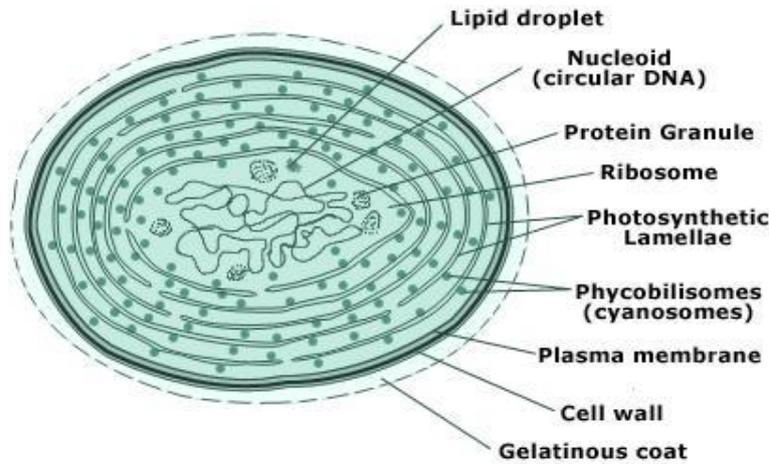
الحامض النووي DNA :- ويحتل موقع مركزيا في سائتوبلازم الخلية ويعرف بالمنطقة شبه النووية حيث تكون جزيئة الحامض النووي بصورة سلسلة مزدوجة الخيوط حلزونية وكثيرة الالتفاف .

جهاز التركيب الضوئي :- يتالف من صفائح غشائية منتشرة في السائتوبلازم خاصة في المناطق القريبة من محيط الخلية وتحمل هذه الصفائح حبيبات صبغية تسمى فايكوبيلوسومات

Phycobilosomes

الرايبوسومات:- تظهر بصورة جسيمات صغيرة غير غشائية تمتلك حجم وكثافة مشابھتين لما موجود في البكتيريا من نوع 70S.

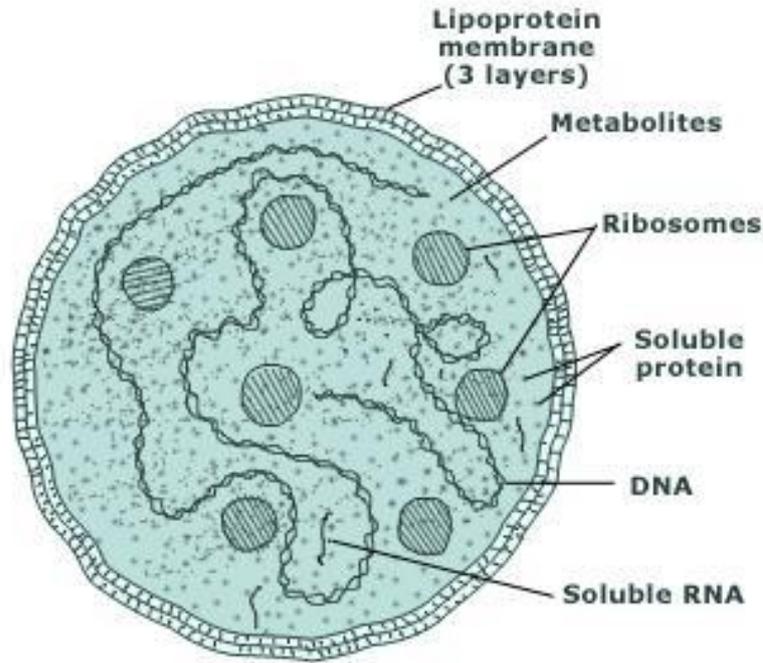
الحركة:- لا تمتلك الطحالب الخضراء المزرققة عضيات حركية وانما تتحرك عن طريق افراز سائل صمغي نفاث.



خلية عامة لطحلب اخضر مزرق

المايكوبلازما Mycoplasmas :-

تسبب هذه الكائنات امراض عديدة للانسان والحيوان بسبب بساطة تركيبها وافتقارها الى العديد من الانزيمات الضرورية للايض الخلوي ، وهي كائنات وحيدة الخلية حرة المعيشة تمتاز بصغر حجمها محاطة بغشاء يتالف من بروتين ودهن والى الداخل من الغشاء البلازمي يوجد السايكوبلازم وفيه يمكن ملاحظة الرايبوسومات والمنطقة شبه النووية فقط ، والمادة الوراثية تكون بشكل خيط مزدوج متحلزن من الحامض النووي DNA الدائري . وتحتوي خلية المايكوبلازما على الحد الادنى من التنظيم التركيبي المطلوب لخلية تعيش بصورة حرة ويمكن ان تمثل حلقة وسط بين الفايروسات والبكتريا.



خلية عامة للمايكوبلازما

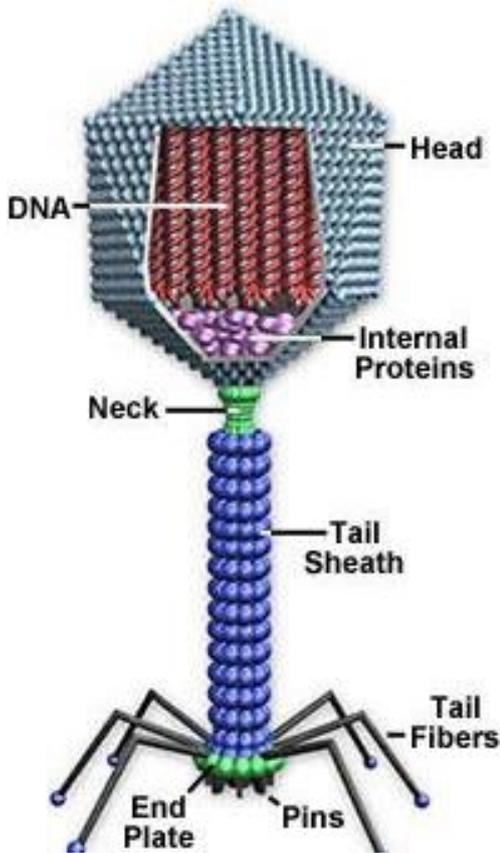
الفايروسات Viruses:-

ليست الفايروسات خلايا وهي اقل تعقيدا من الخلايا حقيقية النواة او بدائية النواة وعلى الرغم من التباين الكبير بين الفايروسات المختلفة الا انها جميعا تشترك بمميزات اساسية فجميعها طفيليات مجبرة Obligate parasites لاتستطيع التكاثر ما لم تكن موجودة في خلية مضيفة خاصة بها وهذه الخلايا تكون اما بكتريا او خلية حيوانية او نباتية اضافة الى وجود الفايروسات في خلايا مضيفة فانها قد توجد في حالة مختلفة عن ذلك تماما وهي وجودها خارج حدود الخلية

وفي هذه الحالة تكون الفايروسات بصورة جسيمات تسمى **فيريونات Virions**.

الفايروسات ليست خلايا وهناك شك باعتبارها انظمة حية او غير حية وذلك لانها خاملة ايضا ولا تمتلك نواة او سايتوبلازم او غشاء خلوي وتتكون من جزيئة مفردة من احد الحامضين النوويين DNA او RNA وليس كليهما الذي يحتل لب الفيريون ، ان امتلاك الفايروسات نوعا واحدا فقط من الحوامض النووية ميزها عن جميع انواع الخلايا الحية لان هذه الخلايا تمتلك كلا النوعين من الحوامض النووية .

يحاط الحامض النووي للفيريون بقشرة بروتينية او غطاء بروتيني يطلق عليه **Capsid**



Bacteriophage Structure

تتألف هذه القشرة البروتينية من العديد من الوحدات والتي تسمى كابسوميرات **Capsomeres** يختلف تركيب وعدد هذه الوحدات من نوع الى اخر من الفايروسات وظيفه هذه القشرة وقائية فقط . يطلق على لب الفايروس وقشرته بالقشرة البروتينية النووية **Nucleocapsid** . وقد يحاط بالقشرة البروتينية غلاف بروتيني كما هو الحال بالفايروسات التي تصيب اللبائن. تختلف الفايروسات باشكلها فمنها العصوية وشبهه الكروية واشكال اخرى وتختلف الفايروسات كثيرا في حجمها ويبلغ قطرها بين 30 الى 200 نانوميتر . وان اصغر الخلايا الحية كالبكتريا والمايكوبلازما تتعرض للاصابة بالفايروسات وتسبب الفايروسات امراض للانسان والحيوان كالجدي والحصبة والانفلونزا والايبز وغيرها. الفايروسات النباتية تحتوي على الحامض النووي RNA والفايروسات الحيوانية والبكتيرية تمتلك احد الحوامض النووية RNA او DNA.

تعتبر ملتهمات البكتريا Bacteriophage والاختصار Phage من اكبر انواع الفايروسات واكثرها تعقيدا وتتكون من راس Head يبدو كمجسم متعدد الاضلاع ويبرز من الكابسيد تركيب يشبه الذنب يكون مغلف بغمد بروتيني مرتب بصورة حلزونية ويوجد بنهاية الذنب تراكيب متخصصة تلعب دور مهم في اتصال الفايروس بسطح الخلية المضيفة.

الدورة التكاثرية للفايروس -The Life Cycle of Virus :-

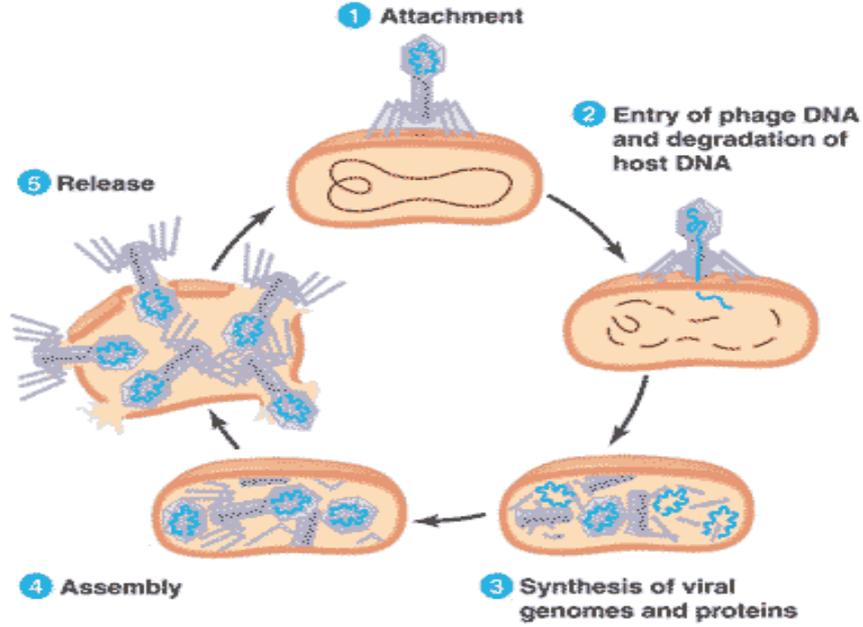
تتألف دورة حياة الفايروس بشكل عام والملتهم البكتيري بشكل خاص من اربع مراحل :-

1. التصاق الفايروس بالخلية المضيفة Attachment :- يلتصق الفايروس بالخلية البكتيرية من خلال ارتباط مجاميع خاصة موجودة في نهاية ذنب الفايروس بمواقع خاصة على سطح الخلية تمثل موقع استقبال Receptor site تمتلك الملتهمات البكتيرية اليافا طويلة تمتد من الذنب وتعتبر اول جزء من الفايروس يمس ويتصل بالخلية المضيفة وتساعد هذه الالياف في وضع ذنب الملتهم البكتيري عموديا على جدار الخلية المضيفة.

2. حقن المادة الوراثية DNA او RNA للفايروس داخل خلية المضيف :- عند اتصال الملتهم البكتيري بالخلية المضيفة يبدأ بحقن المادة الوراثية DNA او RNA من موقعها داخل منطقة الراس الى الذنب ومن ثم الى داخل الخلية البكتيرية وتنجز هذه العملية بتكوين ثقب في جدار وغشاء الخلية البكتيرية بفعل انزيمات التحلل المحمولة في ذنب الملتهم.

3. انتاج مكونات فايروسية جديدة :- حال اتصال الملتهم البكتيري بالخلية المضيفة تبدأ جينات الملتهم بتوجيه الخلية المضيفة لانتاج نسخ الفايروس المسبب للاصابة .

4. تحلل الخلية المضيفة لتحرير الفايروسات الجديدة :- نتيجة لصنع اعداد كبيرة من الفايروسات من قبل الخلية المضيفة بتوجيه من جينات الملتهم المسبب للاصابة تبدأ الخلية المضيفة بالتحلل Lysis فتتفجر الخلية محررة اعداد كبيرة من الفيرونات او الفايروسات يصل عددها الى مئة او اكثر احيانا لتبحث عن خلايا مضيفة اخرى لتعيد الدورة من جديد.



دورة حياة الملتهم البكتيري

في فايروسات معينة لا يؤدي الحامض النووي المحقون داخل الخلية المضيئة الى تكاثر وتحرر فايروسات جديدة بل يندمج مع المادة الوراثية للخلية المضيئة ، اذ تستمر الخلية المضيئة بعملها بشكل طبيعي وهكذا يترافق تضاعف المادة الوراثية للخلية المضيئة قبل الانقسام الخلوي مع تضاعف الحامض النووي للفايروس المندمج وقد تتكون اجيال عديدة من الخلايا تحتوي كل خلية منها على نسخة من الحامض النووي للفايروس .

وتسمى هذه الفايروسات بالفايروسات المعتدلة **Temperate viruses** وذلك لعدم تسببها في موت الخلية المضيئة مباشرة.

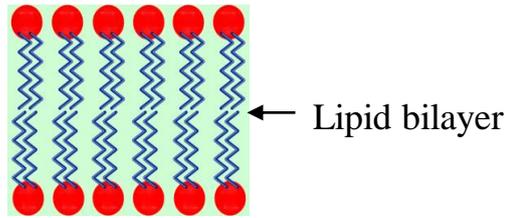
الغشاء البلازمي Plasma membrane :-

هو عبارة عن حاجز ديناميكي يحيط بالخلية وينظم حركة الذائبات والمذيبات من وإلى الخلية ، وهو اختياري النفاذية Selectively permeable يسمح لبعض المواد بالمرور بسرعة مختلفة ويعيق البعض الاخر . وبالإمكان مشاهدة الغشاء البلازمي بالمجهر الضوئي وقد يكون مغطى بجدار كما في الخلية النباتية التي تمتلك جدارا من السيليلوز.

نماذج الاغشية Membrane models :-

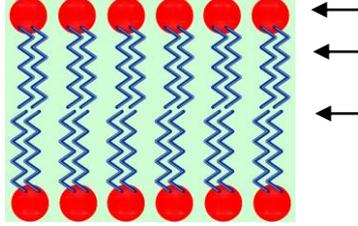
١. توصل العالم اوفرتون Overton عام ١٨٩٩ الى ان الغشاء البلازمي عبارة عن حاجز دهني وقد بنى استنتاجه على نتائج دراسته التي تضمنت اختراق اكثر من ٥٠٠٠ مركب كيميائي خلال الاغشية النباتية والحيوانية ، حيث وجد ان المواد التي تذوب بالدهون تمر بسهولة نتيجة لذوبانها في الدهون.

٢. عام ١٩٢٥ نشر العالمان كورتر وكرندل Gorter and Grendel ان الدهون توجد ضمن الغشاء بشكل طبقتين جزيئتين ، وقد اقترحا بان الرؤوس القطبية للدهون الفوسفاتية تتجه الى السطحين العلوي والسفلي للغشاء في حين ان النهايات اللاقطبية تتجه الى داخل الغشاء وتتقابل مع بعضها وقد سمي هذا النموذج بنموذج الصفيحة الدهنية ثنائية الجزيئة لكورتر و كرنندل . Bimolecular lipid leaflet



Gorter and Grendel Bimolecular lipid leaflet

٣. في عام ١٩٣٥ اقترح كل من العالمين دانيال ودافسون Danielli and Davson وجود غطاء بروتيني على طبقة الدهون للسطحين العلوي و السفلي للغشاء البلازمي اقترحا وجود البروتينات بشكل بلورات وقد سمي النموذج الذي اقترحه العالمين باسمهما Danielli and Davson membrane model .



Danielli and Davson membrane model

٤. عام ١٩٥٠ بين شميت Schmitt بان جزيئات الدهون مرتبة عموديا اما البروتينات فمرتبة بشكل صفائح وليست بلورات ، واقترح شميت وجود بروتينات سكرية على السطح الخارجي للغشاء وان القنوات تتكون وقتيا كقنوات او جسور بين طبقات البروتين الداخلي والخارجي.

٥. ان مخططي كورتر وكرندل ودانيال ودافسون صمما قبل مشاهدة الغشاء البلازمي بالمجهر الالكتروني ، لقد بدأت دراسة الغشاء البلازمي بالمجهر الالكتروني في عام ١٩٥٧ وفي عام ١٩٦٠ وضح العالم روبرتسون Robertson ان الاغشية المثبتة برابع اوكسيد الاوزميوم osmium tetroxide تبدو بالمجهر الالكتروني كتركيب ثلاثي الطبقات Trilaminar structure مكون من طبقتين خارجيتين متوازيتين داكنتي الصبغة محبة للاوزميوم Osmophilic تمثلان طبقتي البروتينات وطبقة مركزية فاتحة الصبغة كارهة للاوزميوم Osmophobic تمثل طبقة الدهون . وقد بين روبرتسون بان الاغشية الخلوية المختلفة تشترك مع بعضها بالتركيب الثلاثي الطبقات عند فحصها بالمجهر الالكتروني وعليه اقترح نموذجا سمي بنموذج وحدة الغشاء Unit membrane model .

انتقد العلماء نموذج وحدة الغشاء ومن هذه الانتقادات:-

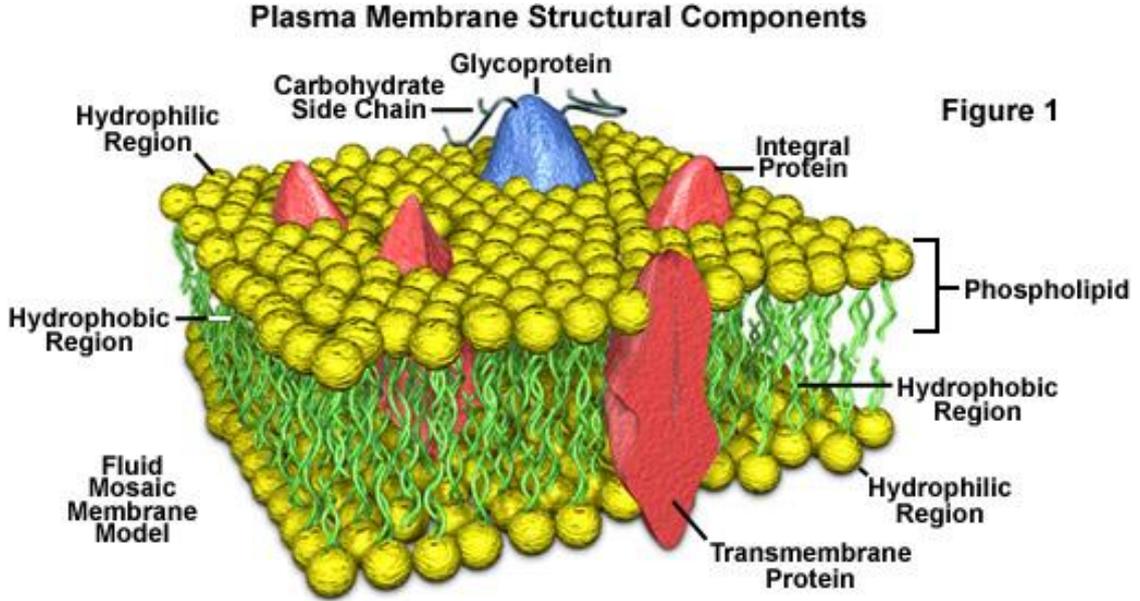
١. ان مظهر الغشاء بالمجهر الالكتروني لايمثل حقيقته في الحالة الحية بسبب استخدام مواد كيميائية في تحضير النموذج مما قد يسبب تغييرات في شكل الغشاء.

٢. ان حقيقة التفاعلات الكيمياوية بين الصبغات وبروتينات ودهون الغشاء غير واضحة وعليه فان ماسمي بروتين او دهون قد لا يكون صحيحا تماما.
٣. من الصعب فهم وظيفة الغشاء اذا افترضنا وجود طبقة من البروتين تغطي طبقة الدهون.
٤. لقد تم استخلاص بعض البروتينات بسهولة من الغشاء في حين تم استخلاص البعض الاخر منها بصعوبة.
٥. توجد دلائل متعددة تثبت بأن مكونات الغشاء من بروتينات و دهون لا تبقى ثابتة خلال حياة الخلية وانما قد تتغير نتيجة اضافة جزيئات بروتينية ودهنية الى الغشاء او اعادة توزيعها ضمن الغشاء.
٦. سمك الاغشية الخلوية يختلف من (٥٠-١٠٠ انكستوم) وهنالك اغشية تمتلك سمكا خاصا بها.
٧. تختلف انواع وكميات الدهون المفسفرة التي تحتويها الاغشية وكذلك نسب البروتين الى الدهون .

النموذج الموزائيكي السائل Fluid mosaic model :-

في عام ١٩٧٢ وضع النموذج الموزائيكي السائل من قبل العالمين سنجر ونيكولسون Necolson and Singer الذي اوضح بأن طبقتي الدهون تكون بمثابة الهيكل الرابط للغشاء. اما البروتينات المتصلة او المغمورة في الدهون فتتفاعل مع بعضها ومع الدهون الا انها تحتفظ بقابليتها على الحركة في طبقة الدهن المائعة. تكون البروتينات في الغشاء على نوعين:-

١. البروتينات المحيطية Peripheral او خارجية توجد على سطح الغشاء ومن السهولة فصلها منه.
 ٢. البروتينات البينية Integral او داخلية تكون مشبعة بشدة بالغشاء ومن الصعوبة ازلتها منه وتكون بعضها ممتدة من السطح الى اخر الغشاء .
- وغالبا ماتصل الكربوهيدرات بالبروتينات المحيطة وبالأجزاء البارزة للبروتينات البينية على السطح العلوي للغشاء.



مخطط يوضح النموذج الموزائكي السائل لسنجر و نيكولسون (للاطلاع)

التركيب الكيمياوي الغشاء البلازمي:-

اختيرت كريات الدم الحمر لدراسة التركيب الكيمياوي للغشاء البلازمي وذلك لسهولة الحصول على غشاء بلازمي نقي معزول ، حيث ان كرية الدم الحمراء الناضجة Red Blood Cells (RBCs) والتي تعرف ايضا (Erythrocytes) التي تنقل الاوكسجين وهي خلايا صغيرة الحجم قرصية الشكل مقعرة الوجهين حيث ان مركزها ارق من حافاتها . تتكون خلية الدم الحمراء الناضجة من الهيموغلوبين Hemoglobin وهو البروتين الناقل للاوكسجين والحاوي على الحديد ويؤلف ٩٧% من المحتوى الجاف للخلية . يتألف الغشاء البلازمي من بروتينات متقلصة هي الاكتين Actin والسبكترين Spectrin ، يمكن عزل الغشاء البلازمي بالطرد المركزي بعد تكسير الخلايا ازموزيا وذلك بوضعها في محلول ملحي مخفف او في ماء مقطر ، حيث وجد ان الغشاء البلازمي لكريات الدم الحمر يتكون من ٥٢% بروتين ، ٤٠% دهن ، ٨% كربوهيدرات وتختلف النسب باختلاف الخلايا .

