

تعريف علم الخلية

يعرف علم الخلية cytology بأنه العلم الذي يهتم بدراسة تركيب الخلية ووظيفتها وتكاثرها والتركيب الجزيئي لها ويهتم أيضاً بوراثة الخلية ويعرف أيضاً بأنه العلم الذي يهتم بدراسة انواع الخلايا وتخصصاتها ووظائفها وتركيبها وان علم الخلية والذي يعرف حالياً بعلم حياة الخلية (بايولوجية الخلية) Cell Biology هو احد الفروع الفتية لعلوم الحياة يتناول دراسة تركيب ووظيفة العضيات الخلوية Organelles ودورها في وحدة بناء الكائن الحي

وان الخلية Cell هي الوحدة الأساسية للكائن الحي والتي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر او الانتاج Reproduction والتي تتكون من الساييتوبلازم والنواة [او منطقة نووية] ومحاطة بغشاء خلوي .

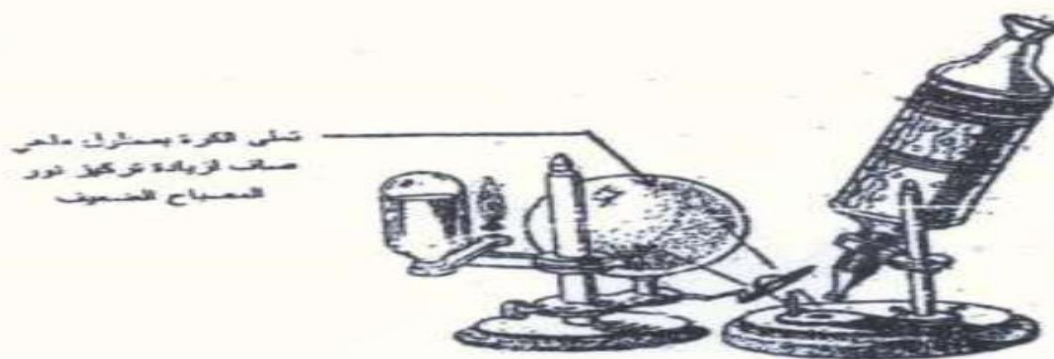
كان علم حياة الخلية يضم ثلاثة اتجاهات: الاتجاه الاول هو علم الخلية الكلاسيكي الذي يهتم بدراسة التراكيب الخلوية المشاهدة بواسطة المجهر الضوئي والاتجاه الثاني هو علم وظيفة الخلية والذي يهتم بالكيمياء الحيوية والفيزياء الحيوية ووظائف الخلية في حين كان علم حياة الخلية يكون الاتجاه الثالث والذي يفسر الخلية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

نبذة تاريخية Historical Background

أن الفلاسفة الاغريق القدماء امثال ارسطو Aristotle (٣٨٤-٣٢٢) ق.م و Paracelsus أوضحوا ان جميع الحيوانات والنباتات على الرغم من تعقيدها فأنها تتألف من عناصر قليلة متكررة في تلك المجاميع وقد كانوا يشيرون الى التراكيب الانكلوسكوبية لتلك الكائنات مثل الجذور والاوراق والازهار والشائعة في مختلف النباتات وكذلك القطع والاعضاء في عالم الحيوان وبعد قرون وبسبب اختراع العدسات المستعملة في التكبير فان الابعاد الانكلوسكوبية قد اكتشفت من الباحث Davinci عام ١٤٨٥ وأشار الى استخدام العدسات في مشاهدة الاشياء الصغيرة وفي عام ١٥٥٨ فان عالم الاحياء السويدي كونراد جسر نشر نتائج دراساته حول تركيب مجموعة من الطليعات الي تدعى foraminifera وقد كانت مخططاته للبروتوزوا تتضمن العديد من التفاصيل لايمكن ان تظهر الا اذا استخدم مجموعة من العدسات المكبرة وربما هي السجل الاول او المبكر لاستخدام الاجهزة المكبرة في الدراسات البايولوجية لذلك فان النمو والتطور في علم حياة الخلية مبدئياً قد اشترك مع تطور العدسات البصرية واستخدام هذه العدسات في تركيب المجاهر المركبة لذلك فان اختراع المجهر وتطوره كان يجري جنباً الى جنب مع التطور في علم حياة الخلية. ان اول مجهر مركب قد اخترع عام

ثم جاء بعد ذلك العالم الانكليزي روبرت هوك وهو اول من استخدم مصطلح الخلية وقد ارتبط اسمه باستخدام مصطلح الخلية في عام ١٦٦٥ وقد فحص شرائح رقيقة مأخوذة من قطعة من الفلين الجاف بواسطة استعمال مجهره المركب الذي صنعه بنفسه (شكل رقم ١-١) وقد نشر هوك مجموعة من المقالات تحت عنوان Micrographia وقد كان وصفه البسيط للفلين كبيوت النحل وقد كانت الخلايا فارغة من المكونات الحية وكان يعتقد بأن الخلايا التي شاهدها تشابه الاوردة والشرابين في الحيوانات وانها ممتلئة بالعصير في النباتات الحية ولكن مجهره

هذا لم يظهرها. وقد استخدم عدساته في بناء مجاهر عديدة منها قد يصل تكبيرها الى ٣٠٠× ويعد الاول في مشاهدة الخلايا الحية الحرة وفي العام ١٦٧٥ وصف كائنات مجهرية في ماء المطر جمعها بواسطة انابيب مغروسة في التربة اثناء هطول المطر وان رسوماته تتضمن انواع من البكتريا كما يعد العالم ليفنهوك الاول في وصف خلايا النطفة للانسان والكلاب والارانب والضفادع والاسماك والحشرات وفي مشاهدة حركة خلايا الدم في اللبائن والطيور والبرمائيات والاسماك وقد لاحظ ان هذه الخلايا في الاسماك والبرمائيات كانت بيضوية في شكلها وتحتوي جسم مركزي (النواة) في حين كانت الخلايا للانسان وبقية اللبائن دائرية كما لاحظ العضلات المخططة. وكما نشر عالم النبات الانكليزي N. Grew مجموعة من الفحوص المجهرية كمقاطع مأخوذة من الازهار والجذور والسيقان للنبات والتي تشير بوضوح انه قد حدد الطبيعة الخلوية للانسجة النباتية. وخلال القرن التاسع عشر كانت هناك العديد من الاختراعات والملاحظات وقد صيغت معالم عدد من النظريات مثل نظرية الخلية ونظرية البروتوبلازم وفي عام ١٨٠٧ الباحث ميربيل صرح بأن جميع الانسجة النباتية مكونة من خلايا وفي العام ١٨٢٤ فان العالم الفرنسي R. Dutrochet اوضح بان جميع الانسجة النباتية والحيوانية هي عبارة عن تجمع من خلايا كروية وفي العام ١٨٣١ فان العالم الانكليزي روبرت براون قد اكتشف النواة في الخلايا وسماها بهذا الاسم وقد اشار الى ان النواة من المكونات الرئيسية والثابتة في الخلايا.



شكل رقم (١-١) صورة توضيحية للمجهر الذي استعمله هوك (عن Verma & Agarwal , 2005)

نظرية الخلية Cell Theory

في العام ١٨٣٨ وضع عالم النبات الالماني شلايدن فكرة ان الخلايا هي وحدات التركيب في النبات وفي العام ١٨٣٩ وضع عالم الحيوان الالماني شوان فرضيات شلايدن على الحيوان وكلاهما قد افترض بأن الخلية هي الوحدة الاساسية للتركيب والوظيفة في الحياة وهذا مايعرف حالياً بمبدأ الخلية وفي الحقيقة فأن شلايدن وشوان قد استندا في فرضيتهم هذه على ما توصل اليه باحثين اخرين امثال Oken (١٨٠٥)، Mirbel (١٨٠٧)، Lamarck (١٨٢٤)، Dutrochet (١٨٢٦)، Turpin (١٨٠٩).

وتضمنت هذه النظرية البنود الآتية:

- ١ - الخلايا هي الوحدات الاساسية للحياة على الارض ولايوجد هناك كائن على الارض له صفة الحياة وليس مكوناً من الخلايا.
- ٢ - جميع الكائنات الحية مبنية من الخلايا وكل كائن حي على الارض مكون اما من خلية واحدة او من خلايا متعددة.
- ٣ - نشأت جميع الخلايا السابقة (او السلف) من انقسام الخلايا الحية وليس بتجميع اجزاء الخلية وموادها الكيميائية أي ان المبدأ هو من الحياة تأتي الحياة.
- ٤ - الخلايا هي الوحدات الوظيفية للحياة حيث تتم فيها كل التفاعلات الكيميائية لادامة حياتها وتكاثرها.
- ٥ - ان الخلايا المتعددة للكائنات الحية ترتبط احياناً لتكوين الانسجة التي تقوم بوظيفة وحدات منفردة.
- ٦ - ان الخلايا في الكائنات متعددة الخلايا تتجمع وتترابط باحكام لكي تتمكن من الانقسام فتأخذ شكلاً متميزاً وتقوم بالوظائف الضرورية. ان نظرية الخلية Cell theory هي اشبه بحجر الزاوية للعلوم وكما ان الوحدات الاساسية للمادة هي الذرات والوحدات الاساسية للمركبات هي الجزيئات فالوحدات الاساسية للحياة هي الخلايا ولكن ليست الخلايا بتلك الدرجة من البساطة لكي نعدّها المادة البنائية للحياة كالجزيئات التي تبني من الذرات وانما هي المادة الحية من الكائن الحي التي تتضمن جميع الاجزاء الحية وتجعل الحياة ممكنة وتؤدي وظيفتها كالتنظيم Organization والحركة Movement واستخدام الطاقة Energy use والانتاج Reproduction والاستجابة للمحفزات Response to stimuli والنمو Growth وغيرها وعليه فلا يمكن ان نفهم حقيقة الكائنات الحية مالم ندرس وحداتها الحية البسيطة (الخلايا) فنظرية الخلية اشارت الى نقطة جوهرية من خلال التركيز على الخلايا ثم قام العلماء بوضع اسئلة محددة حول كيفية عمل الحياة واكتشفوا الكثير من الاجابات والاسرار ذات الاهمية الكبيرة.

علاقة علم الخلية بالعلوم الأخرى

Relation of cytology with other sciences

بالنظر لتعدد الفروع والمجالات العلمية والتشعب للاختصاصات فقد وجدت بينها علاقات متطورة ودقيقة إذ أن العلم الواحد لا يؤدي مهامه بكفاءة عالية بمعزل عن العلوم الأخرى والتقنيات الأخرى. ولذلك فقد اضحى لعلم الخلية اتصالات وثيقة ومباشرة مع العديد من

الفروع والمجالات العلمية كعلم الوراثة وعلم الكيمياء الحياتية وعلم الحيوان وعلم النبات وعلم التشريح وعلم الأنسجة وعلم الفسلجة وعلم الأمراض وعلم الاجنة فعن علاقته بعلم الاجنة فأن هناك مشاكل علمية متعلقة بالخلية وهي مشاكل متعلقة بنمو الجنين والانقسام الخلوي هي مسائل حيوية وضرورية بالنسبة الى نشوء ونمو الجنين وهي أيضاً الأساس المعتمد لتنظيم نمو الكائن الحي لذلك على علماء الاجنة ان يكونوا على معرفة جيدة بالتركيب الاساسي للخلية واهمية وتوزيع كل من العضيات الموجودة فيها .

اما العلاقة بعلم الوراثة فإن التقاء علم الوراثة وعلم الخلية يأتي بعد ان أصبح انقسام الخلية في اواسط القرن التاسع عشر الظاهرة الرئيسة لتكاثر الكائنات الحية واعتبر الباحث ولسون Wilson ان الوراثة هي نتيجة لأستمرارية صفات الخلية بواسطة الانقسام اما بالنسبة للباحث وايزمان Weisman في عام ١٨٨٥ فقد ابتكر نظرية البلازما الجرثومية Germplasm أي ان انتقال العوامل الوراثية من جيل الى آخر يحدث عن طريق جراثيم

الانقسام الخلوي Meiosis وقد تمكن مورجان Morgan سنة ١٩١٠ من تحديد العديد من الطفرات وأحد هذه الطفرات (العين البيضاء) في حشرة الدروسوفيلا كانت مرتبطة بالجنس لذلك اكد مورجان وآخرون نظرية الجينات وعدوا وجود وحدات او مواضع Loci على الكروموسومات مسؤولة عن الصفات الوراثية كما برهن مورجان Morgan على ان زوجين من الجينات المرتبطة جنباََ تعطي اتحادات وراثية جديدة Recombination في الانثى وان عملية اعادة الاتحاد هي عملية غير عشوائية أي ان الجينات المرتبطة جنباََ تكون مرتبطة مع بعضها في الانثى. هذه البحوث والتجارب والدراسات الوراثية المنفصلة عن باقي فروع علوم الحياة ادى الى ظهور علم منفصل سمي بعلم الوراثة Genetics من قبل الباحث باتيسون Bateson عام ١٩٠٦ ولكون هذه الابحاث تختص بالخلية لذا بقي علم الوراثة ذو علاقة وطيدة مع علم الخلية ونشأ فرع من علم الوراثة سمي بعلم الوراثة الخلوية Cytogenetics كما ارتبط علم الوراثة فيما بعد بعلم الكيمياء الحياتية لان الدراسة وصلت الى مستوى الجزيئات المكونة للعوامل الوراثية مما ساعد في ظهور حقول علمي جديد سمي علم الوراثة الجزيئي Molecular genetics.