من المكونات الكيميائية للغشاء الخلوي :-

البروتينات Proteins :-

١. تكون البروتينات المحيطة غنية بالحوامض الامينية ذات السلاسل الجانبية المحبة للماء حيث تتفاعل مع الماء المحيط ومع السطح القطبي للدهون الفوسفاتية.
٢. تحتوي البروتينات البينية على مناطق محبة للماء واخرى كارهه للماء . و الاجزاء البروتينية البارزة من سطح الغشاء تكون غنية بالحوامض الامينية ذات السلاسل الجانبية المحبة للماء وقد تتصل بتلك الاجزاء سلاسل كاربوهيدراتية. ان المناطق المغمورة في الدهون تكون غنية بالحوامض الامينية ذات السلاسل الجانبية الكارهه للماء ويعتقد ان هذه السلاسل تكون او اصر كارهه للماء مع النهايات الهيدروكاربونية.
٣. لا تتوزع البروتينات بصورة تامة على سطح الغشاء فقد يحتوي احد سطحي الغشاء بروتينات تفوق السطح الاخر.
٤. لا تكون البروتينات ثابتة في مكانها وانما تتحرك جانبيا ضمن السطح الواحد.
٥. تكون بعض البروتينات ثابتة في مكانها نتيجة ارتباطها بشبكة بروتينية تقع تحت الغشاء وتتصل بنظام الخيوط السائتوبلازمية و النيببات الدقيقة.
٦. وظيفة البروتينات (تركيبية تساهم في بناء الغشاء ، او حوامل Carriers تقوم بنقل المواد عبر الاغشية ، او مستلمات receptors لحواجز معينة ، او انزيمات تقوم بوظائف معينة مثل انزيم $Na^+/K^+ ATPase$.

الدهون Lipids :-

١. تعتبر الدهون الفوسفاتية من المكونات المهمة للغشاء البلازمي ومنها Phosphatidyl ، Phosphatidyl ethanol amine ، Phosphatidylcholin ، serine Phosphatidyl inositol .
٢. تحتوي بعض الاغشية الخلوية على الكوليسترول وخاصة في الخلايا الحيوانية.
٣. لا تكون الدهون ثابتة في مكانها وانما تتحرك جانبيا من سطح الى اخر.
٤. تكون الجزيئات الدهنية التي تجاور البروتينات ثابتة في مكانها.
٥. يمكن للغشاء البلازمي ان يغير درجة سيولته Fluidity والسيولة هي صفة فيزيائية للغشاء فيما اذا كان متماسك او قليل التماسك وتعتمد السيولة على انواع وتوازن سلاسل الحوامض الشحمية للدهون الفوسفاتية فيكون الغشاء متماسك عندما تكون سلاسل

الحوامض الشحمية مشبعة وكلما ازداد عدد الاواصر المزدوج في سلاسل الحوامض الشحمية ازدادت ميوعة او سيولة الغشاء.

٦. عدم تناظر الدهون :- ان الدهون المختلفة لا تتوزع بالتساوي في طبقة من طبقتي الدهون المكونة للغشاء فال Phosphatidyl choline يوجد في طبقة الدهون الخارجية في حين يوجد phosphatidyl ethanol amine في طبقة الدهون الداخلية ، اما الكوليستيرول فيعتقد بانه يوجد بكميات كبيرة في كلا السطحين .

الكاربوهيدرات Carbohydrates :-

ان (٧%) من الكاربوهيدرات تكون متصلة بالدهون مكونة دهون سكرية ، (١%) مرتبط بالبروتينات مكون بروتينات سكرية. تتصل الكاربوهيدرات بالبروتينات المحيطة وبالأجزاء الخارجية للبروتينات البيئية وبالنهايات القطبية للدهون الفوسفاتية بهيئة سلاسل من اتحاد سكريات احادية مثل Galactose ، Mannose ، Glucose. تتصل الكاربوهيدرات بالسطح العلوي للغشاء البلازمي مما يكون ما يعرف بالغطاء السكري Glycocalyx وهو احد اغشية الغشاء البلازمي الذي يكون مع الجدار الخلوي اغشية غشاء الخلية. يتكون من سلاسل كاربوهيدراتية وهي جزء من البروتينات السكرية والدهون السكرية تشكل السطح العلوي للغشاء البلازمي ويوجد في بعض الانسجة الطلائية ، حيث يوجد في الانسجة الطلائية للأمعاء ويحيط بالزغابات التي تقوم بعملية الامتصاص ، بالرغم من ان الغطاء السكري لا يكون ضروريا لتحديد شكل الخلية كما هو الحال في جدار الخلية الا انه يؤدي وظائف مهمة في حياة الخلية.

وظائف الغطاء السكري :-

١. التمييز الجزيئي Molecular Recognition :- ان تعاقب السكريات وترتيب السلاسل السكرية في الغشاء البلازمي لنوع من الخلايا يختلف مما عليه في انواع اخرى من الخلايا ، ونتيجة لذلك فان البروتينات السكرية والدهون السكرية تمثل مواقع جزيئية يمكن عن طريقها ان تميز الانواع المختلفة من الخلايا .

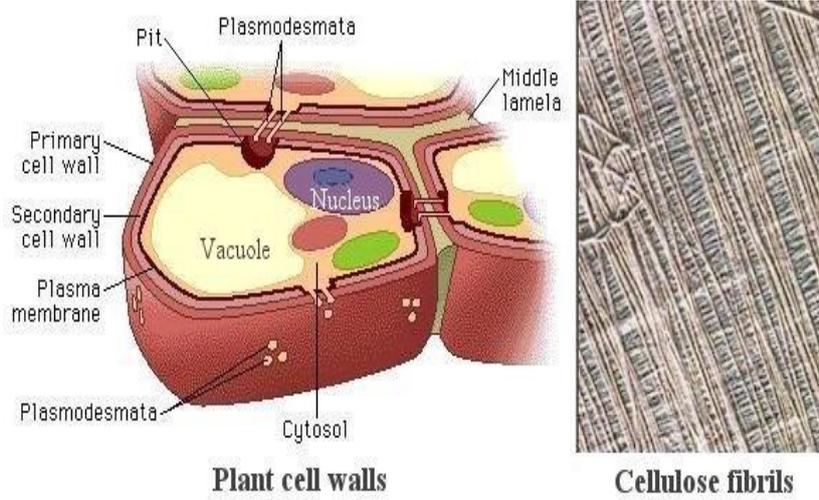
٢. الترشيح Filtration :- ان اغشية الخلية التي تحيط عددا من الاوعية الشعرية للفقرات وبصورة خاصة الكبيبات الكلوية Kidney glomerulus تعمل كمرشح ومنظم لمرور الجزيئات استنادا لاجسامها .

٣. **الانزيمات Enzymes :-** وجود انزيمات الفوسفاتيز القاعدية alkaline phosphatase في غطاء و سطح الزغيبات الدقيقة للامعاء وهي الانزيمات المشتركة في الهضم النهائي للكربوهيدرات والبروتينات.

٤. **الظروف البيئية الدقيقة Microenviroment :-** قد يغير الغطاء السكري من تركيز بعض مواد سطح الخلية. فهو لذلك لا يعمل كحاجز للانتشار فحسب وانما يؤثر على الوسط الايوني للخلية وبهذا يشبه الراتنج المتبادل exchange resine الذي يعمل على اقتناس ايونات معينة فالغطاء السكري الذي يحيط الغشاء البلازمي للخلية العضلية يعمل على اقتناس ايونات الصوديوم ، كما ان بعض مكونات الغطاء السكري مثل هيالورونيت Hyaluronate يمكن ان تغير الشحنة الكهربائية والرقم الهيدروجيني على سطح الخلية ولهذا السبب يعزى تغيير النشاط الانزيمي لانزيمات الغشاء البلازمي .

الجدار الخلوي Cell Wall :-

هو ثاني اغشية الغشاء البلازمي في بعض الخلايا ، ففي بعض انواع الخلايا يكون الغشاء البلازمي مغطى بطبقات حامية سميكة كما هو الحال في معظم الخلايا النباتية التي تكون محاطة بجدار سيليلوزي يعرف بالجدار الخلوي . وهو احد نواتج الايض الخلوي وهو ايضا تركيب متصلب نوعا ما يحيط ويحمي الغشاء البلازمي ويمنح الدعم الميكانيكي للانسجة النباتية . يتركب الجدار الخلوي بصورة عامة من السيليلوز ويبدأ ظهور الجدار الخلوي مع تكوين الصفيحة الخلوية Cell plate عند خط استواء المغزل بعد انقسام النواة مباشرة ثم تنمو الصفيحة الخلوية نحو الخارج الى ان تصل الى جدار الخلية الام فتسمى بالصفيحة الوسطى Cell lamella يلي ذلك الجدار الابتدائي Primary wall و الثانوي Secondary والثالثي Tertiary في بعض الخلايا. ويمكن التفريق بين الانواع الثلاثة من الجدار الخلوي عن طريق مكوناتها الكيميائية والترتيب الخاص للبيفات الدقيقة Microfibrills الداخلة في تكوينها.



Plant cell walls

مقارنة بين الانواع الثلاثة من الجدار الخلوي

Tertiary wall	Secondary wall	Primary wall
١ . يترسب على الجدار الثانوي .	١ . تكون اللييفات متوازية تقريبا ومنضغطة اكثر .	١ . تتجه اللييفات الى جميع الاتجاهات مكونه شبكة رخوة .
٢ . يتكون من الزايلين Xylan .	٢ . يتكون من السيليلوز و اللكنين Lignine والسوبرين Suberin .	٢ . يتكون من السيليلوز .

وظيفة الغشاء البلازمي :-

حركة المواد عبر الغشاء البلازمي :-

ان اهم وظيفة للغشاء البلازمي هي السيطرة على حركة المواد الداخلة والخارجة من والى الخلية وذلك وفقا لحاجة الخلية ويتم ذلك بالطرق الاتية :-

١. الانتشار الحر Free diffusion .
٢. العبور المساعد Assisted passage .
٣. الاحاطة بحويصلات Enclosure by vesicles .

١. الانتشار الحر Free diffusion :- وهو حركة الجزيئات من الجهة ذات التركيز العالي الى الجهة ذات التركيز الواطئ ويعتمد على قابلية ذوبان المادة في طبقة الدهون للغشاء ويستثنى من ذلك الماء ، اذا انه ينتشر خلال الغشاء البلازمي بصورة حرة لانه لا يذوب في طبقة الدهون ، لقد فسر العلماء ان دخول الماء يكون على اساس وجود ثقب في الغشاء يتراوح قطرها (٨-١٠) انكستروم تكون هذه الثقب مبطنة بجذور محبة للماء وتكون هذه الثقب واسعة بما فيه الكفاية لتسمح بمرور جزيئات الماء.

اما الايونات فيتم انتشارها من خلال قنوات بروتينية مشحونه موجوده بالغشاء ويعتمد مرور الايونات على قطر القناة ونوع الشحنة التي تحملها.

ان خروج ودخول المواد الايضية القابلة للذوبان في الدهون من والى الخلية بالانتشار الحر يحصل باتجاه التركيز الواطئ الذي غالبا ما يكون محفوظا على جانبي الغشاء **بسبب :-**

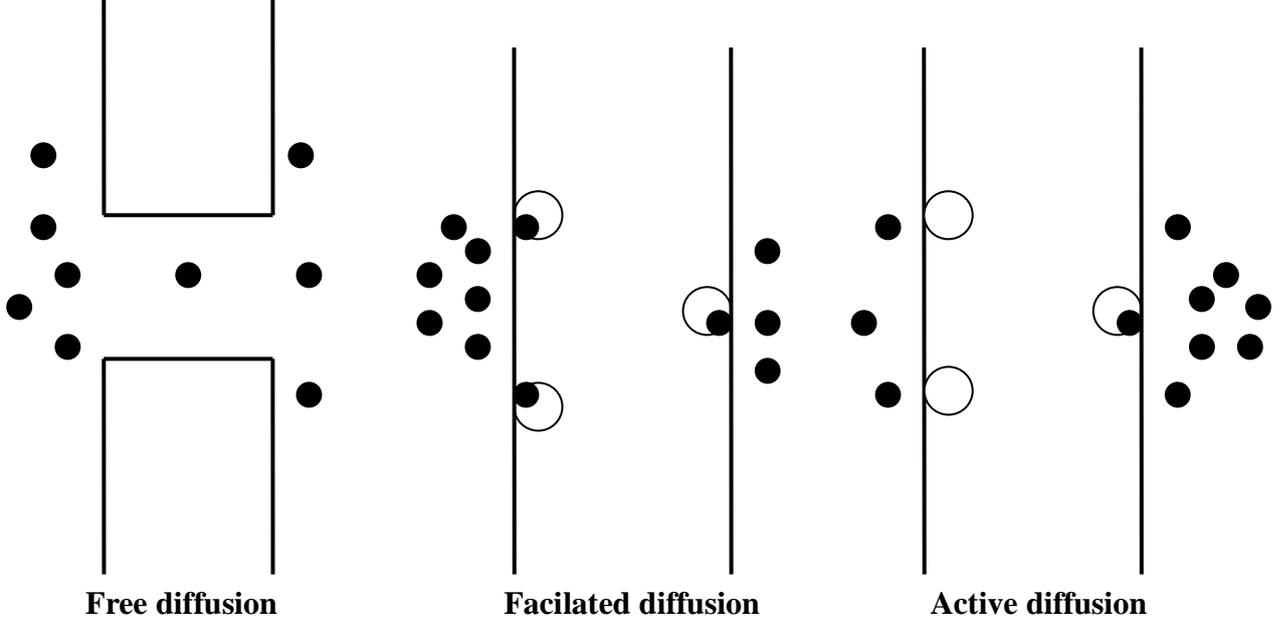
١. ان المواد الايضية تتغير كيميائيا عند الدخول الى الخلية لذا يبقى تركيزها عالي خارج الخلية.

٢. خروج الفضلات خارج الخلية بصورة مستمرة.

وعلى هذا الاساس فان عملية الانتشار الحر تبقى مستمرة دون الحاجة الى جهاز معين او طاقة. اما المواد الايضية التي لا تذوب في طبقة الدهون كالكسريات والحوامض الامينية فانها تنتقل خلال الغشاء بطرق نقل اخرى منها:-

٢. العبور المساعد Assisted passage :- وهي عملية انتقال المواد التي لا تذوب في طبقة الدهون للغشاء البلازمي كالكسريات والحوامض الامينية ويتم بمساعدة جزيئات حاملة Carriers عند دخولها وخروجها من الخلية وهذه الجزيئات الحاملة Carriers عبارة عن

بروتينات متخصصة جدا موجوده ضمن تركيب الغشاء وان لكل حامل موقع متخصص يرتبط به نوع معين من الجزيئات ويكون الارتباط مؤقتا فعند انتقال جزيئة المرتبطة بالحامل الى الجانب الاخر للغشاء يصبح الحامل حرا ويعود مرة اخرى الى الجانب الاول للغشاء ليقوم بنقل جزيئات اخرى من نفس المادة.



رسم توضيحي لطرق النقل عبر الغشاء البلازمي

النقل الفعال ومضخة الايونات Active Transport and Ion Pump :-

قد تتراكم المواد داخل الخلية من خلال ترسب المادة عند دخولها الى الخلية ، او اشتراكها في مسلك ايضي وبذلك تتغير كيميائيا وهذه المادة لا تؤثر على تدرج التركيز لذلك يستمر دخول كميات اضافية منها الى الخلية باتجاه تدرج التركيز ومن الامثلة على ذلك تراكم ايونات الكالسيوم في صفائح الشبكة الاندوبلازمية للخلايا العضلية بطريقة الترسيب ، حيث تترسب فوسفات الكالسيوم وبذلك يبقى تركيز ايونات الكالسيوم منخفضا داخل الخلية ، وتراكم السكريات في الخلايا البكتيرية فالسكر يتفسر مباشرة بعد دخوله الى الخلية بالانتشارالميسر Facilitated diffusion (وهو عملية انتقال المواد التي لاتذوب بالدهون مثل السكريات والاحماض الامينية من الجهة ذات التركيز العالي الى الجهة ذات التركيز الواطئ بمساعدة حوامل).

يمكن ان يحصل تراكم للمواد عن طريق النقل الفعال الذي يحصل عكس تدرج التركيز حيث تتراكم المادة في المنطقة التي توجد فيها بتركيز مرتفع.

ترتبط عملية النقل الفعال بالايض الخلوي وبمعدل انتاج مركب ادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) اي تتطلب صرف طاقة وتتوقف في الحالات الاتية :-

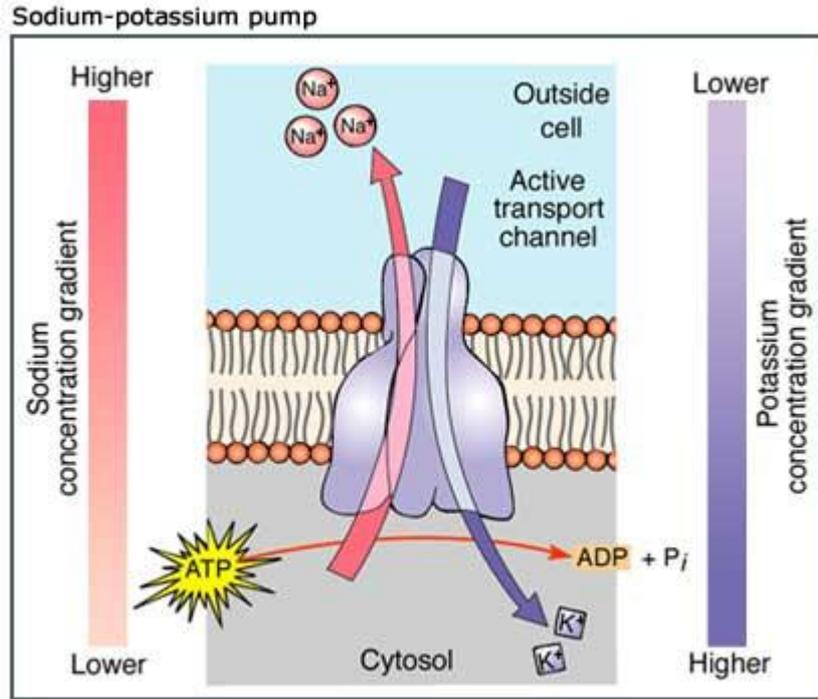
١. تعرض الخلية لدرجات حرارة واطنة .
٢. معاملة الخلية بسموم مثل السيانيد و حامض الخليك اليودي.
٣. تجريد الخلية من مصدر الطاقة.

من امثلة النقل الفعال انتقال ايونات الصوديوم والبوتاسيوم عبر الغشاء البلازمي لكريات الدم الحمر والخلايا العصبية.

مضخة تبادل الصوديوم – البوتاسيوم :-

ويمكن توضيحها كالآتي:- على السطح الداخلي ترتبط ثلاث ايونات Na^+ وجزيئة ATP واحدة بمواقع فعالة للحامل الانزيمي في حين يرتبط ايون K^+ بموقع فعال لنفس الحامل على السطح الخارجي للغشاء ، ينتج عن ارتباط مواد التفاعل هذه في التركيب الثلاثي لجزيئة الحامل وتغيير المواقع الفعالة فتحرر Na^+ خارج الخلية و K^+ داخلها وحالما تنطلق الايونات يحصل تغيير في تركيب الحامل لتعود العملية من جديد و تعرف هذه المرحلة بالعودة الى الوضع الاول recovery ويرافقها تحرر فوسفات لاعضوية ، يحصل تدرج كيميائي كهربائي على جانبي الغشاء نتيجة لضخ ايونات البوتاسيوم والصوديوم وتعرف هذه العملية بالمضخة الكهربائية Electrogenic pump او مضخة الصوديوم/ البوتاسيوم ، وتوجد هذه المضخة بالخلايا الحيوانية ولم يتضح لحد الان اذا كانت من خصائص الخلايا النباتية والبكتيرية.

ان تراكم ايونات البوتاسيوم داخل الخلية ضروري في ذلك لوجود عمليتين حيويتين تتطلبان تركيز عالي من K^+ :- (بناء البروتينات في الرايبوسومات) و (احد مراحل تحلل الكلوكوز خلال عملية التحلل السكري) .



شكل يوضح آلية عمل مضخة الصوديوم – بوتاسيوم

- **النقل الترافقي Co-transport** :- يرتبط ايون الصوديوم و مادة ايسوية (جزيئة سكر او حامض اميني) بمواقع فعالة على السطح الخارجي للحامل البروتيني يلي ذلك تغيير في تركيب الحامل بحيث يتم نقل Na⁺ والمادة الايسوية الى داخل الخلية وبعد تحرر الصوديوم داخل الخلية يعاد طرحه ثانية الى خارجها ويرافق ذلك تحلل ATP مائيا ونتيجة لذلك يتم حفظ تدرج تركيز الصوديوم على جانبي الغشاء حيث يعمل هذا التدرج كقوة مسيرة للنقل الداخلي للمواد الايسويه.

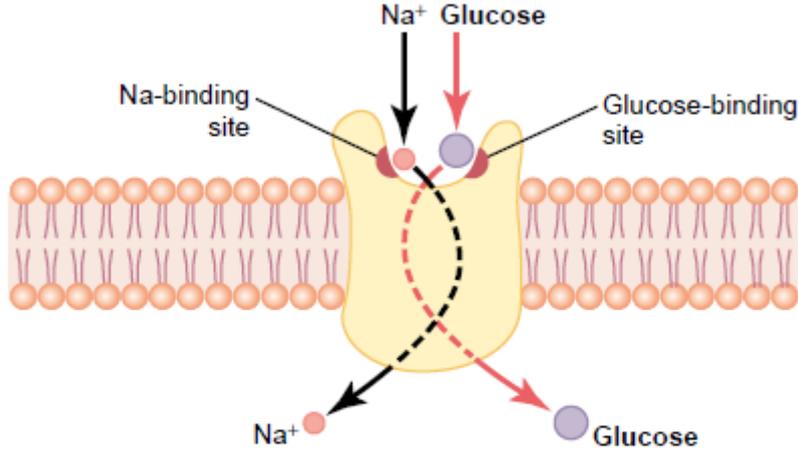


Figure 4-12

Postulated mechanism for sodium co-transport of glucose.

شكل يوضح آلية عمل النقل الترافقي

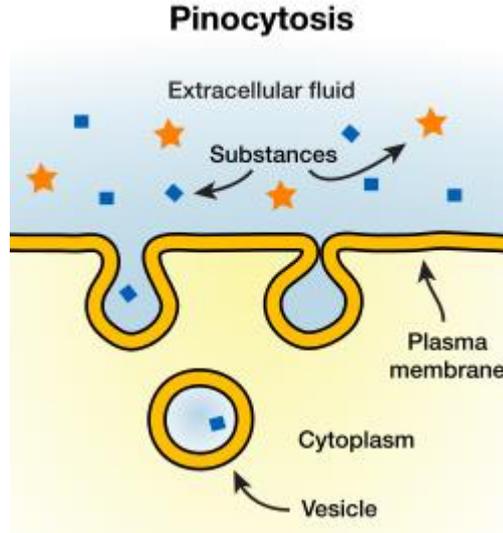
٣. **الإحاطة بحويصلات Enclosure by vesicles** :- تمتلك بعض الخلايا القدرة على تكوين حويصلات غشائية تحتجز بداخلها كميات كبيرة من المواد الموجودة بمحيط الخلية وعن طريق هذه الحويصلات يتم ادخال مواد معينة داخل الخلية وتسمى العملية بالادخال الخلوي Endocytosis ، اما عند اخراج مواد معينة الى خارج الخلية فتسمى العملية بالايخراج الخلوي Exocytosis .

الادخال الخلوي Endocytosis :- يتضمن تكوين حويصلات سايتوبلازمية من الغشاء البلازمي تحتوي بداخلها كميات من مواد المحيط الخارجي ، تماثل عملية الادخال الخلوي النقل الفعال بانها تحصل عكس تدرج التركيز وتحتاج الى طاقة و تتوقف باستخدام مثبطات ايفية كالمسوم التي تعيق انتاج الطاقة ATP .

توجد انواع من الادخال الخلوي:-

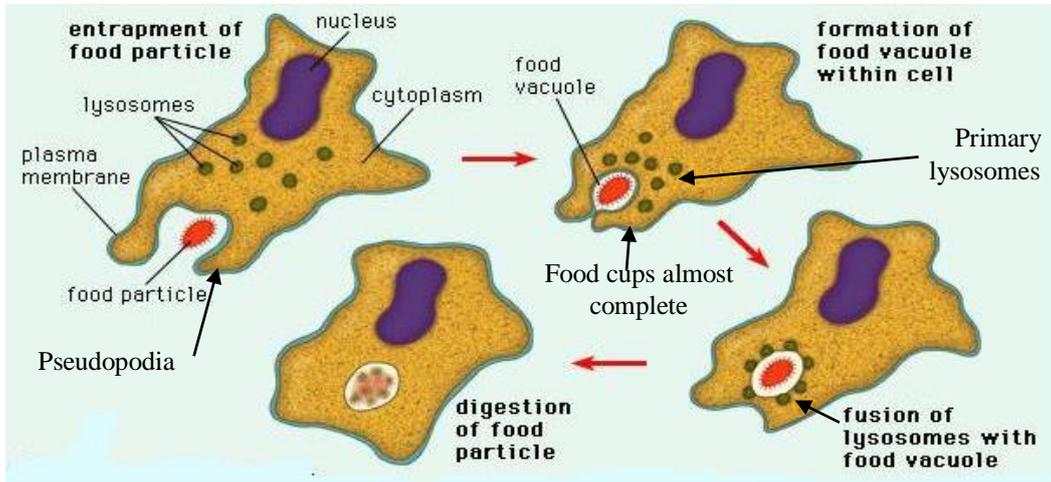
١. **الشرب الخلوي (الارتشاف الخلوي) Pinocytosis** :- يحصل في خلايا الدم البيض ، خلايا الكبد والكلية ، الخلايا الطلائية المعدية ، خلايا جذور النباتات ويتم فيه ادخال مواد معينة مثل البروتينات والحوامض الامينية وبعض الاملاح والماء ويتم الشرب الخلوي بمراحل هي :-
١. ارتباط المادة المحفزة لعملية الشرب الخلوي بمواقع متخصصة على الغشاء البلازمي.

٢. حصول انبعاث في الغشاء لتكوين حويصلات او قنوات ضيقة.
٣. انفصال تلك الحويصلات من الغشاء البلازمي في السائتوبلازم.
٤. انتقال المواد الموجودة في الحويصلات الى السائتوبلازم بعمليات مختلفة منها الانتشار والنقل الفعال.



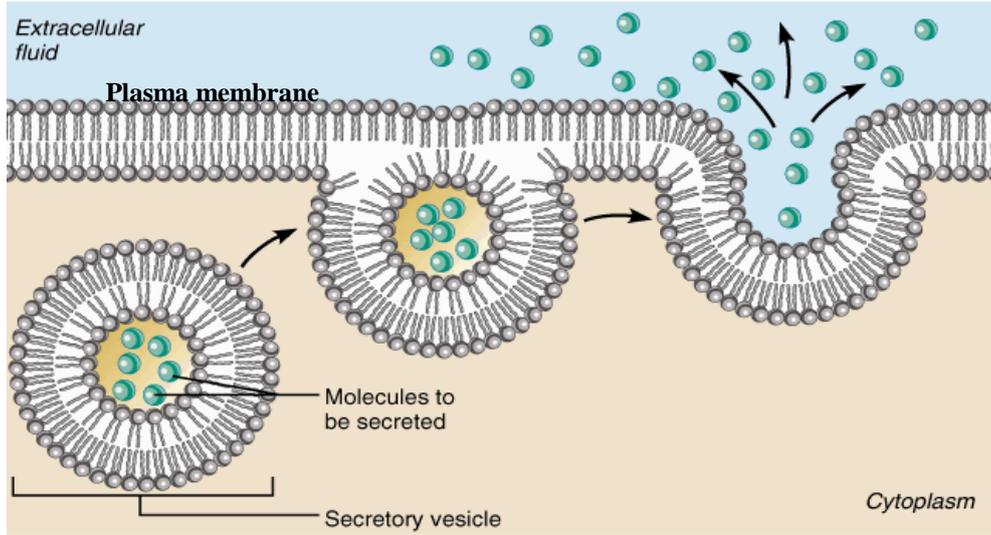
شكل يوضح عملية الادخال الخلوي

٢. الاكل (الالتهام) الخلوي Phagocytosis :- يشبه الارتشاف الخلوي الا انه يتضمن ابتلاع مواد معينة بكميات اكبر بكثير مما في الارتشاف الخلوي لذلك كالتهام الاميبا لكائنات مجهرية كاملة ووضعها في فجوات تعرف بالفجوات الغذائية ويتم ذلك بتكوين اقدام كاذبة تلتف بالتدرج حول الكائن وتحيط به احاطة تامة وبألية مماثلة لتلتهم خلايا الدم البيض المئات من البكتريا .



شكل يوضح عملية الالتهام الخلوي Phagocytosis

الايخراج الخلوي Exocytosis :- وهي عملية نقل كميات كبيرة من المواد من داخل الخلية الى خارج الخلية وذلك عن طريق احاطة المواد بحويصلات ثم اتحاد الحويصلات مع الغشاء البلازمي لافراغ محتوياتها وهي عملية معاكسة للادخال الخلوي ، ومن العضيات التي تعمل على الاخراج الخلوي هي اجسام كولجي والاجسام الحالة. هنالك توازن بين عملية الادخال والايخراج الخلوي و بذلك لا يحصل تغيير شامل في المساحة السطحية الكلية للخلية ، حيث ان عملية الاخراج الخلوي تعيد للغشاء البلازمي الاجزاء التي فقدتها بعملية الادخال الخلوي. يعتبر الافراز secretion من الامثلة على الاخراج الخلوي فعند تلامس حويصلة افرازية للغشاء البلازمي تمتزج الدهون لكلا الغشائين فتتكون صفيحة مشتركة يلي ذلك طرح محتويات الحويصلة الى خارج الخلية.



شكل يوضح مراحل عملية الاخراج الخلوي

اتصال خلية بخلية Cell to Cell Junction :-

تكون الخلايا منفصلة عن بعضها البعض بمسافات تبلغ سمك وحده غشائية واحده او اكثر قليلا ، تكون تلك المسافات مملوءه بماده متبلورة من نوع السكريات المتعدده المخاطيه Mycopolysaccharides التي تحتوي على تركيز عالي من ايونات الكالسيوم تعمل هذه الماده على لصق الخلايا المتجاوره مع بعضها البعض بطرق مختلفة :-

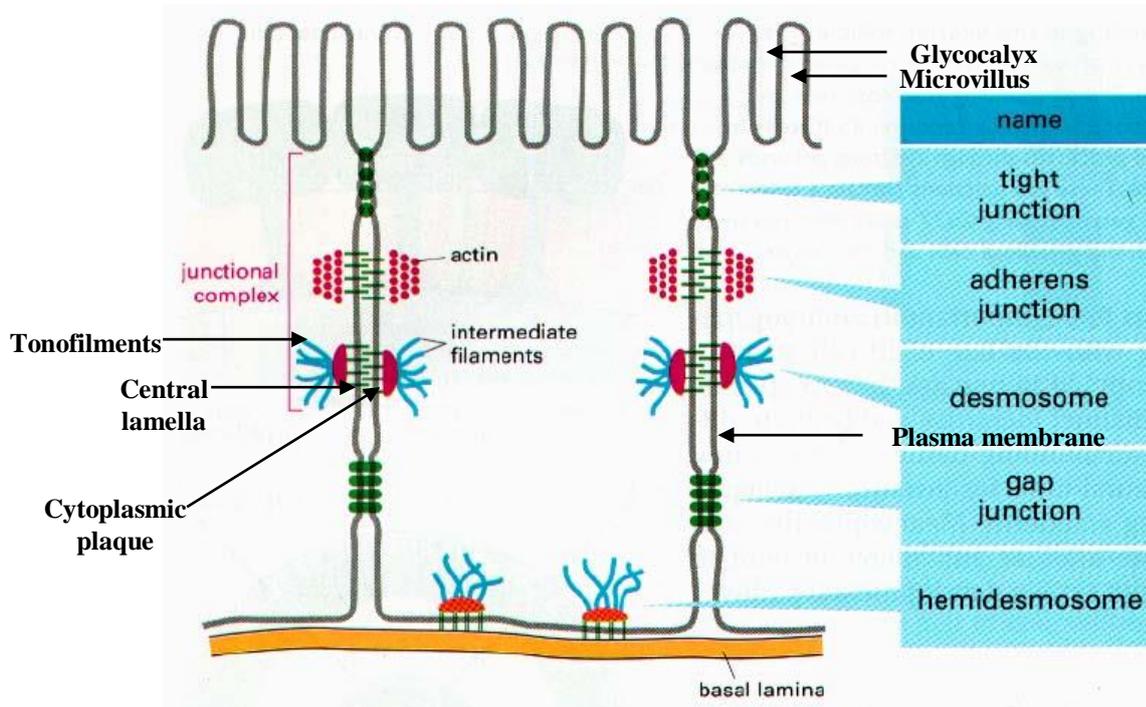
• الاتصالات المحكمة Tight Junctions .

• الاتصالات المتوسطة Intermediate Junctions .

• الدسموسومات البقعية Spot Desmosomes .

• الاتصالات الممرية (الفجوية) Gap Junctions .

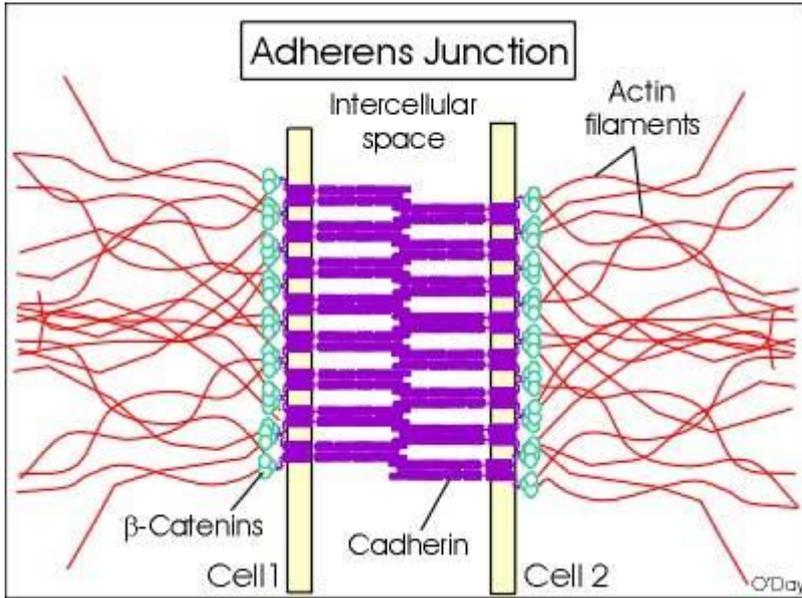
توجد هذه الاتصالات الاربعة في الاغشية البلازمية المتجاورة للخلايا الطلائية. وفي بعض الانسجة النباتية يستمر الغشاء الخلوي لاي خلية مع الخلايا المجاورة وتتصل الاغشية مع بعضها البعض من خلال فتحات في الجدار الخلوي تسمى **Plasmodesmata**



شكل يوضح انواع الاتصالات الاربعة بين خليتين طلائيتين

١. **الاتصالات المحكمة Tight Junctions** :- في هذا النوع من الاتصالات يتحد النصف الخارجي لغشاء احد الخلايا مع النصف الخارجي لغشاء الخلية المجاورة بنقطة واحدة او اكثر وينتج عن ذلك الاتحاد صفيحة مشتركة وتشير دراسات المجهر الالكتروني الى ان الاتحاد يحصل بين دقائق الاغشية المتجاورة ويعتقد انه يتم بين البروتينات الغشائية البينية ، حيث ان كل خلية تساهم بصف واحد من الدقائق تعرف هذه الصفوف باشرطة الاحكام **Sealing strands** ، يمكن تمثيل اشربة الاحكام بنصفي سحاب حيث يعمل بطريقة مشابهة لها وتشكل منطقة **الاتصالات المحكمة** حزاما حول الخلية **تلعب هذه الاتصالات دورا في تنظيم النفاذية في الخلايا الطلائية.**

٢. **الاتصالات المتوسطة Intermediate Junctions** :- تعرف ايضا Adherens Junction و الدسموسومات الحزامية Belt desmosomes وهي احزمة مكونة من خيوط



الاكتين ذات القابلية التقلصية ، تكون هذه الخيوط منضغطة على الاسطح السايئوبلازمية للاغشية المتجاورة وقد تتشابك مع نسيج اخر من الخيوط يمتد الى الزغيبات الدقيقة وهي بذلك تعمل كمواقع لتثبيت الترايب الخيطية بالخلية. **ان فقدان وظيفة الاتصالات المتوسطة يقود الى تغييرات ورمية مما يسبب سرطان المعدة.**

شكل يوضح الاتصالات المتوسطة

٣. **الدموسومات البقعية Spot Desmosomes**:- وهي عبارة عن نقاط اتصال متميزه تشبه الازرار تنتشر على الاسطح الغشائية للخلايا المتجاورة وهي شائعة في الجلد وفي تلك المناطق تبلغ المسافة بين الاغشية البلازمية للخليتين المتجاورتين حوالي ٣٠٠ انكستروم. يحتوي الفراغ بين الخليتين حزمة كثيفة مركزية تعرف بالصفحة المركزية **central lamella** ويكون السايوتوبلازم القريب من الغشاء في تلك المنطقة ضيقا وبراقا تعقبه حزمة كثيفة تعرف بالسداد السايوتوبلازمي **cytoplasmic plaque** تنشأ من السداد السايوتوبلازمي خيوط دقيقة



tonofilaments تتوزع هذه الخيوط الدقيقة بصورة شعاعية في السايوتوبلازم ليحدث اتصال مع دمسوسومات بقعية اخرى. تعتبر الدموسومات البقعية اقوى مناطق الاتصال بين الخلايا المتجاورة كما تعمل كمواقع لتثبيت التراكيب الخيطية. **ان فقدان هذه الاتصالات بين الخلايا الطلائية المتجاورة يسبب blistering وهي تكون فقاعات مولمة في الجلد تشبهه الفقاعة الناتجة من الحرائق او الحكة الشديدة.**

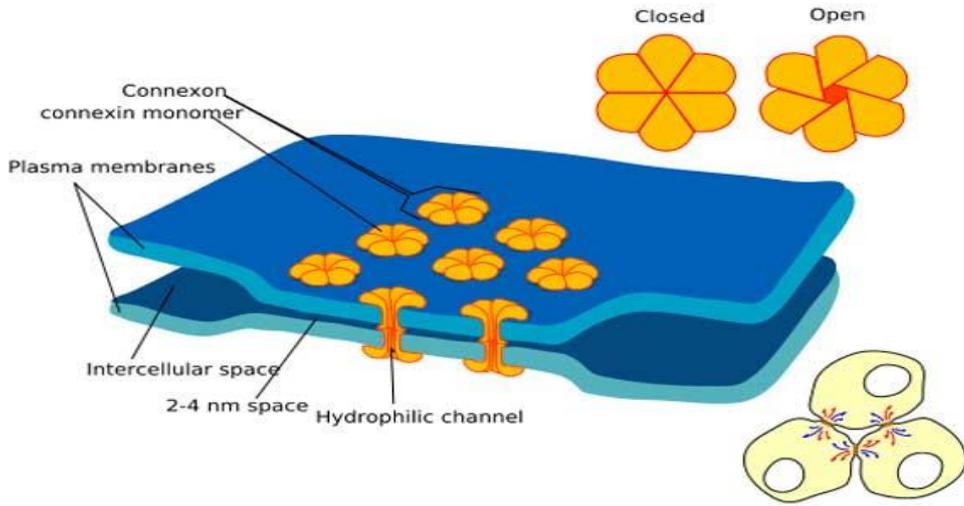
شكل يوضح الادمسومات البقعية spot desmosome

٤. **الاتصالات الممرية Gap Junctions او Connexin**:- وهي موجوده في الفقرات Vertebrate حيث تكون الاغشية البلازمية للخلايا المتجاورة منفصلة عن بعضها بمسافة ٣٠-٤٠ انكستروم تخترقها تراكيب شبيهه بالاسطوانات تعرف بالكونيكسون connexin تمتد من السطح السايوتوبلازمي لغشاء بلازمي الى السطح السايوتوبلازمي لغشاء بلازمي لخلية مجاورة. يتكون كل كونيكسون من ست وحدات ثانوية بروتينية تكون كل واحدة منها على شكل قضيب يطوله ٧٥ انكستروم و قطره ٢٥ انكستروم. ان المحور الطولي لا يوازي الكونيكسون وانما يميل عنه بزاوية قليلة وهذا الميل يسبب تغير في حجم القناة المتكونه وسط الكونيكسون . فعندما تفتح القضبان تتكون قناة يصل قطرها ٢٠ انكستروم تقريبا ، تكون هذه القناة محبة للماء تسمح لانواع مختلفة من الجزيئات كالايونات والحوامض الامينية والسكريات والنيوكليوتيدات والفيتامينات وبعض الهرمونات بالمرور خلالها. عند دوران القضبان تنغلق القناة وبذلك يعاق مرور المواد بين

الخليتين المتجاورتين . وبسبب جريان الايونات خلال الوحدات الثانوية الستة للكونيكسون فان الاتصالات الممرية تسمح بتغير في جهد الغشاء لكي ينتقل من خلية الى اخرى.

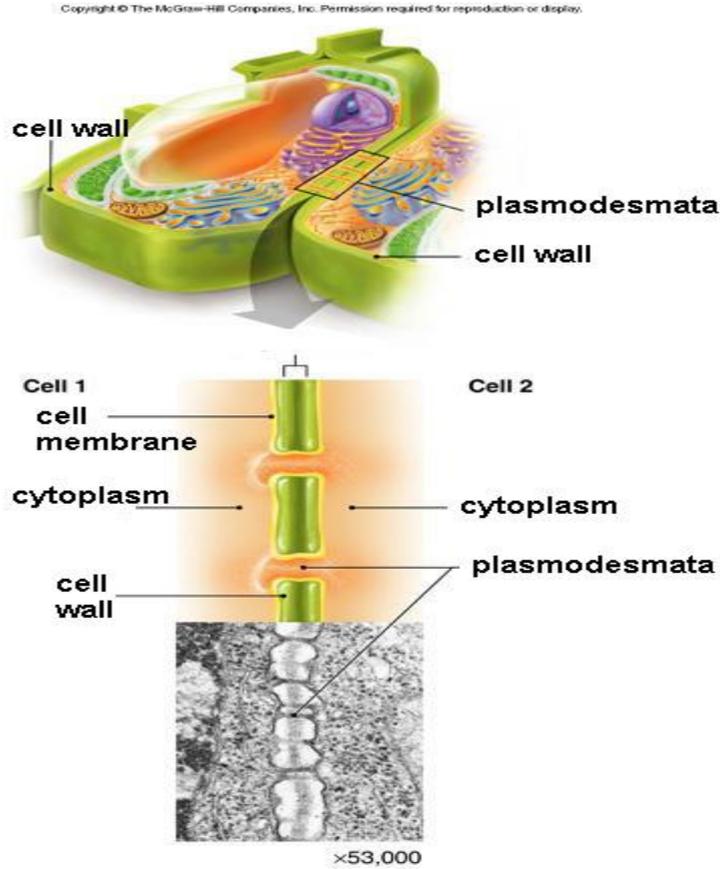
ان فعل الجهد في عضلات القلب يجري من خلية الى اخرى خلال القلب مما يسبب خفقان القلب ، والتقلصات التي تؤدي الى الولادة تحدث بسبب الاتصالات الممرية بين خلايا العضلات الناعمة للرحم. وهذا يعني ان الاتصالات الممرية مسؤولة عن عمليات فيزيائية كتنظيم تغيير القطبية الخلايا العضلية والتطور الملائم والمناسب للرحم **ولهذا فان حدوث طفرات وراثية**

لجين connexin يسبب ولادات غير طبيعية.



شكل يوضح الاتصالات الممرية Gap Junctions

٥ . **القنوات الساييتوبلازمية (البلاسمودسمات) Plasmodesmata :-** يتصل ساييتوبلازم الخلايا المتجاورة في النسيج النباتي عن طريق قنوات ضيقة متعددة تخترق جدران الخلايا المجاورة تعرف هذه القنوات بالبلاسمودسمات مفردتها بلاسمودسمة Plasmodesma تنشأ البلاسمودسمات من امتدادات خارجية للأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة تكون البلاسمودسمات اكبر بكثير من قنوات الاتصالات الممرية ويتم عن طريقها تبادل مباشر للمواد بين الخلايا النباتية المتجاورة.



شكل يوضح الاتصالات من نوع بلاسموديومات في الخلايا النباتية (للاطلاع)

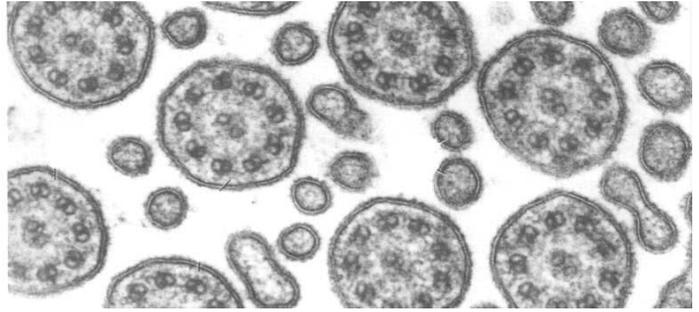
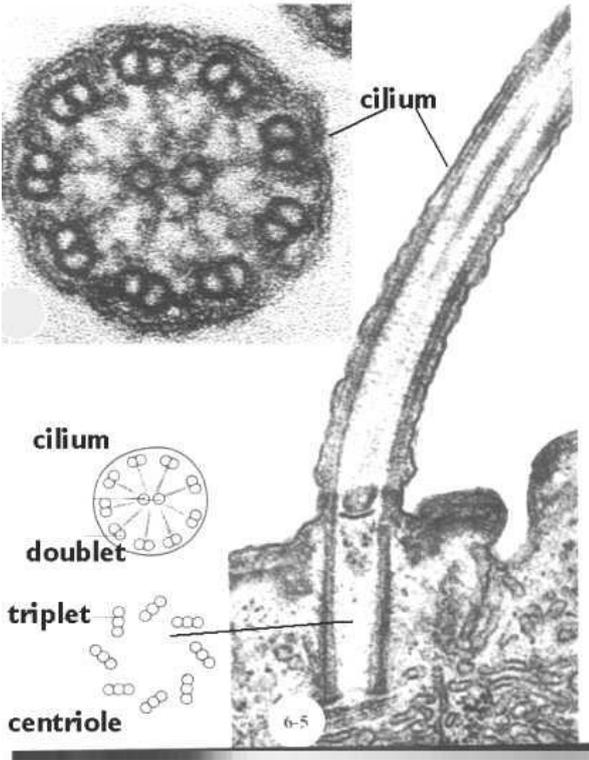
Other specialization of the plasma الغشاء البلازمي

:- membrane

١. الزغيبات الدقيقة Microvilli :- تتحور الاغشية البلازمية للسطح العلوي لبعض الخلايا كالخلايا الطلائية المبطنه للأمعاء لتشكل انطواءات خارجية متعددة تشبه الاصابع تعرف بالزغيبات الدقيقة Microvilli وتعمل هذه الزغيبات الدقيقة على زيادة المساحة السطحية للغشاء وغالبا مايشار اليها بحافة الفرشاة brush border. تحتوي الزغيبات الدقيقة حزما من خيوط الاكتين (٢٠-٣٠ خيطا في كل حزمة) تنغمر خيوط الاكتين في الغشاء البلازمي للزغيبية وفي الشبكة الطرفية terminal web الواقعة كصفحة اسفل الزغيبات الدقيقة عند النهاية الاخرى. وحسب الحالة الفسلجية للخلية فالزغيبات الدقيقة تنسحب باتجاه الخلية او تمتد خارجها ويعتقد ان حركة الزغيبات تكون نتيجة تداخلات بين بعض من خيوط الاكتين للزغيبية والميوسين للنسيج النهائي.