اما علاقته بالكيمياء الحياتية Relation of cytology with biochemistry فهناك علاقة وثيقة ما بين علم الخلية وعلم الكيمياء الحياتية وتظهر هذه العلاقة من خلال اكتشاف علماء الكيمياء الحياتية للبروتين ومنهم فيشر Fischer سنة ١٩٢٠ واكدوا على ان جزيئة البروتين تتكون من وحدات صغيرة تسمى بالاحماض الامينية ومن التطورات الاخرى اكتشاف الانزيمات ودورها كعوامل مساعدة واهميتها في تحويل الطاقة وفي الفعاليات الحياتية الخلوية المختلفة. وقد تمكن العالمان بنسلي Bensley وهوفر Hover عام ١٩٣٤ من عزل المايتركوندريا Mitochondria من الخلية بكميات تكفي للتحليلات الكيميائية والفيزيائية وهذه هي الطريقة التي ادت فيما بعد الى معرفة المايتركوندريا على انها مركز تفاعلات الاكسدة والاختزال في الخلية وانها تحتوي على جميع الانزيمات الخاصة بهذه التفاعلات.

واما علاقته بالعلوم الاخرى فلا يمكن دراسة علم الحيوان Zoology او علم النبات Botany او علم التشريح Anatomy او علم الانسجة Histology او علم وظائف الاعضاء

الخلية Cell

تعرف الخلية Cell بأنها الوحدة الاساسية للكائن الحي التي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر الخلوي او الانتاج Reproduction والتي تتكون من الساييتوبلازم والنواة (او منطقة نووية) ومحاطة بغشاء خلوي.

وتعرف الخلية ايضاً بأنها وحدة unit محاطة بغشاء مكون من طبقتين مزدوجة Bilayer من الدهون المفسفرة Phospholipids وتحتوي هذه الوحدة على الانزيمات enzymes وعناصر اخرى تمكنها من القيام بالعمليات الايضية metabolism والتكاثر الخلوي reproduction المستقل واما الايض فانه يستند الى اساس توليد المركب الغني بالطاقة الكيميائية وهو ادنوسين ثلاثي الفوسفات ATP واما التكاثر الخلوي فهو يستند الى المادة الجينية الوراثية DNA الحاملة للمعلومات الوراثية.

الخواص المشتركة للخلايا

تختلف الخلايا فيما بينها من حيث الحجم والشكل والذي يعتمد على نوع الكائن الحي ووظيفته وبالرغم من هذه الاختلافات الا ان لمعظم الخلايا خواص اساسية مشتركة وهي :

- ١ - امتلاك الخلية الية ايضية Metabolic machinaries تمكنها في الحصول على الطاقة من المحيط كالاستفادة من الضوء كما في النباتات الخضراء ومن تقويض Catabolism المواد الغذائية الى مواد كيميائية أبسط Metabolite وتدعى هذه الطاقة الكيميائية ادنوسين ثلاثي الفوسفات ATP.
- ٢ - قابلية الخلية لاستعمال هذه الطاقة لغرض دعم وادامة حياتها حيث تتضمن حركة مكونات الخلية من جزء الى آخر ضمن الخلية وكذلك قابلية انتقال هذه المركبات الى داخل وخارج الخلية وكذلك قابلية الخلية على تحويل الجزيئات من شكل الى آخر لتعويض المركبات المفقودة لغرض النمو والانتاج Reproduction.
- ٣ - امتلاك الخلايا مجموعة من الجينات في DNA تعمل على تصميم او تخطيط بناء المركبات المختلفة .
- ٤ - امتلاك الخلية حدوداً مثبتة بينها وبين الخلايا الاخرى الا وهو غشاء الخلية Cell membrane.