٢. التجاعيد السطحية surface ruffles او الاقدام الصفيحية lamellipodia :- تنشأ من الغشاء البلازمي لعدة خلايا وهي عبارة عن تجاعيد خفيفة متموجة ويعتبر هذا النوع من التخصص للغشاء البلازمي من الصفات المميزة للخلايا التي تقوم بعملية الادخال الخلوي.

٣. الاهداب cilia والاسواط flagella :- نوع اخر من تخصصات الغشاء البلازمي لبعض الخلايا ، كلاهما عبارة عن امتداد رفيع من سطح الخلية وكلاهما مكون من حلقة من تسعة خيوط محيطية مزدوجة وخطيين وسطيين بالمقطع الطولي. اما المقطع الطولي فان الخيوط تبدو منتهية بصفيحة عرضية كثيفة تعرف بالجسم المركزي basal body في سطح الخلية ، يكون الجسم القاعدي اسطوانيا ومولفا من تسعة خيوط محيطية مزدوجة متصلة مع الخيوط الهدبية ، تختلف الاهداب عن الاسواط من حيث ان الخلية تحتوي اعداد كبيرة من الاولى و اعداد اقل من الثانية.



شكل يوضح مقطع عرضي وطولي في الاسواط و الاهداب (للاطلاع)

جهاز الاعشبية الداخلية - Endomembrane system :-

يعرف بجهاز الاعشبية الداخلية وذلك لوجود اتصالات مستمرة بين الاعشبية الداخلية لخلايا حقيقية النواة ، يحتوي هذا الجهاز على اعشبية مختلفة معلقة في الساييتوبلازم ، حيث تتصل مكونات هذا الجهاز مع بعضها البعض عن طريق قنوات دائمية او متقطعة ، وتعمل هذه الاعشبية على تقسيم الخلية وظيفتها وشكلا الى اقسام او عضيات تشمل الاتي :-

- ١ . الغلاف النووي Nuclear Envelope NE.
- ٢ . الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum ER :-
 - ١ . الشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth Endoplasmic Reticulum.
 - ٢ . الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum.
- ٣ . اجهزة كولجي Golgi Apparatus.
- ٤ . الفجوات Vacuoles.
- ٥ . الحويصلات Vesicles مثل الاجسام الحالة Lysosomes.
- ٦ . الغشاء البلازمي Plasma Membrane.

الغلاف النووي Nuclear Envelope NE :- يعمل على عزل النواة ومحتوياتها عن الساييتوبلازم ، يحتوي على غشائين كل منهما ثنائي اللبيد مشترك مع البروتينات.
الغشاء الاول:- وهو الغشاء النووي الخارجي الذي يكون متلازم مع غشاء الشبكة الاندوبلازمية الخشنة وكلاهما مرتبط بالرايبوسومات.
الغشاء الثاني:- وهو الغشاء الداخلي يتحد مع الغشاء النووي الخارجي ليكون ثقب صغيرة جدا تعرف بالثقوب النووية nuclear pores.

تقوم الثقوب النووية بمهمة تنظيم مرور الجزيئات بين النواة والساييتوبلازم حيث تسمح بمرور قسم منها ولا تسمح بمرور مواد اخرى . الفراغ بين الغشائين يسمى الفسحة النووية المحيطة **perinuclear space** التي ترتبط بحويصلات الشبكة الاندوبلازمية الخشنة. ان شكل الغلاف النووي يتحدد بشبكة وسطية من خيوط بروتينية منتظمة تسمى **nuclear lamina** ترتبط بالكروماتين ، بروتينات الاعشبية الاساسية والمكونات النووية الاخرى على طول السطح الداخلي للنواة. ان شبكة **nuclear lamina** تتحكم بقيادة المواد من داخل النواة الى الثقوب النووية و

كذلك تتحكم في تحديد مواقع الغلاف النووي اثناء الانقسام الخيطي Mitosis واعادته في نهاية عملية الانقسام .

ان الثقوب النووية ذات كفاءة عالية في اختيار المواد التي تسمح بدخولها فال RNA و الوحدات الثانوية الرايوسومية يجب ان تنتقل باستمرار من اصلها النواة الى الساييتوبلازم ، اما الهستونات (بروتينات ترتبط مع DNA عند تكون البروتين) والبروتينات المنظمة للجينات وانزيمات بلمرة DNA و RNA ومواد اخرى يحتاجها الغشاء النووي يجب ان يستمر دفعها من الساييتوبلازم الى النواة . ان الغلاف النووي للثدييات يحتوي على ٣٠٠٠-٤٠٠٠ ثقب ، فعند مضاعفة ال DNA فان الثقب الواحد يسمح بنقل حوالي ١٠٠ جزيئة هستون بالدقيقة.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum ER :-

الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum :- تتكون من اكياس

مسطحة تعرف بالصهاريج cisterna تتصل بالسطوح الخارجية للصهاريج الرايوسومات Ribosomes ، حيث تمثل اغشية الشبكة الاندوبلازمية الخشنة والرايوسومات التركيب الاساسي للجهاز الذي يقوم ببناء وتوزيع البروتينات كالخلايا العنابية البنكرياسية pancreatic acinus . تتكون الاغشية من طورين (جزئين) احدهما المادة الموجودة داخل الصهاريج ويعرف الطور الجوفي Lumennal phase والآخر يتمثل بالمادة المحيطة باغشية الشبكة ويعرف الساييتوسول Cytosol او الهيالوبلازم hyaloplasme .

الشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth Endoplasmic Reticulum :-

على الرغم من ان الشبكة الاندوبلازمية الملساء تشكل نظاما مستمرا مع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة الا انها مختلفتان شكليا. ففي خلايا الكبد تبدو الشبكة الناعمة مكونة من عناصر انبوية تظهر كأنها تبدأ من اطراف صهاريج الشبكة الاندوبلازمية الخشنة. تمتد العناصر الانبوية لمسافات واسعة في الساييتوبلازم لتشكل شبكة انبوية عشوائية ، تفتقر الشبكة الاندوبلازمية الملساء الى الرايوسومات ، وتوجد بكثرة في مناطق الساييتوبلازم الغنية بالكلايوجين.

وظائف الشبكة الاندوبلازمية :-

١. الدعم الميكانيكي Mechanical Support :- توفر الدعم الميكانيكي للساييتوبلازم .
٢. التبادل Exchange :- يحصل تبادل بين الاغشية الاندوبلازمية وبين الساييتوبلازم وتمتلك الاغشية الاندوبلازمية صفات ازموزية.

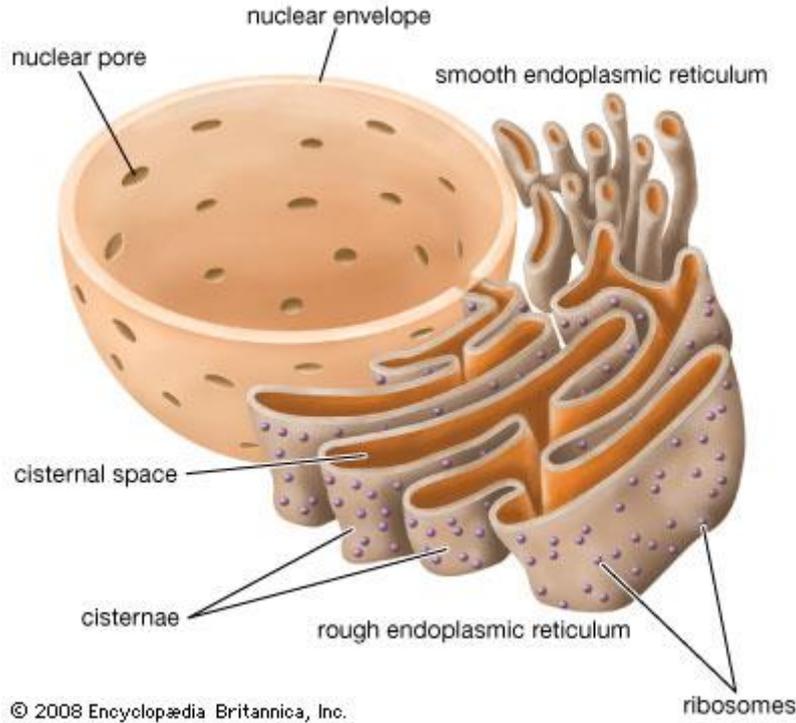
٣. **التدرجات الايونية Ionic Gradients** :- حيث يحصل جهد ايوني او كهربائي عبر الاغشية الخلوية .

٤. **بناء البروتينات Synthesis of Protein** :- ان الرايبوسومات تعمل على بناء البروتينات مثل الهيموغلوبين والبروتينات الليفية لاتتشارك الشبكة الاندوبلازمية في بناء هذه البروتينات ، تصبغ الشبكة فعالة في بناء بروتينات المصل وبروتينات التروبركولاجين وحببيات الافراز حيث يتم بناء البروتينات في الرايبوسومات ثم تنتقل الى جوف الشبكة ثم جهازكولجي ثم الغشاء البلازمي ثم تصديرها خارج الخلية.

٥. **ازالة السموم Detoxification** :- يتم ازالة بعض انواع السموم مثل مسببات السرطان ، مبيدات الاعشاب وبعض انواع الادوية .

٦. **تحلل الكلايكوجين Lyses of Glycogen** :- ان وظيفة الشبكة الاندوبلازمية هي تحليل الكلايكوجين حيث ان انزيم كلوكوز-٦- فوسفاتاز ينغمر في الشبكة الاندوبلازمية الملساء و يعمل على ازالة الفوسفات من الكلوكوز-٦- فوسفات الناتج من تكسر الكلايكوجين في الارضية السائتوبلازمية ونتيجة لذلك يتحرر الكلوكوز الى جوف الشبكة وينتقل عن طريق الجهاز الفجوي السائتوبلازمي الى مجرى الدم.

Endoplasmic reticulum



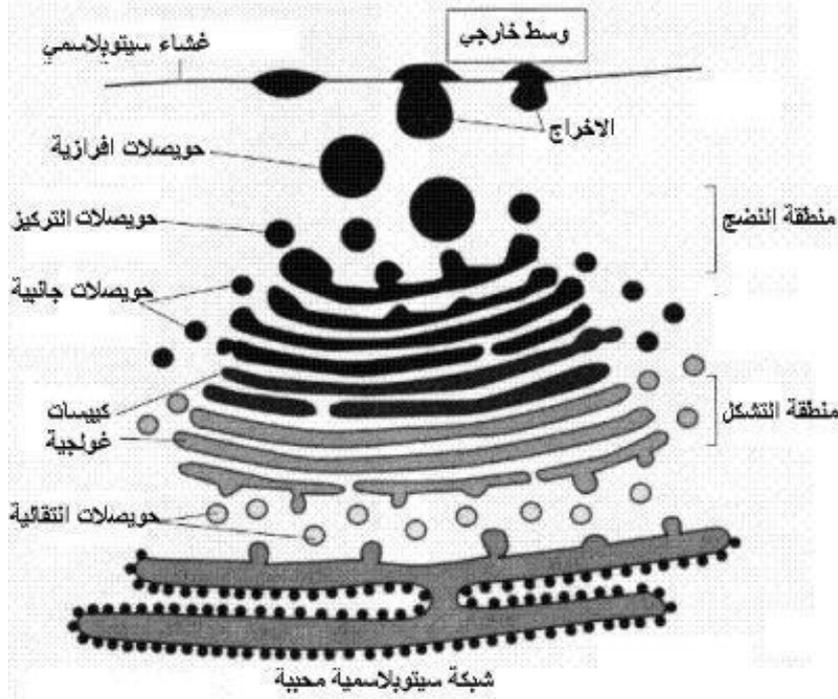
شكل توضيحي للشبكة الاندوبلازمية

جهاز كولجي Golgi apparatus :- يسمى باجسام كولجي نسبة للعالم الذي اكتشفه كولجي ، وهو جهاز شبكي داخلي وتختلف اجسام كولجي في التنظيم في الانسجة والخلايا المختلفة ، يتكون من اكياس مسطحة بيضوية تعرف بالصهاريج cisternae وتحاط الصهاريج للجزء العلوي و السفلي لجهاز كولجي بحويصلات وتراكيب انبوية . يتراوح عدد الصهاريج في جهاز كولجي لمعظم الخلايا ٣ -٧ اما في الطحالب يكون عددها ١٠-٢٠ صهريج في الجهاز الواحد . تكون حواف كل صهريج مقوس قليلا ويكون المظهر الكامل للجهاز كوبي الشكل ، حيث يعرف الصهريج عند النهاية المحدبة للجهاز بالوجه الناشئ forming face (cis face) ويعرف الصهريج عند النهاية المقعرة للجهاز بالوجه الناضج maturing face (trans face). الحويصلات الصغيرة القريبة من الوجه الناشئ تتحد معه وتسهم في اضافة تركيب جديد له . تترتب اوجه اجسام كولجي بنظام خاص يختلف باختلاف الخلايا ، ففي الخلايا الافرازية يقع الوجه الناشئ بالقرب من النواة او جزء متخصص من الشبكة الاندوبلازمية خالي من الرايبوسومات يعرف بالشبكة الاندوبلازمية الانتقالية في حين يتجه الوجه الناضج نحو الغشاء البلازمي ويعتقد بان مصدر الحويصلات الصغيرة التي تتحد مع الوجه الناشئ لجهاز كولجي

يكون من غلاف النواة والشبكة الاندوبلازمية الملساء. اما الحويصلات الكبيرة فتنتشأ من الوجه الناضج وتعرف بالحويصلات الافرازية التي تتحد فيما بعد بالغشاء البلازمي . تكون الصهاريج ملساء غير مغطاه بالرابطوسومات كما ان المنطقة السائتوبلازمية التي تحيط بالجهاز تكون خالية من الرابطوسومات وهذا يشير الى عدم حصول بناء للبروتينات في هذا الجهاز. تنفصل اغشبية الصهاريج عن بعضها بمسافة تتراوح بين ٥٠٠-١٠٠٠ نانوميتر ويكون جوف الصهريج مملوء بمكونات حبيبية . يختلف حجم وعدد اجسام كولجي حسب انواع الخلايا و نشاطها الايضي و الوظيفة الاساسية لجهاز كولجي هي الافراز.

وظائف جهاز كولجي:-

١. الافراز **Secretion** :- تلعب اجهزة كولجي دور اساسي بعملية الافراز في معظم الخلايا ويمكن ايضاح ذلك من خلال التجربة التي قام بها كل من العالمان كارو و بالاد عام ١٩٦٤ اللذان اوضحا من خلالها دور اجهزة كولجي في افراز حبيبات الزايموجين zymogen granules من الخلايا العنابية Acinar cells للبنكرياس تتلخص التجربة بحقن الفئران بحامض اميني مشع ، حيث وجد ان هذا الحامض الاميني يتركز بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة حيث يتم صنع البروتين وبعد فترة ثلاث دقائق اضيف حامض اميني غير مشع وبعد انتهاء المدة (٢٠ دقيقة) وجد بعض الاشعاع بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة الا ان معظمه كان قد انتقل الى جهاز كولجي وباستمرار اضافة الحامض الاميني غير المشع لفترة (١٠٠ دقيقة اخرى) والتي اصبحت المدة النهائية ١٢٠ دقيقة ، وجد ان معظم الاشعاع انتقل من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة وجهاز كولجي وتركز بحبيبات الزايموجين الموجوده خارج الخلايا . يتضح من التجربة ان بناء البروتينات المفرزه يتم بواسطة الرابطوسومات المتصلة بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة ثم تنتقل هذه البروتينات من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة الى صهاريج كولجي ومنها الى الحويصلات الافرازية التي تندمج مع الغشاء البلازمي وتفرغ محتوياتها من حبيبات الزايموجين خارج الخلية .



وظيفة جهاز كولجي الافرازية

٢. تكاثر الاعشبية الخلية :- اضافة الى دور اجهزة كولجي في الافراز فهي تلعب دورا في تهيئة البروتينات الخاصة بالغشاء البلازمي وبعضيات الخلية كالأجسام الحالة بما في ذلك البروتينات الذائبة والبروتينات الغشائية.

٣. تكوين الصفيحة الخلية وجدار الخلية في الانسجة النباتية:- تتكون الصفيحة الوسطى cell plate وهيكل جدار الخلية خلال الطورين الانفصالي والنهائي من الانقسام الخلوي في الخلية النباتية وخلال هذين الطورين تنفصل الكرموسومات عن بعضها وتتجه نحو قطبي الخلية المتعاكسين يترسب البكتين وانصاف السليلوز ببطء بين كتلتي الكرموسومات المنفصلين ونتيجة لهذه الترسبات تتكون الصفيحة الخلية في مركز الخلية التي تنمو وتتصل بالجدران الجانبية وبذلك ينقسم البروتوبلاست الى قسمين وتتكون خليتين جديدتين ، تحتوي حويصلات جهاز كولجي على الكاربوهيدرات التي تدخل في تكون الصفيحة الخلية وجدار الخلية.

٤. تكشف الجسم القمي في خلية النطف .

٥. **التحولات الغشائية:-** تعتبر التحولات الغشائية من مهام جهاز كولجي وتتضمن هذه الوظيفة تحويل المكونات الغشائية التي تم بنائها بواسطة الشبكة الاندوبلازمية وجعلها ملائمة للغشاء البلازمي لكي تندمج معه.

منشأ الجهاز الفجوي السائتوبلازمي :-

الشبكة الاندوبلازمية قد تنشأ من غلاف النواة ، كما ان غلاف النواة قد ينشأ من حويصلات الشبكة الاندوبلازمية خلال طور تكوين الخلايا البنوية من الانقسام المايوتوزي .
اما جهاز كولجي فينشأ من الحويصلات المشتقة من الغشاء الخارجي لغلاف النواة و الشبكة الاندوبلازمية.

الاجسام الحالة Lysosomes :- وهي عضيات سائتوبلازمية حاوية على انزيمات هاضمة ، تعد الاجسام الحالة من العضيات الخلوية متباينة الخواص حيث تتباين في حجمها ومظهرها لذلك يصعب تشخيصها ، ان احدى الخصائص المهمة للاجسام الحالة هي استقرارها داخل الخلية الحية حيث تكون انزيماتها محاطة بغشاء ومعزولة بواسطة عن مواد تفاعلها المتوفرة في سائتوبلازم الخلية .

الاجسام الحالة وظاهرة تعدد الاشكال:-

توجد الاجسام الحالة باشكال مختلفة في الخلايا المختلفة وحتى في الخلية الواحدة وعلى الرغم من تعدد اشكالها فانها تتميز كاجسام الحالة على اساس محتواها العالي من انزيم الفوسفاتيز الحامضي، وعلى ضوء التفسيرات الحديثة فان تعدد الاشكال يحدث نتيجة تلازم الاجسام الحالة الاولية مع مواد اخرى التهمت من قبل الخلية باحدى وسائل عملية الادخال الخلوي .

اشكال الاجسام الحالة في الخلية الواحد :-

- ١ . الاجسام الحالة الاولية Primary lysosomes .
- ٢ . الاجسام الحالة الثانوية Secondary Lysosomes .
- ٣ . الاجسام المتخلفة Residual bodies .
- ٤ . فجوات الهضم الذاتي Autophagic vauoles .

الاجسام الحالة الاولية Primary lysosomes :- تسمى بالاجسام الحالة الابتدائية

protolysosomes او الخازنة storage وهي عبارة عن عضيات محاطة بغشاء مفرد متباينة في حجمها وبمحتواها الانزيمي وانزيماتها الهاضمة لم تاخذ دورها في عملية التحلل المائي.

الاجسام الحالة الثانوية Secondary Lysosomes :- وتسمى ايضا فجوات الانتقام الخلوي المتباينة Heterophagosomes او تسمى بالفجوات الهاضمة Digestive vacuoles ينشأ هذا النوع من اتحاد الاجسام الحالة الاولية مع فجوات سايتوبلازمية حاوية على مواد خلوية جلبت الى الخلية عن طريق احدى طرق الادخال الخلوي ويعقب عملية الاتحاد عمل الانزيمات على هضم المواد غير الخلوية الموجودة داخل فجوات الانتقام الخلوي وتؤدي عملية الهضم الى تكوين مواد ذات وزن جزيئي واطى يمكن ان تمر من خلال غشاء الاجسام الحالة باحدى وسائل النقل كالانتشار البسيط او الميسر او النقل الفعال لتستقر في سايتوبلازم الخلية.

الاجسام المتخلفة Residual bodies :- وتسمى الاجسام الحالة النهائية Telolysosomes او الاجسام الكثيفة Dense bodies وتنشأ نتيجة حصول عملية هضم غير كامل في الاجسام الحالة الثانوية السابقة. ففي بعض الخلايا كالاميبيا والابتدائيات يتم التخلص من الاجسام المتخلفة المتكونة عن طريق عملية الابرارز وقد تبقى في انواع اخرى من الخلايا في داخلها لفترة طويلة من الزمن.

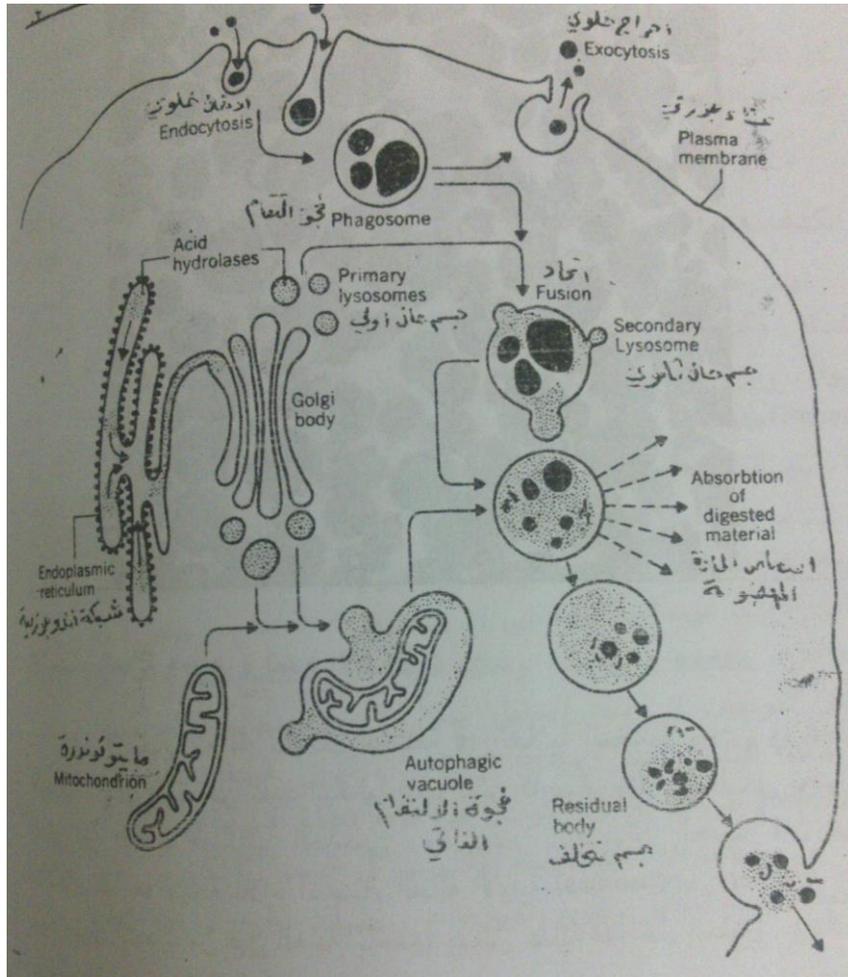
فجوات الهضم الذاتي Autophagic vauoles :- تسمى ايضا الاجسام الخلوية الحالة Cytolysosomes او فجوات الانتقام الخلوي الذاتية Autophagosomes تعتبر عملية الهضم الذاتي للعضيات الخلوية حالة طبيعية خلال عملية نمو الخلية والاصلاح وتكون ضرورية في حالة تمييز الانسجة وموتها وفي الانسجة الواقعة تحت ضغط شديد. تعتبر عملية تكوين فجوات الهضم الذاتي مهمة في حالة الاتهام الداخلي للذنب كما في البرمائيات او اثناء عملية تعديل العظام بشكلها النهائي.

منشأ الاجسام الحالة :- كان يعتقد ان جهاز كولجي هو مصدر نشوئها اما المفهوم الاخر عن نشوء الاجسام الحالة فانها تنشأ من توسعات الشبكة الاندوبلازمية الخشنة لتنفصل فيما بعد الى حويصلات حاوية على انزيمات التحلل المائي مكونة الاجسام الحالة الاولية. وللتوفيق بين هذه النتائج فقد اقترح ان معقد كولجي يساهم في تكوين الاجسام الحالة الاولية في الخلايا الغنية بالشبكة الاندوبلازمية الملساء بينما تتكون الاجسام الحالة الاولية من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة في الخلايا التي يسودها هذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية.

وظائف الاجسام الحالة :-

١. التغذية عن طريق الدور الهضمي في خلايا الحيوانات الابتدائية وخلايا الحيوانات الراقية.

٢. التغذية عن طريق الالتهام الخلوي الذاتي خلال الظروف البيئية غير الملائمة.
٣. تحلل العضيات خلال التمايز الخلوي والانسلاخ.
٤. تحطيم خلايا الدم الحمر القديمة والخلايا الميتة.
٥. الدفاع ضد البكتريا والفايروسات عن طريق الخلايا البلعومية الدائرة.
٦. تحليل الجلطات الدموية.
٧. تقرن الجلد Keratinization .
٨. افراز الانزيمات الحالة Hydrolases انزيمات التحلل المائي .
٩. هضم المح خلال النمو الجنيني.
١٠. اعادة الامتصاص في الكلية والمثانة البولية.



شكل يوضح الاشكال الوظيفية الاربعة للاجسام الحالة

الاجسام الدقيقة Microbodies :- وهي عضيات خلوية تمتلك فعالية انزيمات الاكسدة Oxidase ، بيروكسيديس Peroxidases او الكتاليز Catalase وتكون هذه العضيات صغيرة وبيضوية وتحتوي تختلف من حيث الشكل و المظهر والوظيفة من نسيج الى اخر ومن نوع الى اخر من الكائنات الحية. وهناك نوعين من الاجسام الدقيقة توجد في الخلايا النباتية والحيوانية والاحياء المجهرية وهي البيروكسيسومات Peroxisomes والكلايوكسيسومات

Glyoxysomes.

البيروكسيسومات :- وهي اجسام كروية او بيضوية الشكل يتراوح قطرها بين ٠,٥-١,٥ ميكروميتر محاطة بغشاء مفرد تكون محتوياتها حبيبية تتكثف في المركز مكونة لبا متجانسا غير شفاف ليشكل جسم بلوري ، تحتوي على انزيمات Urate oxidase الذي يساهم في عملية الهدم ، حيث وجد هذا الانزيم في كبد وكلى الطيور والبرمائيات وانزيم D-amino acid oxidase وانزيم Hydroxy acid . ان وظيفة البيروكسيسومات غير واضحة في الخلايا الحيوانية اما في الخلايا النباتية وخلايا الابدائيات **تلعب دورا في عملية تكوين الكلايوجين Glyconeogenesis** ، ولها علاقة مع البلاستيدات في عملية البناء الضوئي ، وفي المساعدة على حماية صبغات عملية البناء الضوئي من التحطم في الضوء القوي ، تعمل على بناء الحامض الاميني كلايسين ، التخلص من الطاقة الفائضة ، لها دور في هدم البيورينات . اما منشائها يعتقد ان البيروكسيسومات تنشأ من الشبكة الاندوبلازمية .

الكلايوكسيسومات :- تحتوي على انزيمات دورة الكلايوكسيليت Glyoxylate cycle اما عن وظيفتها فانها تلعب دور اساسي في تحويل الدهون المخزونة في البذور الزيتية الى **كاربوهيدرات خلال الانبات** ، اما منشأ هذه الاجسام يعتقد انها تنشأ من امتدادات خارجية للشبكة الاندوبلازمية او من انشطار او تبرعم العضيات الموجوده اصلا في الخلية.

السفيروسومات Spherosomes :- تكون بشكل تجمعات غير متجانسة من الاجسام الموجودة في السايوتوبلازم وهي كروية الشكل توجد هذه العضيات في الخلايا النباتية وتكون من اكثر الاعضاء وضوحا في السايوتوبلازم . تنشأ السفيروسومات من الشبكة الاندوبلازمية وتساهم هذه العضيات في التحلل المائي داخل الخلية. ان محتوى السفيروسومات من انزيمات التحلل المائي قد يشير الى وجود علاقة بين هذه العضيات والاجسام الحالة.

النبيبات الدقيقة Microtubules :- وهي عضيات بروتينية توجد في معظم الخلايا حقيقية النواة ، تكون هذه العضيات اما بشكل فردي او مجاميع ، و تتكون من وحدات ثانوية متجمعة بشكل تراكيب طويلة انبوبية اسطوانية غير متفرعة و مجوفة . وهي ذات قابلية سريعة على الاستطالة والقصر وذلك بسبب قدرتها على تجميع وتفكيك وحداتها الثانوية البروتينية المفردة المتكونة من التيوبولين Tubuline ، تكون النبيبات الدقيقة حساسة للبرودة والضغط المائي و بعض المركبات الكيماوية مثل الكولجسين والفنلاستين .

تواجدها:- توجد في ارضية السائتوبلازم وهي مسؤولة عن بناء تراكيب معقدة كمغزل الانقسام Mitotic spindle والاهداب Cilia والاسواط flagella والجسم المركزي centriole والليف العصبي axonems والنبيبات العصبية neurotubules وغيرها. وتدخل في تحديد شكل الخلية وحركتها وهي تكون ملازمة لبعض العضيات المسؤولة عن الحركة والمغزل وتعتبر النبيبات الدقيقة من المكونات الدائمة في السائتوبلازم المحيطي للعديد من الخلايا والتخصصات السطحية لبعض انواع الابتدائيات لكنها مفقودة في بعض الخلايا كالاميبيا والفطريات الهلامية.

وظائف النبيبات الدقيقة Function of Microtubules :-

١. الوظائف الميكانيكية Mechanical functions :- وتشمل :-

وظيفة الهيكل الخلوي Cytoskeleton : تبطن النبيبات الدقيقة غشاء الخلية وتمتد موازية له و بالتالي اعطاء الشكل النهائي للخلية واعادة توزيع مكوناتها الخلوية واكسابها الصلابة الكافية كما في الخلايا العصبية فمحاور الخلايا العصبية تحتوي اعداد كبيرة من هذه التراكيب المسماة بالنبيبات الدقيقة العصبية التي تشترك في استطالة المحور العصبي.

ووظيفة تخليق الهيئة اوالنشوء الشكلي Morphogenesis :- تلعب دورا في تحديد الشكل العام للخلية خلال اطوار تكشفها مثلا استطالة الخلايا اثناء عملية تكون عدسة العين وفي الخلايا النباتية تعمل على ترسيب الليفيات الدقيقة للسيليلوز في جدران الخلايا المتجاورة.

٢. الحركة Motility :- تلعب دورا في مختلف الخلايا المالكة لعضيات الحركة كالاسواط والاهداب.

٣. النقل Transport :- مسؤولة عن عملية انتقال المواد الداخلية بين الخلايا وتعد وسيلة نقل للجزيئات الكبيرة كما في الاقدام الكاذبة والحويصلات .

٤. قطبية الخلية Cellular polarity :- تكون مسؤولة عن حركة الاستقطاب وتوزيع بعض العضيات.

٥. **حركات الوثب (القفز) Saltatory movement** :- وتشمل حركات الازاحة السريعة للجزيئات العالقة و درست هذه الحركات في الطحالب حيث يعتقد ان النبيبات الدقيقة تشترك بالحركة الوثبية.

٦. **الانتقالات الحسية (نقل الايعازات العصبية Sensory Transduction)** :- تتواجد النبيبات الدقيقة في محاور الخلايا العصبية بشكل حزم ضمن المستقبلات العصبية Nennroreceptor.

٧. **التقلص Contraction** :- للنبيبات الدقيقة دور مباشر في تكوين المغزل وحركة الكروموسومات خلال الانقسام الاعتيادي و دور غير مباشر في الحركة كحركة الاهداب والاسواط حيث تحدث الحركة نتيجة قابليتها التقلصية .

منشأ النبيبات الدقيقة Microtubules Origin :- تنشأ ذاتيا و ذلك من خلال تجميع جزيئاتها المفردة البروتينية بشكل مبرمج وليس عشوائي .

و من التراكيب الخلوية التي تكون النبيبات الدقيقة مسؤولة عن تكوينها ما يأتي :-

الجسم المركزي Centriole :- جسم حبيبي صغير يمكن تمييزه من خلال سلوكه وحجمه الصغير وموقعه في الخلية ويمكن تمييز تركيبه الدقيق بالمجهر الضوئي . وهو مماثل بالتركيب للجسم القاعدي للهدب و السوط ، يظهر الجسم المركزي كجسم صغير اسطواني الشكل وتكون هذه الاسطوانة مفتوحة الطرفين الا في حالة حملها للهدب وتسمى في هذه الحالة الجسم القاعدي.

وظائف الجسم المركزي Centriolar function :-

١ . تكوين الهدب او السوط عند حلوله محل الجسم القاعدي .
٢ . تكوين جهاز المغزل في الانقسام الاعتيادي والاختزالي ، حيث تعتبر النبيبات الدقيقة من المكونات الاساسية لمغزل الانقسام .

الجسم القاعدي Basal Body :- يماثل الجسم القاعدي الجسم المركزي بتركيبه الدقيق وفي بعض الاحيان يهاجر الاخير الى سطح الخلية لينشئ الاهداب والاسواط فهو يمثل بذلك الجسم القاعدي او يحل محله.

يعتبر الجسم القاعدي مركزا لنشوء الاهداب والاسواط في حقيقة النواة ويصنف تركيبه تحت نظام (٢+٩) اي توجد مجاميع التسعة الثنائية محيطية و مركزه نبيبتين مفردتين موجوده في مركز الهدب و السوط.

يحتل هذا الجسم موقعا تحت الغشاء البلازمي للخلية حيث ينشئ الاهداب والاسواط نتيجة تجمع الجزيئات المفردة لبروتين التيوبوليتين من الطرف البعيد عن الجسم المركزي في حين يشغل طرفه البعيد تركيب يشبه المرساة ويتكون هذا التركيب من للييفات دقيقة تدعى بالجزير الهدبي وتأخذ شكل حزمة مخروطية الشكل وتمتد حتى النواة مما يزيد من تثبيت الهدب او السوط او الجسم القاعدي للخلية.

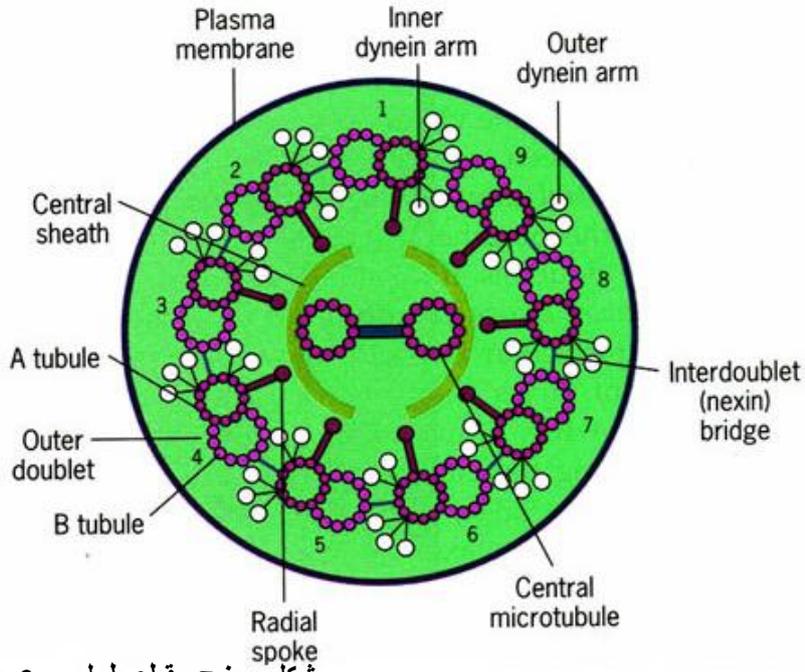
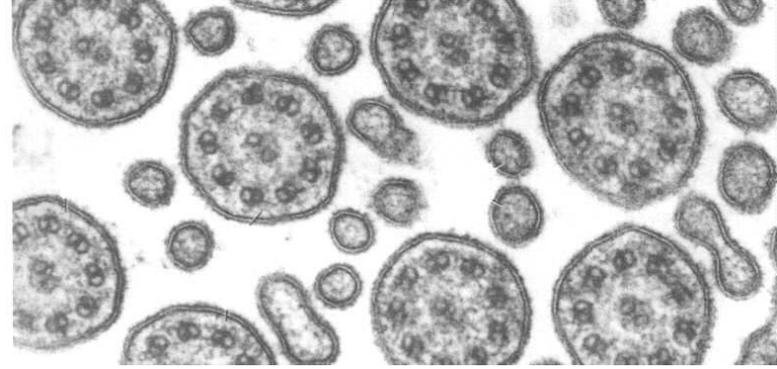
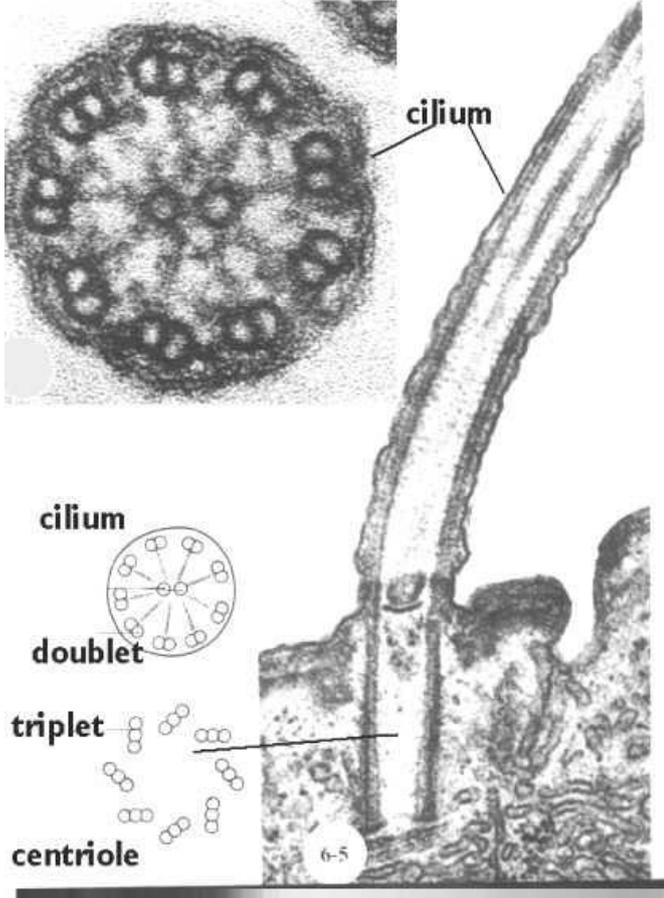
الاهداب والاسواط Cilia and Flagella :- تعتبر الاسواط والاهداب امتداد للخلية وهي تنشأ من سطحها الخارجي ممتدة الى محيطها حيث تدفع الخلية الى الامام او الخلف . تنشأ الاهداب والاسواط من الجسم القاعدي فهي تمتلك نظام التسعة للنبيبات الدقيقة (٩+٢) ولو قطعت الاهداب والاسواط فان نبيبات دقيقة واغلفة سوف تنشأ لاعادة تكوين الهدب او السوط الجديد من الجسم المركزي او القاعدي. وفي حالة تحطم الجسم المركزي فسوف تتفسخ الاهداب و لا يتكون بديل عنها ما لم يحل جسم مركزي جديد محله. ان تركيب الاهداب والاسواط في الخلايا حقيقة النواة يتالف من ثلاث اجزاء رئيسية:-

١. المحور الوسطي axoneme ويكون شبه صلب يمتد من الجسم القاعدي عبر المحور الطولي للهدب ويحاط بالغشاء البلازمي للخلية مع بعض السائتوبلازم.

٢. المحور القطري او الدولابي Radial spokes .

٣. الجسور الداخلية بين الثنائيات Interdoublet link.

تتخذ النبيبات الدقيقة النظام المعروف (٩+٢) ففي وسط المحور تظهر نبيبتان دقيقتان تمران على طول خط الهدب ومرتبطتان مع بعضهما بواسطة جسر، ان البروزين المحيطين بالنبيبتين المركزيتين الدقيقتين والمتواجدين على طول الاسطوانة تمثلان الغمد المركزي central sheath تتالف كل نبيبة مركزية من ١٣ خيط بروتيني و تحيط المجاميع التسعة الثنائية A و B الغمد المركزي. وان النبيبة A من المجاميع التسعة المحيطية مكونة من ١٣ خيط بروتيني اما النبيبة B فغير كاملة ومكونه من ١١ خيط. تتواجد المحاور الدولابية Radial spokes بشكل منتظم على طول المحور الهدبي من كل نبيبة A من المجاميع الثنائية الى الداخل باتجاه المركز و يكون رأس كل من المحاور الدولابية منتفخا. ويتصل كل زوج من النبيبات الثنائية للمجاميع التسعة المتجاورة مع بعضها بجسور داخلية. ان هذه الجسور Interdoublet link تتواجد بصورة غير منتظمة على طول محور الهدب ، حيث تبرز من النبيبة كذراعين باتجاه عقرب الساعة من مادة بروتينية هي انزيم الداينين يكون اتجاه الذراع الاول الى الخارج بشكل معكوف اما الثاني فيكون متجها الى الداخل.



شكل يوضح مقطع طولي وعرضي في الاسواط و الاهداب

الصفحة المركزية :- يختلف انشطار الخلية النباتية عن الحيوانية حيث تقوم بعملية بناء غشاء و جدار خلوي جديد يشطر البروتوبلازم الى خليتين بنويتين جديدتين ، تتكون في منطقة قريبة من مركز الخلية وتنمو خارجا باتجاه جدرانها الجانبية ويمكن رؤيتها في نهاية الطور الانفصالي وبداية الطور النهائي ، حيث تظهر مادة كثيفة تترتب عشوائيا في منطقة استواء المغزل للصفحة الاستوائية في بادئ الامر، ثم تتكون عناقيد من النسيببات الدقيقة موزعة بصورة عمودية على الصفحة الجديدة بالاشتراك مع المادة الكثيفة. مع مرور الوقت تصبح اكثر تنسيقا وترتبا على مستوى الانقسام محدد الموقع الذي سوف يحتله الجدار الخلوي الجديد.

الخيوط الدقيقة Microfilaments :- عبارة عن اشربة بروتينية نحيفة متطولة غير متفرعة وتكون عادة بشكل حزم او مجاميع بروتينية وقد توجد بشكل خيوط حلزونية مزدوجة في العضلات وضمن الحشوة السائتوبلازمية لخلايا حقيقية النواة ويعتبر الاكتين من البروتينات الداخلة ضمن تركيب الخيوط الدقيقة بشكله الجزئي الكروي.

منشأ الخيوط الدقيقة :- تعتبر ذات منشأ ذاتي كما هو الحال في النبيبات الدقيقة حيث تتجمع الوحدات المفردة من البروتين في السائتوبلازم تلقائيا مكونه ببلمرتها التركيب الفريد المعروف بالخيوط الدقيقة.

وظائف الخيوط الدقيقة:-

١. انقسام السائتوبلازم.
٢. حركة الغشاء البلازمي.
٣. حركة دوران السائتوبلازم.
٤. الحركة الاميبية.
٥. التقلص العضلي.
٦. تدخل في النمو الخارجي للخلايا العصبية وحركة الزغيبات المعوية و البلعمة.

النواة :- وصفت النواة من قبل العالم روبرت براون عام ١٨٣٥ على انها تركيب ثابت لكل الخلايا النباتية والحيوانية وتمثل الوحدة الاساسية للتركيب والبناء والوظيفة في الكائن الحي.

المظهر العام لنواة الطور البيني:- جسم كروي او بيضوي وقد تظهر بشكل متطاول او مغزلي في الخلايا العضلية او تكون باشكال غير منتظمة كما هو الحال في كريات الدم البيض ، وقد تكون تغير اشكالها لاسباب مرضية او في خلايا الحيوان المسنة لاسباب فسلجية حيث تكون مشوهه ذات بروزات اصبعية بسبب زيادة المساحة السطحية . وجد الباحثون ان هناك علاقة بين عدد الكروموسومات وحجم النواة فحجم النواة يتناسب وبشكل ثابت مع حجم السائتوبلازم ويعبر عن ذلك بما يعرف بدليل البلازم النووي :

$$\text{حجم النواة} = \text{Nucleoplasmic Index} \\ \text{حجم السائتوبلازم} - \text{حجم النواة}$$

النواة كغيرها من العضيات الخلوية عبارة عن تركيب ديناميكي معرض للتغيير في الشكل والموقع تبعا للنوع والوظيفة والعمر ، تحوي معظم الخلايا نواة واحدة ويشذ عن ذلك بعض انواع الخلايا فقد تكون ثنائية النواة في خلايا الكبد والغضروف وقد تحتوي الخلية عدة انوية يصل عددها الى ١٠٠ نواة مثال ذلك الخلايا الناقضة للعظم والالياف المخططة ونسيج السويداء الابتدائي للبذرة والعفنيات الهلامية وعفن الخبز وبعض انواع الطحالب.

مكونات نواة الطور البيني:- تتميز نواة الطور البيني بمعالم قليلة الوضوح من الناحية التركيبية البنائية فيما عدا النويات Nucleolus ومراكز الاصطباغ chromocenter التي تظهر كاجسام داكنة الصبغة وتكون النوية عادة الاكثر وضوحا . النواة في هذا الطور تكون في اعلى درجات فعاليتها البنائية حيث تشمل فعاليتها عملية استنساخ الجينات Transcription بشكل الحامض النووي المراسل mRNA والحامض النووي الناقل tRNA والحامض النووي الرايبوسومي rRNA بالاضافة الى جمع وتصدير الرايبوسومات وعملية تكرار ومضاعفة واصلاح الحامض النووي DNA .

و التراكيب التي يمكن تمييزها في نواة الطور البيني باستعمال المجهر الضوئي في الخلايا المثبتة والمصبوغة:-

١. الغلاف النووي Nuclear Envelope .
٢. البلازم النووي Nucleoplasm او اللف النووي Karyolymph.
٣. النوية Nucleolus.
٤. مراكز الكروماتين او الكروموسومات Chromatin Center or Chromosomes.

الغلاف النووي Nuclear Envelope :- يعتبر العازل بين نواة الخلية والسائتوبلازم ويوجد فقط في الخلايا حقيقية النواة و يتألف من غشائين مزدوجين يصل سمك الواحد منها ٥-٦ نانوميتر ومعزولين عن بعضهما بفسحة اوحيز اطلق عليه الفسحة النووية المحيطة Perinuclear space وتتراوح بين ١٠-١٥ نانوميتر وتصل احيانا الى ٥٠ نانوميتر في بعض الخلايا. ويتحد الغشاءان مع بعضهما البعض بعده مناطق مكونة مايعرف بالثقوب النووية Nuclear pore. ان وظيفة الثقوب هي التحكم بمرور المواد وحركة الجزيئات اعتمادا على الحجم الجزيئي والطبيعة الكيميائية للمادة.