شكل وحجم الخلية Shape and Size of the cell

ان الخلايا توجد باحجام واشكال مختلفة تتكيف وفقاً الى الاجواء المختلفة او نتيجة للوظائف المتخصصة ضمن الكائن المتعدد الخلايا multicellular organism فالخلايا تتراوح في الحجم من اصغر خلية للبكتريا وهي ٠,٢ مايكروميتر الى بيوض الطيور واكبرها بيضة النعامة والتي تبلغ قطرها ما يقرب من ٦ انجات ويمكن ان تكون الخلية ذات شكل متغير Variable حيث تتحول باستمرار الى اشكال مختلفة كالاميبا Amaeba وكريات الدم البيض Leucocytes وهناك الخلايا ذوات الشكل الثابت (او المحدد Fixed) وهذه الاشكال هي:

- ١ - المسطحة Flattened ومن امثلتها طبقة البشرة العليا والسفلى .
- ٢ - الجيبية Cuboidal ومن امثلتها خلايا الغدة الدرقية Follicles.
- ٣ - العمودية Columnar ومن امثلتها الخلايا التي تبطن الامعاء.
- ٤ - المقعرة Discoidal مثل كريات الدم الحمر.
- ٥ - الكروية Spherical مثل بيض عدد كبير من الحيوانات.
- ٦ - المغزلية Spindle-Shape مثل الياف العضلات الملساء.
- ٧ - الطولية Elongated مثل الخلايا العصبية.
- ٨ - المتشعبة Branched مثل الخلايا الصبغية للجلد.

مجاميع الخلايا Cell categories

يمكن تقسيم الخلايا الحية الى مجموعتين على اساس الحجم والتركيب الداخلي والتركيب الجيني والحيوي:

- ١ - خلايا بدائية النواة Prokaryotes وتشمل البكتريا Bacteria والمايكوبلازما mycoplasma والبكتريا الزرقاء. blue-green bacteria.
- ٢ - خلايا حقيقية النواة Eukaryotes وتشمل الحيوانات والنباتات الراقية والحيوانات الابتدائية Protozoa والبيض Eggs والحيامن sperms والفطريات Fungi.
- ويوضح الجدول رقم (١-١) الاختلافات بين كلا النوعين من الخلايا.
- ٣ - خلايا الاصليات (العنائق) Archaea وتشمل مجموعة من الاحياء لا تحتوي نواة خلوية الا انها اقرب الى حقيقية النواة منها الى بدائية النواة.

الجدول رقم (1-1) يبين المقارنة بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة

الخواص	بدائية النواة	حقيقية النواة
المجاميع	البكتريا والطحالب الخضراء والمايكوبلازما	الطحالب والفطريات والنباتات والحيوانات
حجم الخلية	حوالي ٢ مايكرومتر او اقل	حوالي ١٠٠ مايكرومتر
الغلاف النووي	لا يوجد	يوجد
النوية	لا توجد	توجد
DNA	حلقة مفردة لا تحتوي على الهستون	موزع على عدد من الكروموسومات وتحتوي على الهستون
الانقسام	لا يوجد انقسام اختزالي	يوجد انقسام خيطي واختزالي
الغشاء البلازمي	خالي من الستيرول	حاوي على الستيرول
الاعشيه الداخليه	بدائية بسيطة وموجودة في انواع قليلة منها	معقده مثل الشبكة الاتدوبلازمية
الرايبوسوم	70 S	80 S
صبغات البناء الضوئي	في الاعشيه الداخليه المحوره	في البلاستيدة الخضراء
التنفس الخلوي	في الاجسام الوسطية	في الماييتوكوندرية
جدار الخلية	موجود ويتركب من الليبتيدوكلايكان وسكريات متعددة وبروتينات سكرية	موجودة في النباتات والفطريات ويتركب من سكريات متعددة
السبورات الداخليه	موجودة	غير موجودة
الفجوات والحويصلات الغازية	موجودة	الفجوات موجودة في الخلايا النباتية
الانبيبات الدقيقة	غير موجودة	موجودة

اولاً: خلايا بدائية النواة

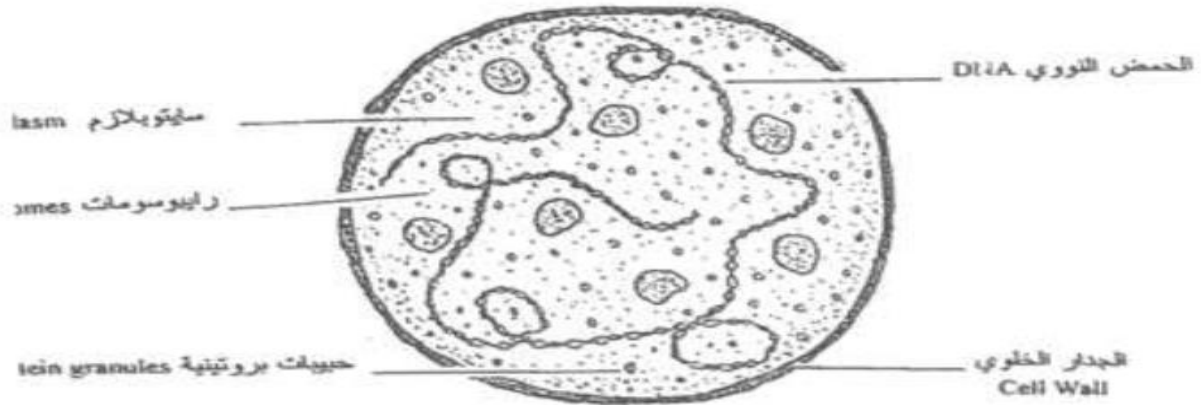
The Prokaryotic cells

تشمل الخلايا البدائية النواة انواع متعددة كالبكتريا Bacteria والطحالب الخضراء المزرقه Blue green algae فضلاً عن المايكوبلازما Mycoplasma وتتميز هذه الخلايا بعدم احتوائها على العضيات الخلوية Cellular Organelles بالاضافة الى انعدام وجود الغلاف النووي فيها لذلك تكون المادة النووية مبعثرة في سايتوبلازم الخلية.

Mycoplasma

٤ - المايكوبلازما

هي اصغر خلايا الكائنات حجماً حيث يتراوح قطرها بين (٠,٢٥-٠,١) مايكرومتر فهي اصغر من الخلية البكتيرية بحوالي الف مرة ومليون مرة اصغر من الخلية حقيقية النواة كما انها في بعض الاحيان تكون اصغر من بعض الفيروسات الكبيرة مثل الفاجات او الملتهمات البكتيرية Bacteriophages ويمكن لها ان تمر من خلال المرشحات وتطلق على المايكوبلازما ايضاً اسم (Peuopneumonia Like organisms) ppLO ويحيط خلية المايكوبلازما غلاف بروتيني دهني وتتميز باحتوائها على جزيئة حلقيه مزدوجة ومفردة من DNA ورايبوسومات وحبيبات دهنية وبروتينية ولا تحتوي على عضيات خلوية الشكل رقم (٧-٢) ويمكن للمايكوبلازما ان تتكاثر مثل البكتريا وباستخدام اوساط غذائية. كما انها تسبب عدداً من الامراض للانسان وللحيوان.



الشكل رقم (٧-٢) يبين التركيب الدقيق لخلية المايكوبلازما

Eukaryotic cells

ثالثاً: خلايا حقيقية النواة

تشمل جميع انواع الخلايا التي تحتوي على أنوية حقيقية وتتميز باحتوائها على العضيات الخلوية Cellular organelles ومن امثلتها الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية.

Animal cell

الخلية الحيوانية

تختلف الخلايا الحيوانية فيما بينها من حيث الحجم والشكل والتخصص الا انها جميعاً تكون متشابهة من حيث التركيب كما في الشكل (٩-٢) وتتكون الخلية الحيوانية من التراكيب التالية:

الخلية النباتية

تحتوي الخلية النباتية على جميع التراكيب التي تحتويها الخلية الحيوانية فضلاً عن احتوائها على بعض التركيب الخاصة بها كما هو موضح في الشكل (٢ - ١٠) وهذه التراكيب هي:-