البلازم النووي Nucleoplasm :- يشمل المواد السائلة البسيطة التركيب التي تتواجد فيها المواد النووية الذائبة وتسمى ايضا العصير النووي Nuclear sap ، يملئ الفراغ النووي وتقع ضمنه الشبكة الكروماتينية التي تضم جزيئات كثيفة من الكروماتين الحقيقي والمتباين ، فالسائل النووي عبارة عن شبكة من لبيفات بروتينية مع نسبة من الحامض النووي RNA.

النوية Nucleolus :- عبارة عن جسم حبيبي كثيف غير محاط بغشاء واقى ضمن النواة ، وجد ان النوية تكون مفقودة او صغيرة في الخلايا التي لاتقوم بتصنيع البروتين مثل خلايا النطف والخلايا العضلية وتكون كبيرة في الخلايا المولدة للبيوض والخلايا العصبية والخلايا الافرازية التي تتميز بفعاليتها في بناء البروتين بصورة دائمة. توجد النوية في جميع الخلايا حقيقية النواة وعددها يختلف من واحدة الى اكثر قد تصل الى ١٠٠ ، تكون النوية ذات تركيب ديناميكي متغير خلال الانقسام وفي الطور البيني ، لاتصطبغ النوية بصبغات الكروموسوم ، تتميز النوية بنموها الجيد في الخلايا النامية والبنائية وتتضخم خلال فترة البناء وتختزل خلال فترة الهدم . تتاثر النوية بتغير القاعدية والحامضية والعقاقير والاشعاعات المؤينة واختلاف درجات الحرارة ، تكون النوية مختلفة الاشكال والاحجام و ان لب النوية يحتوي على جزيئات DNA بالاضافة الى مواد مشتركة بروتينية وحامض نووي RNA.

مراكز الكروماتين Chromocenters :- عبارة خيوط دقيقة ملتفة من الكروماتين تحتل الاجزاء المكثفة من الكروموسومات والتي تظهر وتستمر حتى في الطور البيئي وتدعى اما الكروماتين المتباين Heterochromatin او الكروماتين الكاذب وتتواجد قرب السطح الداخلي لغلاف النواة وحول النوية.

الكروماتين chromatine :- عبارة عن حلزون مزدوج طويل واحد من DNA مضافا اليه نوعين من البروتينات الكروموسومية الهستونات واللاهستونات ، حيث تنتشر اليافه في النواة وتتصل بمناطق عديدة بالطبقة الداخلية للغلاف النووي . تظهر الكروموسومات في الطور التمهيدي وتتميز بتركيبها المعروف والمتكون من DNA وبروتين مشترك اضافة الى RNA. تتشابه الكروموسومات في تركيبها الكيميائي في جميع الكائنات حقيقية النواة ، لكن على الرغم من التشابه فان الكروموسومات هي التي تحدد صفات الكائن الحي وتعرف المادة الكروموسومية بصورة عامة بالكروماتين. ويمكن ملاحظة نوعين من الكروماتين الاول يسمى بالكروماتين الحقيقي Euchromatina ويمثل اغلب كروماتين الكروموسوم ويتميز ببقائه في حالة غير مكثفة اي مشتته ، اما النوع الثاني من الكروماتين فيدعى بالكروماتين المتباين Heterochromatin.

جدول يبين الفرق بين الكروماتين الحقيقي والكروماتين المتباين

الكروماتين الحقيقي	الكروماتين المتباين
يمثل اغلبية كروماتين الكروموسوم	يوجد في حالة تماس مع النوية ويقابل منطقة تنظيم النوية ، تظهر مناطق الكروماتين المتباين خلال الانقسام الخلوي واقعة في منطقة القطعة المركزية او القطع الطرفية
لا يظهر في الطور البيئي تحت المجهر الضوئي	يمكن مشاهدته طول فترة حياة الخلية
معظم الجينات للكائنات حقيقية النواة تقع ضمن الكروماتين الحقيقي	يكون غير فعال وراثيا لحد كبير
يكون غير مكثف اي مشتت ويكون اقل من ٣٠٠ انكستروم قطرا	يكون مكثف دائما قطره اكثر من ٣٠٠ انكستروم

بروتينات الكروموسوم :- وتكون على نوعين :-

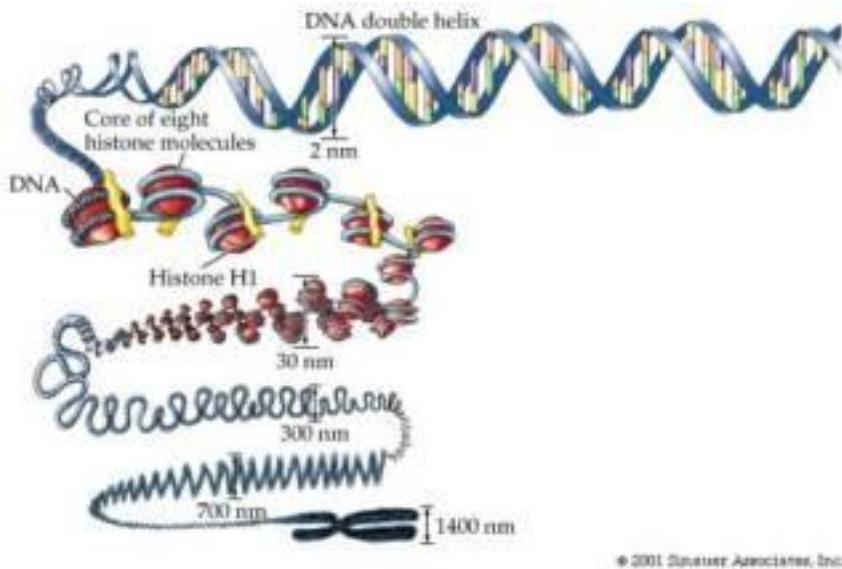
١. **الهستونات Histones :-** وهي بروتينات قاعدية تحتوي اعداد كبيرة من الشحنات الموجبة نظرا لاحتوائها على الحامضين الامينيين اللايسين والارجنين . هناك ٥ انواع من الهستونات اعتمادا على نسبة احتوائهما على الحامضين الامينيين الارجنين واللايسين . يطلق على مجموعة الارجنين الغني بالهستون الثالث H3 والرابع H4 ، اما مجموعة اللايسين وهي

الاقل غنى فهي مجموعة H2A و H2B اما اللايسين الغني فيطلق عليه الهستون الاول H1
اضافة الى ان هناك انواع اخرى ثانوية من الهستونات. تتواجد الهستونات وال DNA بنسب
متساوية وان اي خلل يحدث في عملية التضاعف ال DNA يؤدي الى حدوث خلل في بناء
الهستونات والعكس صحيح .

٢. **اللاهستونات Nonhistones**:- تتواجد مع ال DNA ويصعب عزلها اضافة الى انها
تعتبر اقل تلازما من الهستونات يضم هذا النوع من البروتينات ما لا يقل عن ٢٠ نوع رئيسيا
اضافة الى مئات الانواع من البروتينات الثانوية. تعتبر اللاهستونات حامضية وواسعة
الانتشار ولكن نسبتها الى DNA متغيرة وغير ثابتة ، وعلى العموم الخلايا الحاوية على
العديد من الجينات وذات فعالية وتأثير بعمليات الاستنساخ تكون متميزة باحتوائها على نسب
اكبر من البروتينات اللاهستونية.

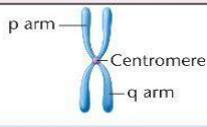
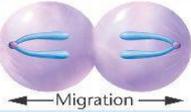
النيوكليوسوم Neucleosomes:- تتكون من بروتين الهستون و DNA وتتخذ شكل الخرز المرتبة
على خيط المسبحة وتمثل اوطا مستويات تنظيم الكروماتيدة وتتصل النيوكليوسومة باواصر مع
مجموعة ثانية من النيوكليوسوم بحدود ٣٠-٦٠ زوجا من القواعد DNA وبذلك تشكل المظهر الخيطي
الذي يشبه المسبحة.

الكروموميرات chromomeres:- عبارة عن اجسام صغيرة من انتفاخات كروماتينية تشبه خرز
المسبحة مرتبة بشكل خطي على طول الكروموميرة وان عددها وحجمها وموقعها يكون ثابت. وان
احسن طور تظهر فيه هو الطور القلادي من الدور التمهيدي للانقسام الاختزالي الاول او الطور
الازدواجي .



الكروموسومات Chromosomes:- اطلقت كلمة كروموسوم من قبل العالم Waldeyer عام ١٨٨٠ فالكروموسوم يمثل احدى مكونات النواة الاساسية والمتميز بتنظيم خاص ووظيفة خاصة وله القابلية على التكاثر ذاتيا. يتغير شكل الكروموسوم خلال الانقسامات الاعتيادية والاختزالية وخلال الطور البييني وانسب مرحلة لدراسة الهيئة الكروموسومية هي في الطورين الاستوائي والانفصالي من الانقسام الخيطي حيث يظهر الكروموسوم شبه اسطواني . يتالف كل كروموسوم من ذراعين واحد على كل طرف من اطراف التخصر وتعتبر صفة التخصر (القطعة المركزية Centromere) صفة يتميز بها كروموسوم ما عن الاخر ضمن المجموعة الكروموسومية الواحدة . وقد قسمت الكروموسومات الى اربعة انواع على هذا الاساس هي كالآتي :-

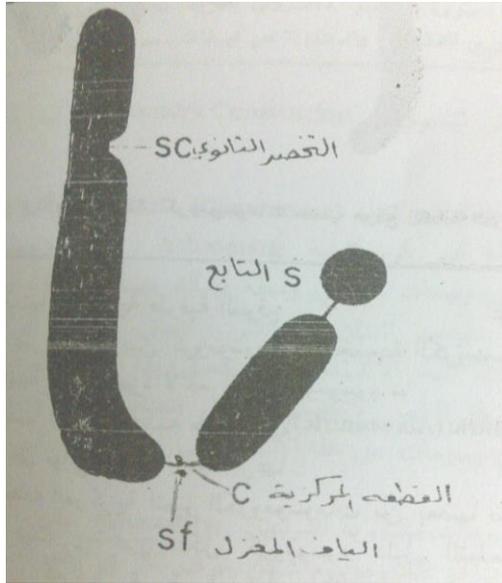
١. كروموسومات وسطية السنتروميتر **metacentric** :- تكون القطعة المركزية وسطية الموقع فيأخذ الكروموسوم شكل حرف V في الطور الانفصالي.
٢. كروموسومات تحت وسطية السنتروميتر **submetacentric** :- يكون احد الذراعين اطول من الاخر فيتخذ الكروموسوم شكل حرف J لان القطعة المركزية تكون غير وسطية الموقع.
٣. كروموسومات نهائية السنتروميتر **Telocentric** :- تكون القطعة المركزية نهائية الموقع بحيث يتم فقدان الاذرع الكروموسومية العلوية .
٤. كروموسومات طرفية السنتروميتر **subtelocentric** :- تكون حاوية على توابع في قمة احد اذرعها.

Centromere location	Designation	Metaphase shape	Anaphase shape
Middle	Metacentric		
Between middle and end	Submetacentric		
Close to end	Acrocentric		
At end	Telocentric		

الانواع الاربعة لهيئة الكروموسومات حسب موقع القطعة المركزية (للاطلاع)

توجد الكروموسومات بهيئة أزواج واحدة من الام والآخر من الاب ، يتمثل كل منهما بالشكل والحجم ويتقابلان اثناء الانقسام الخيطي الجسمي و كذلك الحال في الانقسام الاختزالي ويطلق عليها الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosome ويختلفان بصفاتهما عن الأزواج الأخرى في المجموعة.

كل نوع من الاحياء يمتلك عدد معين من الكروموسومات في جميع خلاياه الجسمية ونصفها في الخلايا التناسلية مثلا في الانسان ٢٣ زوج ، ذبابة الفاكهه ٤ ، للشعير ٧ ، الفجل ٩ ، البصل ٨ ، الغوريلا ٢٤ زوج وهكذا. وليس هناك علاقة بين عدد الكروموسومات وتطور الكائن الحي . كل كروموسوم يتكون من كروماتيدين شقيقين متصلين مع بعضها بالقطعة المركزية فقط . ويصبح كل كروماتيد كروموسوم عند انقسام القطعة المركزية في الطور الانفصالي.



التركيب المظهري للكروموسوم في حالة التقلص مبينا عليه انواع التخضرات

القطعة المركزية Centromere :- عبارة عن تخضر ينشأ في منطقة الانقباض او التخضر الاولى وتعتبر القطعة المركزية صفة مميزة لكروموسوم ما عن بقية مجموعته ، يرتبط وظيفيا بحركة الكروموسوم اثناء الانقسام الخلوي حيث يتصل بالنيبيات الدقيقة للمغزل فهو يعتبر جزء لا يستغنى عنه الكروموسوم ، فالكروموسومات التي تفتقر للقطعة المركزية تفشل في توجيه نفسها بصورة صحيحة الى منطقة استواء المغزل وعندها تتخلف بالطور الانفصالي وتفقد بالنهاية .

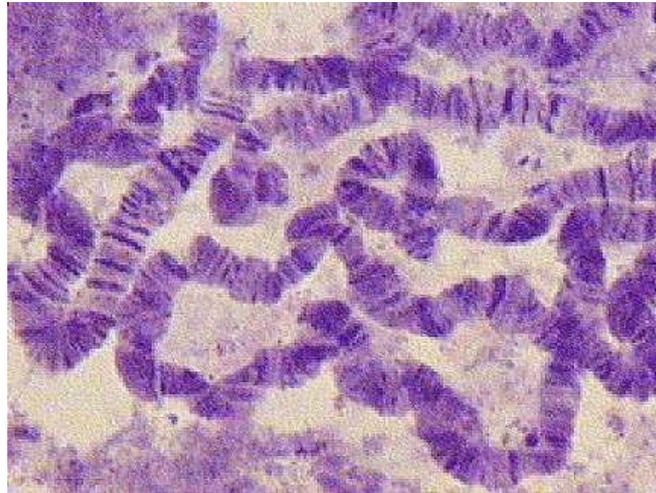
القطعة الطرفية Telomere:- مصطلح يطلق على طرفي الكروموسوم حيث تتميز نهايتي الكروموسوم بقابلية عدم الاندماج او الالتصاق بقطع كروموسومية اخرى ، فلو انكسر احد الكروموسومات بالاشعة السينية ممكن ان يلتئم ثانية لكن لايمكن ان يحدث ذلك عند نهايات الكروموسوم مما يدل على ان نهايات الكروموسوم تمتلك وظيفة خاصة تمنع القطع الاخرى من الاتصال بها.

الكروموسومات الخاصة Special Chromosomes :-

في بعض الخلايا وخاصة في مراحل معينة من دورة حياتها تشاهد انواع من الكروموسومات العملاقة التي تتميز بحجمها الهائل مع زيادة كبيرة في حجم النواة والخلية . تشمل هذه الكروموسومات الخاصة تلك المسماة متعددة الخيوط Polytene والمتواجدة في يرقات حشرات ثنائية الاجنحة خاصة في انسجة الغدة اللعابية وفي الديدان الدموية وكذلك الكروموسومات الفرشائية (اللامبرشية) Lampbrush التي يمكن ملاحظتها في الخلايا المولدة للبيوض في الفقريات واللافقرات والمتميزة بحجمها الكبير .

(١) الكروموسومات العملاقة متعددة الخيوط Polytene chromosomes :-

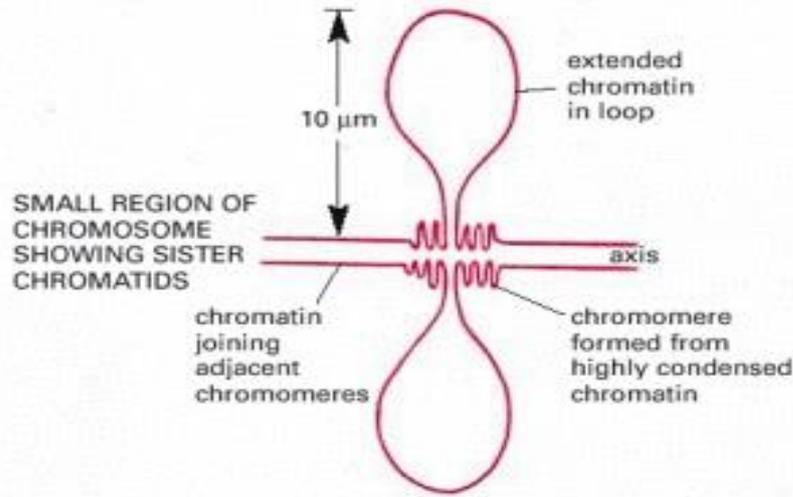
تكون الكروموسومات في خلايا الغدة اللعابية ذات حجم وشكل وتركيب مختلف غريب تماما عن صفات ومزايا الكروموسومات الموجودة في مناطق اخرى من الخلايا الجسمية لنفس الحيوان . تتميز ذبابة الفاكهه باحتواء انويتها على كروموسومات متعددة الخيوط ذات حجم يقدر بحوالي ١٠٠٠ مرة اكبر من الكروموسومات الجسمية الاعتيادية اذ تتضاعف ذاتيا وبصورة مستمرة اكثر من ١٠٠٠ مرة بحيث تصطف اشربتها جنباً الى جنب دون انتقالها الى خلايا جديدة مكونة ما يدعى بالكروموسوم العملاق.



الكروموسومات العملاقة (للاطلاع)

(٢) الكروموسومات الفرشائية (اللامبرشية) Lampbrush chromosomes :-

يظهر هذا الشكل في الادوار الاخيرة للطور التمهيدي الاول من الانقسام الاختزالي الاول وهي مرحلة التضاعف الطولي للكروموسومات diplonema لمرحلة تكوين البيضة في العديد من الفقريات وخاصة البرمائيات وتكون الكروموسومات اكثر طولاً من كروموسومات متعدده الخيوط ، حيث يكون طولها ثلاث مرات اطول من الكروموسوم المتعدد الخيوط . يتالف كل كروموسوم فرشائي من قطعة محور مركزية تتكثف فيها الكروماتيدات بشدة والتي تتالف من سلسلة متصلة او خط من حبيبات او كروموميرات مصطفة جنب بعضها مع ظهور امتدادات او بروزات لولبية مزدوجة للمناطق المكثفة جانبية الموقع .



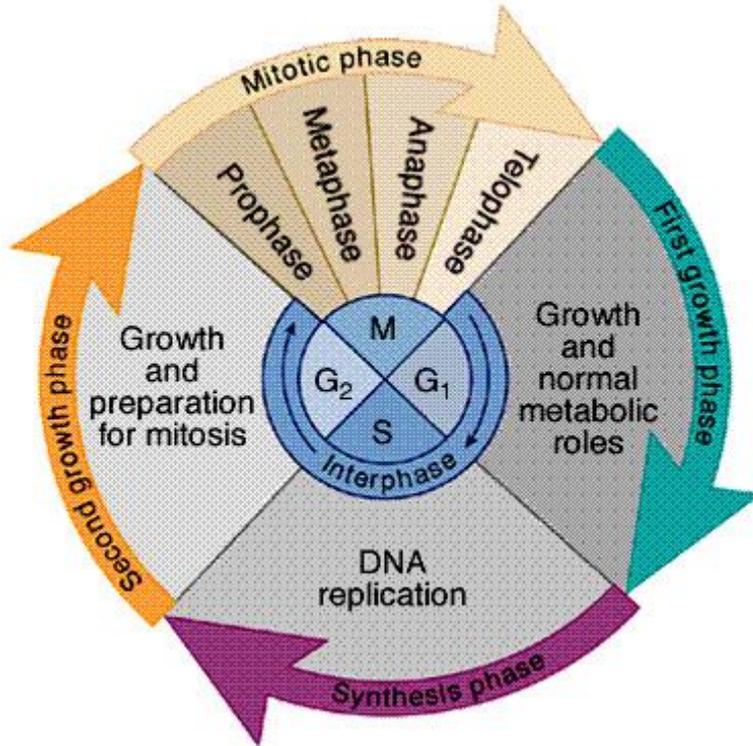
الكروموسومات الفرشائية (اللامبرشية)

(٣) الكروموسومات الثانوية B (B-Chromosomes) :-

يطلق مصطلح الكروموسومات الثانوية او الاضافية لتميزها عن الكروموسومات الاساسية او الجسمية الاعتيادية تتواجد هذه الكروموسومات في العديد من الكائنات الحية النباتية و الحيوانية ، حيث وجدت في النباتات الزهرية فقط ، اما في الحيوان فتتواجد في الحلزون والديدان المسطحة وفي الخنافس وقسم من الحشرات ثنائية الاجنحة ، واكتشفت هذه الكروموسومات لأول مرة في نبات الذرة . تتميز بكونها اصغر حجماً من الكروموسومات الاعتيادية فقد تصل الى حوالي ثلثي حجم اصغر كروموسوم اعتيادي وتكون قطعها المركزية قمية الموقع و يتكون من كروماتين متباين وعليه يكون غير فعال وراثيا اي انه لا يؤثر على الصفات الظاهرية للنبات و الحيوان .

الانقسامات الخلوية

دورة الخلية:- تبدأ الحياة بالتكون عن طريق الانقسام الخلوي للخلية الامية (الاولى) وتنتهي بتكوين خلايا شقيقة جديدة تحمل نفس صفاتها وتوصف هذه الحالة بدورة الخلية او دورة الحياة . وتتألف هذه الدورة من مرحلتين مهمتين هما **الطور البيني Inter phase** ومرحلة **الانقسام الفعلي النشط** **Active mitosis (Dividing phase)** . ان الفعالية الكيميائية الحياتية الاكثر اهمية التي تعانيتها الخلية للتهيئة للانقسام الخلوي الجديد هي بناء او تضاعف ال DNA او بمعنى اخر استنساخه وتعرف بفترة البناء **Synthetic period (S- period)** تسبقها فترة فاصلة اولى (G1) وفترة فاصلة ثانية (G2) وبعد انتهاء الفترة الفاصلة الثانية يبدأ طور الانقسام وتنتج خليتين . تشترك الكروموسومات بثلاث نشاطات خلوية وهي :- ١. الاستنساخ Transcription ونقل المعلومات الى اجزاء الخلية، ٢.التضاعف الذاتي Self duplication ، ٣ . التكثيف و ازالة التكثيف للكروموسومات . **Condensation and de-condensation of chromosomes**



((دورة الخلية The cell cycle))

الطور البيني Inter phase:- في نواة الطور البيني تتوزع الخيوط الكروماتينية الطويلة والنحيفة في الحيز الذي كانت تشغله المحتويات النووية. ان حالة استطالة كروماتين الطور البيني تمثل الوضع المثالي لعمليات الاستنساخ والتكرار وليس الانقسام الى خليتين بنويتين جديدتين . في نهاية هذا الطور يتكثف وينضغط الكروماتين ويصبح اقصر طولاً ويمثل ما يعرف بالكروموسوم المايتوزي.

الانقسام الخيطي الجسمي Mitosis :- يتضمن ظهور الكروموسومات وتضاعفها بانشطارتها طولياً الى جزئين متماثلين وانفصالهما عن بعضهما. لتصل الجينات المطلوبة لنواتين بنويتين جديدتين في الخلايا حقيقية النواة. اما في الخلايا بدائية النواة مثل البكتريا فان تضاعف الكروموسوم الواحد وفصله الى خليتين جديدتين يتم بتكوين او ظهور غشاء بيني يقع بين نقطتي ارتباط كل كروموسوم واخر. ان عملية انتقال نواة الطور البيني الى الانقسام الخيطي الفعلي يحدث عندما تتوفر عوامل محفزة وتحت ظروف محددة. تتضمن عملية الانقسام الخيطي الاعتيادي عدة مراحل او اطوار اساسية هي :-

١. الطور التمهيدي Prophase .

٢. الطور قبل الاستوائي Prometaphase .

٣. الطور الاستوائي Metaphase .

٤. الطور الانفصالي Anaphase .

٥. الطور النهائي Telophase .