الفايروسات Viruses

لقد اشارت دراسة العالم باستير Pasteur وغيرها من الدراسات خلال القرن التاسع عشر ان الاصابة المرضية التي تصيب النباتات الحيوانات تكون بسبب وجود البكتريا غير ان دراسة مرض التبقرقش في نبات التبغ mosaic disease Tobacco ومرض Hoop disease في المواشي اثبتت وجود عامل اخر غير البكتريا يسبب هذه الامراض وقد لوحظ على سبيل المثال ان العصير Sap المنقول من النبات المصاب الى النبات السليم له القدرة على احدث نفس الاصابة للنبات السليم بالرغم من خلو العصير من أي نوع من انواع البكتريا اثناء الفحص بالمجهر الضوئي. ولوحظ ان العصير يبقى حاملاً للاصابة حتى بعد ترشيحه من خلال ورقة الترشيح الذي يمنع مرور اصغر انواع البكتريا من خلال ثقوبه ولوحظ ان العامل المسبب للاصابة لا ينمو على المزارع او البيئات الغذائية Nutritional media الا بوجود الخلايا النباتية الحية ولقد استنتج الباحثون وجود عامل اخر صغير جداً وبسيط تركيباً من البكتريا يسبب هذه الامراض سمي باسم الفايروسات Viruses وفي عام ١٩٣٥ اكد الباحثان ويندل Wendell وروكييفيلر Rockefeller ان الفيروس المسؤول عن مرض التبقرقش في نبات التبغ يكون متبلوراً وهذه البلورات هي المسبب الاساسي للعدوى والفيروسات ليست خلايا حية حسب المفهوم التقليدي للخلية فهي لا تمتلك سايتوبلازم ولا غشاء خلوي وليس لها القدرة على القيام بالفاعليات الايضية وهناك انواع كثيرة من الفيروسات تختلف فيما بينها اختلافاً كبيراً من حيث الشكل والحجم والتركيب ولكن جميعها تشترك في صفة واحدة الشكل رقم (٢ - ١٤) وهي انها متطفلة اجبارياً Obligate Parasite حيث تنمو وتتكاثر فقط داخل خلية العائل Host Cell والتي قد تكون خلية نباتية او حيوانية او بكتريا حسب نوع الفيروس وعندما تكون خارج الخلية الحية تظهر على هيئة تراكيب بلورية تسمى الفيرون Virion.

والفريون يحتوي على كمية قليلة من المادة الوراثية Genome والتي تكون على هيئة سلسلة مفردة او مزدوجة حلقيه من DNA او RNA وليست كما في خلايا الكائنات الحية حيث يتواجد كل من DNA و RNA وقد يحتوي Genome الفايروس لانواع معينة لمئات الجينات. تحتوي الفيروسات النباتية على RNA اما الفيروسات التي تصيب خلية البكتريا فهي تحتوي على DNA في حين ان الفايروسات الحيوانية تحتوى على RNA او DNA.

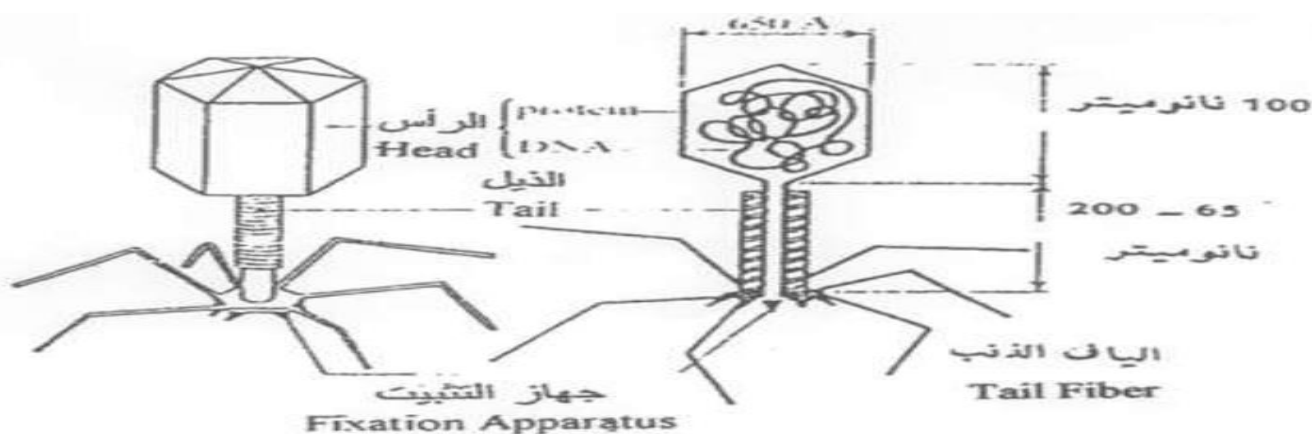
وتحاط المادة الوراثية للفايروس بغطاء بروتيني يسمى الكابسيد Capsid يتكون من عدد من الوحدات الثانوية البروتينية الخاصة تسمى الكابسوميرات Capsomeres وان مجموع المادة الوراثية والغطاء البروتيني يكون ما يعرف بالنيوكليوبروتين Nucleoprotein وهي اما عارية Naked او مغلقة Enveloped.

تسبب الفايروسات العديد من الامراض للانسان مثل الجدري Smallpox والانفلونزا Influenza وشلل الاطفال Polio وداء الكلب Rabies ومرض نقص المناعة المكتسبة AIDS وقد تكون السبب في حصول بعض الامراض السرطانية الخطرة حيث تعزى هذه الامراض الى بعض الفايروسات التي يطلق عليها بالفايروسات العكسية Retroviruses .

اما حجم الفايروسات فيتراوح بين ٢٠ - ٢٠٠ نانوميترًا وان الفايروسات التي تصيب البكتريا (Bacteriophage) فهي اكبر حجماً ومنها مجموعة فايروسات T وكذلك QX174 وقد اكتشفت الفاجات او ملتهومات البكتريا سنة ١٩١٧ من قبل العالم الغربي فليكس دي هيرل Felix DeHerelle وهي لا تختلف في الاساس عن باقي انواع الفايروسات وانما تختلف في اختيار الخلية العائل (Host cell) واما من حيث التركيب فهي تشبه بقية انواع الفيروسات فهي تحتوي على المادة الوراثية المحاطة بغطاء بروتيني والغطاء البروتيني يمثل منطقة الرأس وتكون بأشكال مختلفة منها الكروية Spherical والضمية Comma-shaped وتحتوي على ذنب Tail وتعد الفايروسات البكتيرية نموذجاً مثالياً لدراسة الظواهر البيولوجية مثل دراسة تركيب الفيروس وتضاعفه Replication وطريقة التوارث فضلاً عن دراسة اصابة الخلية بهذه الدقائق الفايروسية.

توجد ستة اشكال خارجية مختلفة من الفايروسات البكتيرية وقد اختصت الدراسات في اكثر الفيروسات شيوعاً هي مجموعة الفايروسات التائية T التي تصيب بكتريا القولون Escherichia coli وهي سبعة انواع رقمت من T1 الى T7 وجميع هذه الفايروسات تحتوي على المادة الوراثية DNA ولها أشكال يرقية الضفدع Toad Pole ورأس سداسي Hexagonal وذنب مجوف محاط بجزيئة بروتينية حلزونية منضغطة Spring like Contractile Protein Sheath طولها يتراوح بين ٦٥ الى ٢٠٠ نانوميترًا وعرضها ٥٠ الى ٧٠ نانوميترًا كما تحتوي على عنق قصير يربط منطقة الرأس بالذنب وطوق Collar وتوجد في نهاية الذنب الصفيحة Plate التي تحمل ستة الياف تسمى الياف الذنب Tail Fiber كما في الشكل (٢-١٥). ويحتوي الفايروس على شريط مزدوج Double-Strand

من الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA الذي يكون ملتفاً داخل الرأس السداسي المكون من غطاء بروتيني ويحتوي DNA الفايروس على اكثر من ٧٥ جين ويوجد على سطح كل فيروس بروتين معين قابل للاتحاد مع مكونات سطح خلية العائل الخاص به فمثلاً يوجد نوع من البروتينات من الفايروس الذي يسبب مرض الايدز AIDS الشكل (٢) - (١٦) ويكون على هيئة بروتينات سكرية بوزن جزيئي ١٢٠,٠٠٠ دالتونا "Dalton". تتفاعل مع بروتين منتشر على سطح كريات الدم البيضاء للانسان يسهل آلية او ميكانيكية دخول الفايروس الى خلية العائل.



الشكل رقم (٢-١٥) يبين تركيب الفاج البكتيري T

كيمياء الخلية The chemistry of cell

ان الخلية هي الوحدة الاساسية للنسيج الحي سواء أكان هذا النسيج حيوانياً ام نباتياً وتختلف الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية في الشكل والحجم والوظيفة ولكنها تشترك في صفات اساسية من حيث التركيب والطبيعة الكيميائية سواء اكانت الخلايا بدائية ام حقيقية النواة وتتميز الخلايا ايضاً باحتوائها على نفس المكونات ولكنها تختلف باختلاف الخلايا. ان المواد الكيميائية الاساسية التي تكون الخلية هي الماء والبروتينات والدهون والاملاح والاحماض النووية والكاربوهيدرات فضلاً عن بعض