١. **الطور التمهيدي Prophase:-** اهم حدث في هذا الطور هو تكوين الكروموسومات الاعتيادية المكثفة المضغوطة والاكثر تغلظاً وذلك لتقلصها في الطول من ناحية وفقدانها للمياه وبذلك تزداد قابلية اصطبغها بالصبغات الكيماوية. لاتعاني الكروموسومات في الطور البيني تغيراً جذرياً وانما تعاني قصراً في طولها و زيادة في سمكها لالتفافها وتكثفها. يبدأ الطور التمهيدي عادة بظهور خيوط نحيفة من الكروماتين داخل النواة ويسبق هذا الحدث ازدياد حجم النواة نتيجة لامتصاص الماء ثم تبدأ الخيوط بالتحلز والالتفاف ويتكون كل كروموسوم من خيطين متحلزين ينضمان الى بعضهما على مدى طولهما يدعيان بالكروماتيدين وتنتج اربعة

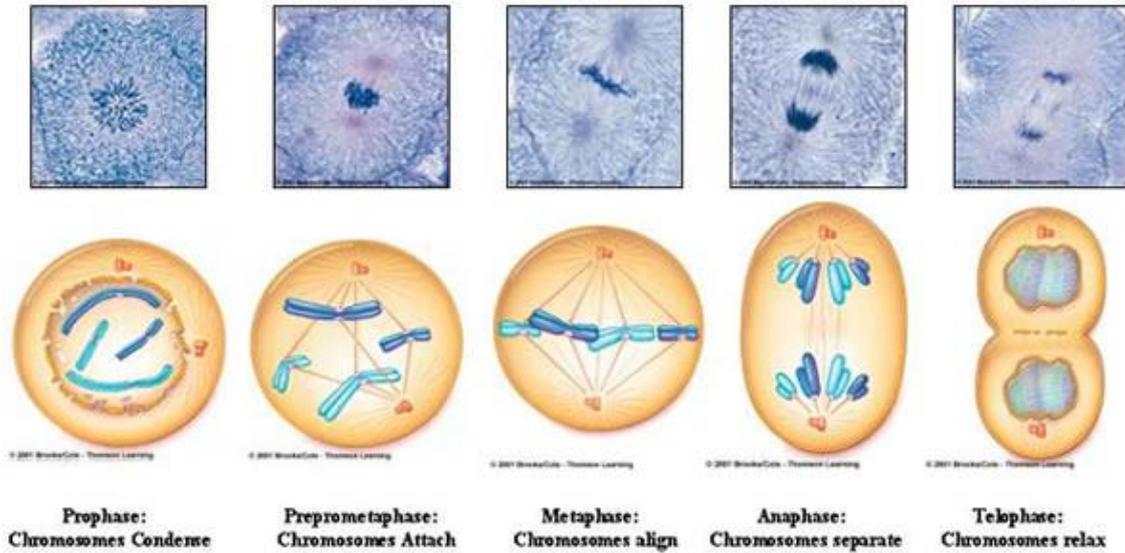
اشرطة تدعى الكروموسومات . تتوزع الكروموسومات بشكل عشوائي ، كلما تقدم الوقت بالطور التمهيدي كلما اصبحت النوية اصغر حجما الى ان تتحلل تدريجيا ثم تختفي بالبلازم النووي بالاضافة الى تمزق الغلاف النووي بعدها تتحرر المادة النووية بسايتوبلازم الخلية. وتصبح هنالك لزوجة في محتويات الخلية وتتكون خيوط المغزل بين الجسمين النجميين .

٢ . الطور قبل الاستوائي Prometaphase :- بعد اختفاء الغلاف النووي واختراقه من قبل الياف المغزل تكون الكروموسومات مبعثرة ، ثم تغزو الياف المغزل المنطقة المركزية . تتألف الياف المغزل من النببيات الدقيقة ، وتضم النببيات مجموعتين الاولى النببيات الكروموسومية والثانية النببيات القطبية او مابين القطبين والتي تأخذ عادة شكل السلة. تتصل الياف المغزل بالقطعة المركزية و تتحرك الكروموسومات نحو استواء الخلية وتنظم شعاعيا بمستوى واحد يدعى بالصفحة الاستوائية . تعاني الكروموسومات تكثفا خلال الطورين التمهيدي وماقبل الاستوائي وتتكون من كروماتيدين متضاعفين ، يتصل كروماتيدي كل كروموسوم مع بعضهما عند القطعة المركزية.

٣ . الطور الاستوائي Metaphase :- تكون الكروموسومات ثابتة ويمكن حساب وتعيين عددها وحجمها في الخلية. في هذا الطور تبقى الكروموسومات منتظمة على الصفحة الوسطى ويتميز سايتوبلازم الخلية بكونه اكثر شفافية واقل لزوجة. يكتمل اختفاء غلاف النواة وتختلط المادة النووية بالمادة السائتوبلازمية وتكون الكروموسومات مبعثرة ثم تترتب بمستوى الصفحة الاستوائية metaphase plate ، تتصل الياف المغزل بالقطعة المركزية بتركيب يعرف بال kinetochore ، و تتألف خيوط المغزل من النببيات الدقيقة وكل ليف يتكون من ٤-١٠ نبيب دقيق وتكون خيوط المغزل اما مرتبطة بالكروموسوم عن طريق القطعة المركزية فتعرف بالالياف الكروموسومية او لاتتصل بالقطعة المركزية فتعرف بالالياف الحرة .

٤ . الطور الانفصالي Anaphase :- يبدأ الطور الانفصالي من لحظة انفصال وابتعاد الكروماتيدين الشقيقين عن بعضهما في منطقة السنترومير . ان حركة الكروموسومات نحو الاقطاب المتعاكسة تحدث ببطئ شديد ، يتخذ الكروموسوم عادة شكل حرف V وبأذرع متساوية في حالة كون قطعه المركزية وسطية الموقع او يتخذ شكل حرف لام (L) فيما لو كانت القطعة المركزية شبه وسطية . خلال هذا الطور تقصر اطوال النببيات الدقيقة للمغزل و يقصر الكروموسوم ويزداد سمكا حتى يصل درجته القصوى في نهاية هذا الطور.

٥. الطور النهائي Telophase:- يتضمن وصول الكروموسومات البنوية الى قطبي الخلية حيث يحصل تفكك وفقدان حلزنة والتفاف الكروموسومات البنوية وانتشارها بصورة تدريجية كذلك تدرج عملية التشريب بالماء مما يسبب ايضا تدرج في فقدان كثافتها من جهة وتقليل اصطبغها بالصبغات من جهة اخرى. وتتميز نهاية هذا الطور بظهور النوية في منطقة تنظيم النوية بالاضافة الى ظهور الغلاف النووي . تصاحب عملية اعادة تكوين نواة الطور البيني عملية انفصال الساييتوبلازم في الخلايا المنقسمة. ففي الخلية الحيوانية يحدث تخرص في استواء المغزل الذي يؤدي الى تقسيم الخلية الى خليتين ، اما في الخلية النباتية فتظهر الصفيحة الخلية Cell plate عند منطقة استواء المغزل ثم تتحول الى صفيحة وسطى middle lamella نتيجة ترسب مادة البكتين وانصاف السكريات من جهازكولجي مكونة الجدار الابتدائي . وخلال الانقسام تتوزع العضيات الموجوده بالخلية بصور متساوية بين الخليتين .



مخطط يوضح الانقسام الخيطي (Mitosis) (للاطلاع)

الانقسام الاختزالي Meiosis:- هو الانقسام الناجم عن تضاعف كروموسومي واحد مصحوب بانقسامين نوويين متتاليين. ان الانقسام الاختزالي هو نوع خاص من الانقسام يحدث في خلايا معينة للكائنات التي تتكاثر جنسيا وفيه يقترن كل انشطار فعلي للقطعة المركزية **Centromere** بانقسامين نوويين متعاقبين ، ففي الانقسام الاول تفترق القطع المركزية المتماثلة مما يؤدي الى اختزال العدد الكروموسومي (2n) الى النصف (1n) وفي الانقسام الثاني تفترق القطع المركزية

اساتذة المادة/ أ.م.د.هنادي سالم أ.م.د.زهراء حسين أ.م.سميرة مؤيد
الشقيقة عن بعضها مما يؤدي الى تكوين اربع نوى او خلايا بنوية تحتوي كل منها نصف العدد
الكروموسومي للخلية الام . يلاحظ في الانقسام الاختزالي حدوث تبادل للقطع الكروموسومية بين
الكروموسومات الابوية والامية المتماثلة مما يترتب عليه تكوين اتحادات جديدة وهذه الحالة تمثل
احد مصادر التباين في الكائنات الحية ، ويختلف موعد الحصول الانقسام الاختزالي خلال دورة
الحياه باختلاف الكائنات الحية وعلى هذا الاساس يمكن تمييز ثلاث مجاميع مهمة :-

١. **الانقسام المشيجي او الاختزالي الطرفي:-** يكون له علاقة بتكوين الامشاج في الحيوانات
الراقية والابتدائيات ويحدث الانقسام بصورة مباشرة قبل تكوين الكميات.
٢. **الانقسام الوسطي او السبوري :-** يلاحظ في النباتات الواطئة والراقية ويحدث بين الاخصاب
وتكوين الامشاج اي في منتصف هذه الفترة.
٣. **الانقسام المبكر:-** يجري في الفطريات والطحالب ويحدث هذا الانقسام مباشرة بعد
الاخصاب.

يعتبر الانقسام الاختزالي اكثر تعقيدا من الانقسام الخيطي الجسمي ويتم على مرحلتين .
يتميز الطور التمهيدي الاول للانقسام الاختزالي الاول بتعقيد وطوله ففي النباتات يستمر حوالي
ساعة ، اما في الحيوان فقد يستغرق ايام او اسابيع وقد يصل الى سنين.

الدور التمهيدي للانقسام الاختزالي الاول Prophase I :- يبدأ بعد الطور البيئي الذي
لايختلف عن الطور البيئي للانقسام الخيطي ، يحصل خلال الطور البيئي تضاعف للمادة
الوراثية وتكون الكروموسومات في اقصى حالات التمدد ويتميز الطور التمهيدي بطوله
وتعقيد فقد تم تقسيمه الى عدة اطوار ثانوية هي:-

١. **الطور القلدي (Leptotene (Leptonema):-** يتميز هذا الطور بظهور الكروموسومات
بصورة تدريجية ، في هذا الطور تستمر عملية التغلظ والتكثف والاستطاله
وتظهر الكروموسومات على شكل خيوط نحيفة وطويلة ومفصولة عن بعضها البعض وبشكل
انفرادي وتظهر على الكروموسومات تراكيب تشبه المسبحة مؤلفة من خرز على شكل قلادة
تدعى الكروميرات **chromomers** . وينتهي هذا الطور عندما تصبح الكروموسومات اكثر
كثافة وتصطف بشكل ازواج ثنائية .

٢. **الطور الازدواجي (Zygotene (Zygonema):-** تبدأ الكروموسومات المتماثلة
homologous chromosome بالاقتراب من بعضها والازدواج على طولها الكلي ويتم
الازدواج نقطة بنقطة وكرومومير بكرومومير وتعرف عملية الازدواج بالاقتران **Synapsis**

اساتذة المادة/ أم.د.هنادي سالم أم.د.زهراء حسين أم.سميرة مؤيد
وتكون عملية الاقتران محكمة وتؤدي الى تكوين معقد جديد يدعى معقد الاقتران
synaptinemal complex . وعن طريق تلك المناطق تحصل عملية العبور **crossing**
over خلال مرحلة متقدمة من الطور التمهيدي . تكون الكروموسومات غير مبعثرة بل منتظمة
ضمن الحيز النووي . هنالك العديد من العوامل التي تؤثر على عملية الاقتران منها درجة الحرارة
ونوعية التغذية وجينات معينة.

٣. **الطور الضام او التغلضي (Pachytene(Pachynema)**:- يمثل اول مرحلة من مراحل
الطور التمهيدي الطويلة جدا فقد يستغرق سنوات ، بينما يستغرق الطورين السابقين بضع
ساعات ، خلال هذا الطور تستمر عملية الحلزنة وتقلص الكروموسوم طويلا فتزداد كثافته
ويصطبغ بلون داكن بحيث يصعب تمييز كروماتيداته الاربعة. كما تبقى الكروموسومات
المتماثلة مع بعضها لارتباطها بمعقد الاقتران وتتخذ الكروماتيدات الاربعة وضعا يؤدي الى
حدوث تقاطع للكروماتيدات غير الشقيقة ويمكن تبادل الجينات وتدعى مناطق التقاطع التصلبات
Chiasmata وتمثل الاساس الطبيعي لعملية العبور الوراثي Crossing over ، تؤدي عملية
العبور الى تبادل القطع بين الكروماتيدات غير الشقيقة وتبدأ عملية العبور في نهاية هذا الطور
وتكتمل في الطور الذي يليه (الطور التنافري) .

٤. **الطور التنافري او الانفراجي (Diplofene (Diplonema)**:- تبدأ الكروماتيدات المتماثلة في
المزدوج الثنائي بالانفصال والتباعد وكانما حلت قوة تنافر بدل قوة التماسك وبالرغم من ابتعاد
الكروموسومات المتماثلة عن بعضها الا انها تبقى مرتبطة في منطقة القطعة المركزية ومناطق
التصلبات الحادثة بين الكروماتيدات الاربعة غير الشقيقة يستغرق هذا الطور وقتا طويلا ويحتل
منتصف الطور التمهيدي الاختزالي الاول ، حيث تتم خلاله جميع الفعاليات الايضية المكثفة ،
وكروموسومات هذا الطور قد تتخذ هيئة لانتواجد في اي طور خلال حياة الخلية وتدعى
الكروموسومات في هذا الطور بالكروموسومات العملاقة (اللامبرشية).

٥. **الطور التشتتي Diakinesis**:- يمثل هذا الطور اخر مراحل الطور التمهيدي الاول وانسب
طور لدراسة ترابط الكروموسومات المزدوجة لان عملية التقلص الطولي للكروموسومات
تقترب الى نهايتها ، تنتشر الكروموسومات في الخلية وتبقى الكروموسومات المتماثلة مزدوجة
متماسكة في مناطق التصلبات وعندما تحاول الكروماتيدات الانفصال عن بعضها فان

اساتذة المادة/ أ.م.د. هنادي سالم أ.م.د. زهراء حسين أ.م. سميرة مؤيد
التصالبات تنزلق على طول الكروماتيدة ، وتدعى هذه العملية بالعبور الانهائي ويصبح كل مزدوج ثنائي يحوي واحد او اثنين من التصالبات. وتتهى الكروموسومات للارتباط بخيوط المغزل وتعود الكروموسومات الى التكتف والتخثر خلال الطور التثنتي . وفي هذا الطور تختفي النوية وينكسر الغلاف النووي ، ثم تتحرك الكروماتيدات الرباعية متوجهة الى الصفيحة الاستوائية كما يبدأ المغزل بالظهور .

الطور الاستوائي الاول Metaphase I:- تترتب الكروموسومات المزدوجة على خط استواء الخلية بحيث تكون القطع المركزية لكل زوج متجهة بصورة متقابلة نحو قطبي الخلية المتعاكسين ، وتصطف القطع المركزية للكروماتيدات الاربعة بشكل متعامد على الياف المغزل وتتصل الياف المغزل لقطب معين بكروماتيدي الكروموسوم عند القطعة المركزية .

الطور الانفصالي الاول Anaphase I:- تنعزل الكروموسومات المتماثلة المزدوجة والمؤلفة من اربعة كروماتيدات عن بعضها ، وتتباع القطع المركزية لكل زوج عن بعضها دون انقسام وتسحب القطعة المركزية الكروموسوم التابع لها والمكون من كروماتيدين شقيقين نحو قطبي الخلية ولعدم وجود تداخل مابين الكروماتيدات الرباعية لمزدوج ثنائي واخر فان الكروموسومات الابوية والامية تنعزل بحرية الى خليتين جديدتين بنويتين .

الطور النهائي الاول Telophase I:- تحدث تغيرات في هذا الطور ايسط مما هو موجود في نظيره في الانقسام الخيطي ، ويختلف هذا الطور عما هو موجود في النوع الثاني من الانقسام الخيطي حيث تحتوي النواتان البنويتان كروموسوم من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة اي اختزال العدد الكروموسومي الى النصف وذلك لعدم انشطار القطعة المركزية في الطور الانفصالي الاول و حدوث تبادل للقطع الكروموسومية بين الكروموسومات الابوية والامية بعملية العبور Crossing over ضمن الطور التمهيدي الاول.

Interkinesis:- وهي مرحلة مابين الانقسام الاختزالي الاول والثاني وغالبا ما تكون هذه المرحلة معدومة او قصيرة جدا ، وتتميز خلايا هذا الطور بكونها احادية المجموعة الكروموسومية . في الغالب يعقب الانقسام الاختزالي الاول انقسام في السايوتوبلازم نفسة فنتكون خليتان ملتصقتان ببعضهما يطلق عليها بالثنائيات كما هو الحال في نباتات ذوات الفلقة الواحده ويدعى هذا النوع بالانقسام المتعاقب وقد لاينقسم السايوتوبلازم الا في نهاية الانقسام الاختزالي الثاني كما هو الحال بالنسبة لنباتات ذوات الفلقتين فيدعى هذا النوع بالانقسام الأني.

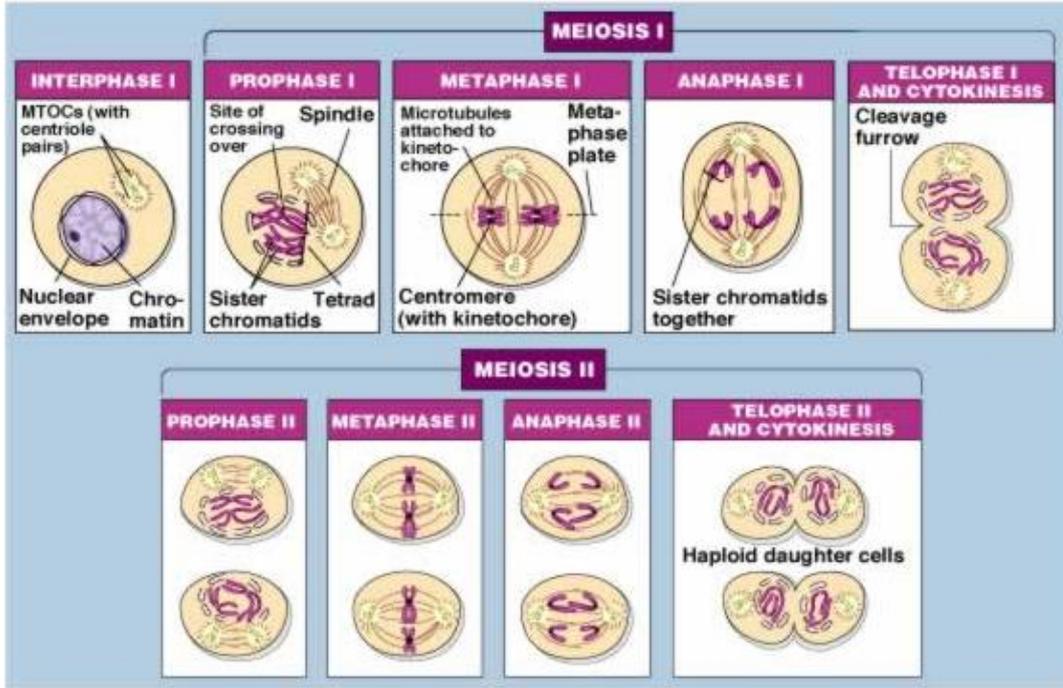
الطور التمهيدي الثاني Prophase II:- يكون ايسط بكثير واقصر من الطور التمهيدي الاول فتظهر الكروموسومات منفردة ثنائية الكروماتيدة ومرتبطة بواسطة القطعة المركزية وتكون

اساتذة المادة/ أم.د.هنادي سالم أم.د.زهراء حسين أم.سميرة مؤيد
الكروموسومات طويلة نوعا ما ثم تتكثف فتقصر تدريجيا وتتخذ شكل حرف V او حرف X
حسب موقع القطعة المركزية ، و في نهاية هذا الطور تختفي النوية وكذلك الغلاف النووي.

الطور الاستوائي الثاني Metaphase II:- يظهر في هذا الطور المغزل و تصطف
الكروموسومات عند الصفيحة الاستوائية وعلى العكس ما يحدث في الطور الاستوائي الاول فان
القطعة المركزية للكروماتيدات الشقيقة للطور الاستوائي الثاني تتجه للاقطاب المتعاكسة
فتصبح بذلك مرتبطة بمجموعة من الياف المغزل المتعاكسة.

الطور الانفصالي الثاني Anaphase II:- تنشط القطع المركزية في وقت واحد في هذا الطور
ثم تنفصل كروماتيدات كل كروموسوم عن بعضها نتيجة لهذا الانشطار وتتجه كل قطعة مركزية
الى قطب مضاد ساحبة معها كروماتيدة واحدة (كروموسوم بنوي) ، قد يحدث خلل في هذا
الطور ولا تتمكن الكروماتيدات الشقيقة من الانفصال ونتيجة لعدم الانفصال فان واحدة من الخلايا
البنوية الاربعة سوف تحوي كروموسوم اضافي بينما تفتقد خلية اخرى هذا الكروموسوم . ان
نتيجة الانقسام الاختزالي الطبيعي هو تكون اربع خلايا احادية المجموعة الكروموسومية من
ناحية محتواها النووي من DNA و العدد الكروموسومي.

الطور النهائي الثاني Telophase II:- يمثل اخر مرحلة من مراحل الانقسام الاختزالي حيث
يبدأ ظهور الغشاء النووي والنوية . وتفتقد الكروموسومات هويتها ثانيا وبهذا نجد ان الاربع
كروماتيدات الموجودة في الطور الضام الرباعي الخيوط توزعت على اربع نوى تحتوي كل
واحد منها العدد الاحادي من الكروموسومات. ان الانقسام الاختزالي يعتبر الالية التي تتوزع فيها
الجينات بصورة عشوائية حرة ، كما ان عملية العبور تعتبر وسيلة لجمع كروموسومات مختلفة
باتحادات جديدة وان عدم حدوث هذه العملية يؤدي الى ان تطور النوع يبقى معلقا
بكروموسومات غير قابلة للتجديد او التغاير عليه تتوقف عمليات حدوث تطور في الكائنات الحية
بفروق وراثية ومميزات جوهريه كما تعتبر دراسة الانقسام الاختزالي وسيلة ضرورية وملحة
لفهم الاسس الكروموسومية الوراثة.



((مخطط يوضح مراحل الانقسام الاختزالي الاول و الثاني))

الرايبوسومات Ribosomes :- هي جسيمات صغيرة تلعب دورا مهما في عملية بناء البروتين داخل الخلايا الحية. تتالف الرايبوسومات كيميائيا من RNA وبروتين وتمثل ٨٥% من RNA السائتوبلازم ، تظهر الرايبوسومات بشكل اجسام مستديرة الى كروية وكثيفة الكترونيا منتشرة في خلايا النباتات والحيوانات والفطريات و خلايا بدائية النواة ، وقد تكون كريات الدم الحمر الناضجة في اللبائن هي الخلايا الوحيدة الخالية من الرايبوسومات وذلك لانه لا يمكن اعتبار كريات الدم الحمر الناضجة في اللبائن خلايا نظرا لفقدانها النواة اثناء النضج . تكون الرايبوسومات اما حرة في ارضية السائتوبلازم او متصلة باغشية الشبكة الاندوبلازمية ، حيث ان جميع رايبوسومات خلايا بدائية النواة هي من النوع الحر لعدم احتواء هذه الخلايا على عضيات غشائية ومنها البكتريا والمايكوبلازما والطحالب الخضراء المزرقة. كما ان معظم رايبوسومات سائتوبلازم الخميرة والخلايا الشبكية والانسجة النباتية والخلايا العصبية الجينية تكون حرة ايضا. تميل الرايبوسومات الى الالتصاق باغشية الشبكة الاندوبلازمية في الخلايا النشطة في بناء البروتين كخلايا البنكرياس وخلايا الكبد وخلايا الغدة النكفية والخلايا الفارزة للانزيمات وخلايا البلازما. وتوجد الرايبوسومات في ارضية البلاستيدة الخضراء والمائتوكونديريا ، حيث تظهر على شكل مجاميع متصلة مع بعضها لتكون الرايبوسومات المتعدده.

انواع الرايبوسومات:-

يوجد نوعان من الرايبوسومات وهما:-

١. رايبوسومات من نوع 70S وتعني (معامل الترسيب Sedimentation coefficient)

: وتوجد في الخلايا بدائية النواة وفي عضيات خلايا حقيقية النواة كالمائتوكونديريا والبلاستيدات الخضراء.

٢. رايبوسومات من نوع 80S : وتوجد في سائتوبلازم خلايا حقيقية النواة.

يتالف كل رايبوسوم من وحدتين ثانويتين Subunits غيرمتساويتين بالحجم وهما الوحدة الثانوية الصغيرة Small Subunit والوحدة الثانوية الكبيرة Large Subunit ويكون التصاق الرايبوسومات باغشية الشبكة الاندوبلازمية عن طريق الوحدة الثانوية الكبيرة. تتكون الرايبوسومات من RNA والذي يسمى RNA الرايبوسومي او rRNA . تؤدي ايونات المغنيسيوم دور مهم في الحفاظ على تركيب الرايبوسومات فنقصان ايونات المغنيسيوم عن الحد المطلوب يؤدي الى انفصال الوحدات الثانوية عن بعضها اما الزيادة فتؤدي الى ارتباط الوحدات الثانوية.

بناء البروتين: ان جزيئة الحامض النووي DNA تمثل احد المكونات الوراثية الاساسية للخلية الحية حيث تحمل هذه الجزيئة معلومات بصورة شفرة وراثية Genetic code تنقل من خلية الى اخرى ومن كائن الى كائن حي اخر. يحمل الحامض النووي RNA معلومات وراثية بدلا عن DNA في بعض انواع الفايروسات ، ويعمل كوسيط في عملية استنساخ المعلومات الوراثية التي تعبر في النهاية عن تكوين بروتينات خاصة للخلايا والشكل الاتي يوضح هذه المفاهيم ويمثل مانعبره الان المبداء المركزي في علم الاحياء الجزيئي Molecular Biology :



باشترك انزيمات خاصة مثل RNA polymerase تستنسخ من جزيئة DNA داخل النواة جميع انواع RNA بضمنها mRNA , tRNA , rRNA . يدخل rRNA في تركيب الرايبوسومات والتي تعتبر مواقع بناء البروتين وترتبط بالوحدة الصغيرة للرايبوسومات بالحامض النووي من نوع mRNA القادم من النواة وبعدها ترتبط بالوحدة الكبيرة لتستكمل الرايبوسومات شكلها النهائي. تترتب نيوكليوتيدات mRNA بصورة سلسلة مستقيمة من الشفرات codones تسمى بالثلاثيات وتتكون كل شفرة من ثلاثة نيوكليوتيدات متتالية كما ان كل شفرة وراثية تترجم الى نوع معين من الحوامض الامينية ، يحتوي تسلسل الشفرات الوراثية لكل جزيئة mRNA جميع المعلومات الوراثية :-

١. ابتداء بناء ببتيدات متعددة polypeptides.

٢. تعيين التسلسل الخاص للحوامض الامينية المراد ادخالها في بناء الببتيدات المتعدده.

٣. انتهاء بناء الببتيدات المتعدده وتحريرها.

مراحل بناء البروتين هي كالآتي :-

١. الابتداء Initiation :- تتضمن تفاعلات تتم قبل تكوين الاصرة الببتيدية بين اول

حامضين امينيين لجزيئة البروتين المراد صنعها ، وتتطلب ارتباط الحامض النووي

mRNA بالرايبوسومة وتكوين معقد الابداء Initiation complex بالاضافة الى ال

tRNA الذي يحمل الحامض الاميني العائد لاول شفرة في mRNA وهذه المرحلة

تكون بطيئة نسبيا في بناء البروتين.

٢. الاستطالة Elongation :- تتضمن جميع التفاعلات من بناء اول رابطة ببتيدية وحتى

آخر حامض اميني يضاف الى السلسلة الببتيدية ، وهي اكثر المراحل سرعة في بناء

البروتين وتشمل حركة الرايبوسومة من الشفرة الوراثية الاولى الى آخر شفرة وراثية على الحامض النووي mRNA .

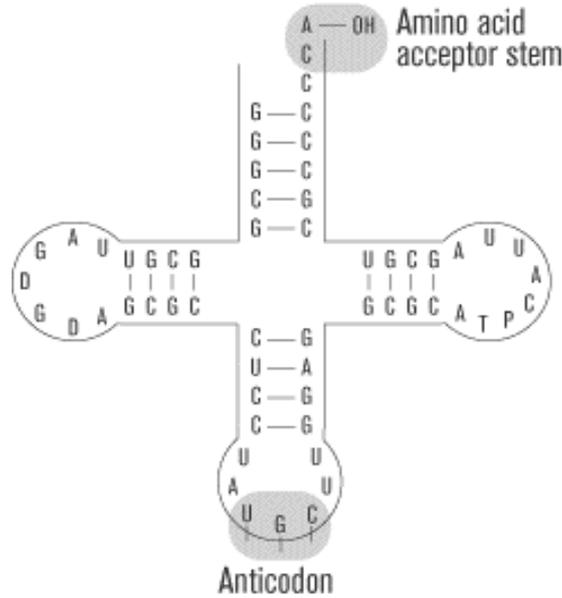
٣. الانهاء Termination :- وتشمل الخطوات الخاصة بتحرير السلسلة الببتيدية الكاملة وينفصل الرايبوسومة عن الحامض النووي mRNA.

الشفرة الوراثية Genetic code :-

تتكون الشفرة الوراثية قواعد نتروجينية ثلاثية متتالية ويجب ان تمثل احد الانواع العشرين من الحوامض الامينية وهناك ٦٤ شفرة وراثية محتملة لذلك فان عدد من هذه الشفرات الوراثية تعين الحوامض الامينية او ان بعض الحوامض الامينية تتعين باكثر من نوع واحد من الشفرات الوراثية.

الحامض النووي المراسل mRNA :- عبارة عن سلسلة مفردة من النيوكليوتيدات المتعددة وتؤلف كل ثلاث نيوكليوتيدات متتالية شفرة وراثية.

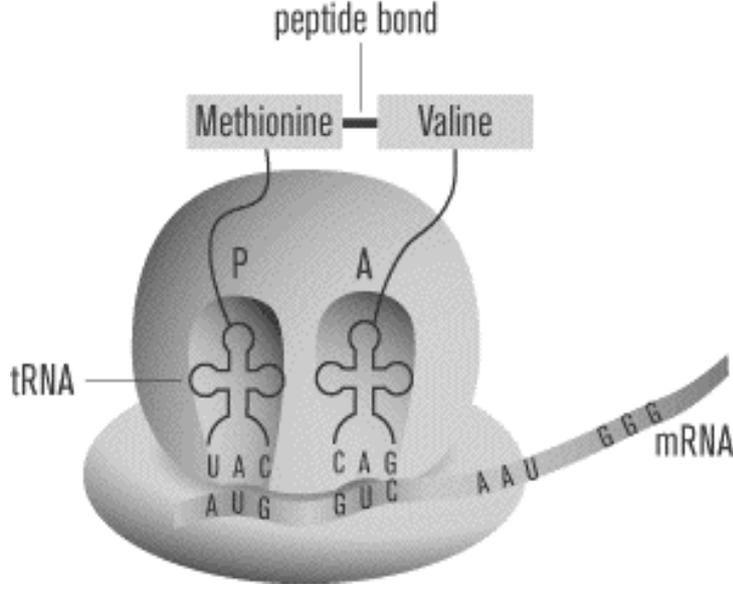
الحامض النووي الناقل tRNA :- يختص كل حامض نووي ناقل بحامض اميني معين ، وتتألف جزيئات الحامض النووي المراسل من ٧٥ - ٨٥ نيوكليتيده تترتب لتعطي شكلها الكلاسيكي المشابه لورقة الجت والذي فرض من قبل العالم هولبي ، حيث يتكون الحامض النووي الرايبي المراسل ذراع الحامض الاميني amino acid arm او ذراع الاستقبال Acceptor arm. وذراع الشفرة المضادة Anticodon arm.



((رسم تخطيطي لنموذج الحامض النووي tRNA))

بناء الرايبوسومات :

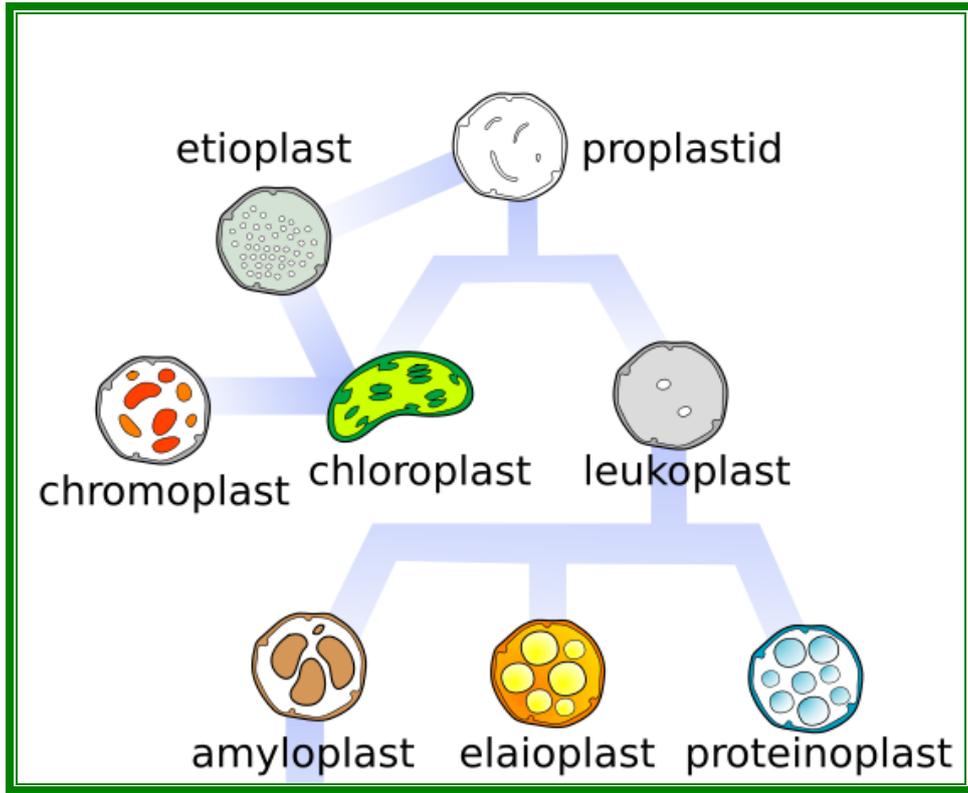
يتم بناء الرايبوسومات في الخلايا بدائية النواة عن طريق التجميع الذاتي Self assembly ، حيث تتجمع مكونات الرايبوسومة من RNA و بروتين تحت ظروف معينة ، بينما تكون عملية بناء الرايبوسومة في الخلايا حقيقية النواة اكثر تعقيدا.



((رسم توضيحي لمراحل بناء الرايبوسومات في الخلايا حقيقية النواة))

البلاستيدات Plastides :- هي عضيات سايتوبلازمية موجودة في الخلايا النباتية حقيقية النواة ، و غير موجودة في الخلايا الحيوانية ، اما في الفطريات و البكتريا و الطحالب الخضراء المزرقة فتوجد تراكيب صفيحية مميزة تكافئ في عملها البلاستيدات الموجودة في الخلايا النباتية . تختلف البلاستيدات من حيث الحجم والشكل والعدد و التنظيم الكيماوي باختلاف الانسجة والنباتات وتقسم البلاستيدات استنادا الى :-

١. احتوائها او عدم احتوائها صبغات وعلى نوع الصبغات.
٢. قدرتها على بناء و خزن بعض المواد الغذائية كالنشويات والدهون والبروتينات . وكما هو موضح في المخطط الآتي :



((رسم تخطيطي يوضح انواع البلاستيدات))

١ - البلاستيدات الأولية **Proplastid** : هي تراكيب صغيرة الحجم عديمة اللون توجد في الخلايا المرستيمية و خلايا الجنين النامي و تكون محاطة بغلاف مزدوج و تمثل المصدر الذي تنشأ منه الانواع الاخرى من البلاستيدات .

٢ - البلاستيدات الشاحبة **Etioplast** : هي بلاستيدات ذات شكل غير منتظم تقريبا توجد في اوراق النباتات النامية في الظلام ، و عند تعرضها للضوء يمكن ان تتحول الى بلاستيدات خضراء فعالة او بلاستيدات ملونة .

٣ - البلاستيدات الخضراء **Chloroplast** : هي بلاستيدات ملاحظة في اغلب الاجزاء و الانسجة النباتية المعرضة للضوء تحتوي على صبغة الكلوروفيل و اشباه الكاروتينات و تكون مسؤولة عن عملية البناء الضوئي في الخلايا النباتية .

٤ - البلاستيدات الملونة **Chromoplast** : هي بلاستيدات تتميز باحتوائها على صبغات اشباه الكاروتينات الحمراء و الصفراء . تلاحظ في بعض الثمار و اجزاء من الزهرة ، و تتنوع اشكالها فقد تكون دائرية او اهليجية . وظيفتها غير معروفة لكن يعتقد انها تلعب دورا في جذب الحشرات و الحيوانات لتحصل عملية التلقيح .

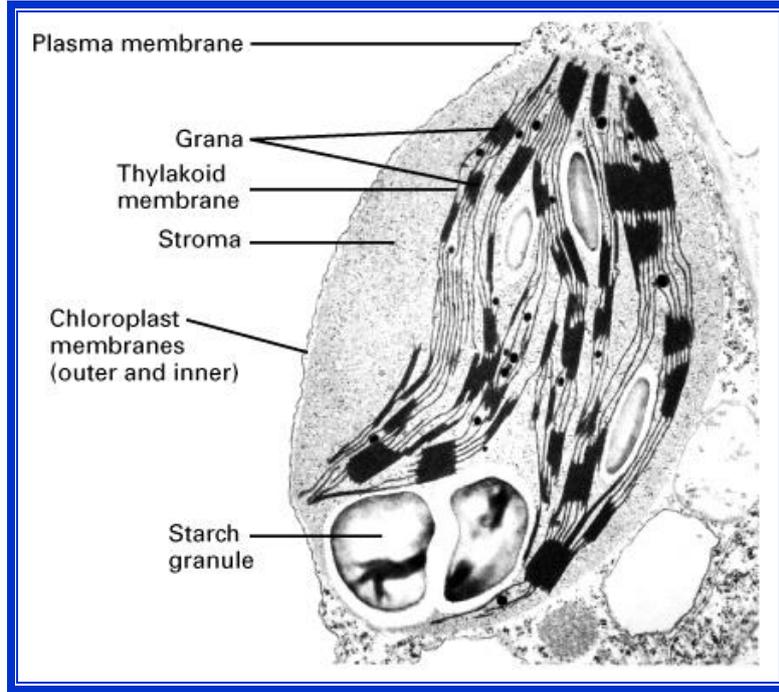
- ٥ - **البلاستيدات البيضاء Leukoplast** : هي بلاستيدات موجودة في الخلايا الجينية و الخلايا المرستيمية و في الاجزاء النباتية غير المعرضة للضوء كالجذور ، وتصنف بدورها اعتمادا على المادة الغذائية التي تخزنها الى ثلاثة انواع هي :
- أ - البلاستيدات البروتينية Proteinoplast .
 - ب - البلاستيدات النشوية Amyloplast .
 - ج - البلاستيدات الزيتية او الدهنية Elaioplast .

البلاستيدات الخضراء chloroplasts :- وهي عضيات توجد في الانسجة النباتية تجري داخلها عملية البناء الضوئي photosynthesis المتضمنة امتصاص الطاقة الضوئية وثاني اوكسيد الكربون وتحول السكريات الى نشأ وتحرر الاوكسجين . ومع ان عملية البناء الضوئي تحدث في عدد من الكائنات الحية بدائية النواة مثل البكتريا الزرقاء cyanobacteria وبكتريا البناء الضوئي photosynthetic bacteria الا ان هذه الكائنات احادية الخلية لا تمتلك بلاستيدات خضر حقيقية وعضوا عن ذلك توجد تراكيب صفيحية تعرف بحاملات الصبغة chromatophores تحدث فيها بعض تفاعلات البناء الضوئي .

تتوزع البلاستيدات الخضر حسب كمية الضوء المتوفرة وتتخذ الوضع الملائم للحصول على اكبر كمية من الضوء وتنتشر تقريبا في سايتوبلازم الخلية وتتراكم قرب النواة او جدار الخلية . وتنتقل البلاستيدات داخل الخلية عن طريق الجريان السائتوبلازمي. يختلف شكل البلاستيدات حسب النباتات ، ففي النباتات الراقية يكون على الغالب كروي او بيضوي او قرصي . اما في النباتات الواطنة فتتخذ البلاستيدات الخضر اشكال مختلفة ففي الطحلب الاخضر كلاميدوموناس تكون كوية الشكل ، وفي السبايروجيريا تكون حلزونية .

التركيب الدقيق للبلاستيدات الخضراء :- تحاط البلاستيدات الخضراء للنباتات الراقية بغلاف مكون من طبقتين غشائيتين ، يفتقر الغشاء الخارجي الى البروزات والانطواءات ويعمل على تحديد العضية وتنظيم نقل المواد بين السائتوبلازم و داخل العضية ويكون الغشاء الداخلي موازي للغشاء الخارجي . وتنشأ منه مجاميع من الاغشية الداخلية المتوازية تعرف بالصفائح lamellae تكون الصفائح معلقة في ارضية البلاستيدة stroma التي تبدو كثيفة الكترونيا الى حد ما. تظهر معظم صفائح البلاستيدات الخضر للنباتات الراقية مناطق متراسة تعرف بالثايلكويدات الصغيرة small thylakoide وغالبا ما تترتب بمجاميع تعرف بالكرانات grana (المجموعة تعرف granum) وقد يمتد من بعض الثايلكويدات الصغيرة الى الستروما

انابيب متفرعة باتجاه قطري مكونة بذلك الثايلكويدات الكبيرة large thylakoide تتصل الثايلكويدات الكبيرة لكرانة مع ثايلكويدات الصغيرة لكرانة اخرى وتعرف الشبكة المتفرعة والمتشابكة بصفائح الستروما stroma lamellae. وتوجد في ارضية البلاستيدات حبيبات نشا وقطرات دهنية وحويصلات وحبيبات و مجاميع من التراكيب الاهليجية التي تعرف بمراكز الستروما كما توجد اشرة DNA و رايبوسومات .



التركيب الدقيق للبلاستيدة الخضراء (للاطلاع)

صبغات البناء الضوئي :-

١. الكلوروفيلات Chlorophylls :- تعتبر الكلوروفيلات المصادر الرئيسية للون الاخضر في الاجزاء النباتية وتكون متعددة ولكنها تتشابه من حيث الاساس التركيبي و تكون بثلاثة انواع هي كلوروفيل a, b, c ويختلف تواجد صبغة الكلوروفيل حسب النبات فالنوع a يوجد في جميع النباتات البناءة للضوء اما الكلوروفيلات الثانوية فتوجد في النباتات الراقية اما البكتريا فتحتوي على كلوروفيل بكتيري .

٢. اشباه الكاروتينات Carotenoids :- وهي مركبات دهنية توجد بتراكيز مختلفة في جميع النباتات الراقية وفي العديد من الكائنات الدقيقة كالمحالب الحمر والخضر وبكتريا البناء الضوئي والفطريات ، يتدرج لونها من الاصفر الى الارجواني وتكون محجوبة باللون الاخضر للكلوروفيلات في الاجزاء النباتية الخضراء وفي الخريف يختزل الكلوروفيل وتبدو الكاروتينات

اكثر وضوحا . تساعد اشباه الكاروتينات كصبغات مساعدة لامتصاص الضوء خلال عملية البناء الضوئي كما تلعب دورا في وقاية الكلوروفيل من الاكسدة الضوئية .

٣. **الفايكوبيلينات phycobillins** :- توجد هذه الصبغات بكثرة في الطحالب والبكتريا التي تقوم بالبناء الضوئي ترتبط الفايكوبيلينات مع بروتين مكونة معقد للصبغة يعرف بالبيبروتين biliprotein تعرف مركبات البيبروتين الحمراء بالفايكو ارثرين phycoerythrin ومركبات البيبروتين الزرقاء بالفايكوسيانين phycocyanin و تعتبر هذه الصبغات صبغات مساعدة في عملية البناء الضوئي .

الميتوكوندريا The mitochondria :

و هي عضيات خيطية حبيبية تلاحظ في سايتوبلازم الخلايا الحيوانية و النباتية و بعض الكائنات البدائية ، تمتاز بخصائص شكلية و كيميائية حياتية و وظيفية معينة . تعتبر الميتوكوندريا بيوت الطاقة Power houses في الخلية يتم فيها انتاج مركب الطاقة ادينوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine triphosphate ATP نتيجة لأكسدة مواد التفاعل اولية مختلفة. و اضافة الى الميتوكوندريا يتم انتاج الطاقة في البلاستيدات الخضراء الموجودة في بعض الخلايا النباتية . اضافة الى دور الميتوكوندريا في انتاج الطاقة فانها مسؤولة عن اكسدة الحوامض الدهنية والليبيدات الاخرى .

التركيب الدقيق للميتوكوندريا :-

تتكون من غشائين متميزين الغشاء الخارجي outer membrane والغشاء الداخلي Inner membrane يقسم الغشاء الداخلي الميتوكوندريا الى طورين احدهما الارضية matrix وهو عبارة عن سائل يشبه الجل محاط بالغشاء الداخلي اما الثاني فيتمثل بالحيز بين الغشائين الخارجي والداخلي ويكون مملوء بمكونات سائلة . ان مادة الارضية و الحيز بين الغشائين وكذلك الغشائين الداخلي والخارجي للميتوكوندريا تحتوي على انزيمات واملاح وماء واشرطة DNA دائري و رايبوسومات وكما تحتوي على خيوط وحببيات ونبيبات حسب اختلاف الخلايا . تكون المساحة السطحية للغشاء الداخلي اكبر مقارنة بالغشاء الخارجي وذلك بسبب انطواءات الغشاء الداخلي التي تمتد الى الارضية ، و تعرف هذه الانطواءات بالاعراف Cristac ويختلف عدد وشكل الاعراف باختلاف الخلايا الحية وانواعها فالاعراف قد تكون موازية للمحور الطولي او متعامدة وقد تكون بسيطة او متفرعة مكونة شبكة معقدة . وفي الكائنات البدائية وبعض الخلايا النباتية تكون الاعراف انبوبية الشكل ، اما عدد الاعراف فيختلف اعتمادا على الحالة الفسلجية للخلية فالخلايا التي تنتج كميات كبيرة من الطاقة تحتوي على

مايتوكوندرية ذات اعراف كثيرة . كما ان الغشاء الداخلي للمايتوكوندرية يكون غني بالبروتينات اكثر من الغشاء الخارجي .

منشأ المايتوكوندرية :

قد تنشأ المايتوكوندرية من مايتوكوندرية سابقة لها بألية الانشطار ، او قد تنشأ من عضيات خلوية اخرى كالأجسام الدقيقة او الغشاء الخارجي للنواة او الشبكة الاندوبلازمية .

الوظائف الرئيسية للمايتوكوندرية :

- ١ . اكسدة مادة التفاعل Substrate Oxidation .
- ٢ . تفاعلات الاكسدة والاختزال للسلسلة التنفسية Respiratory chain Oxidation .
- ٣ . الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation .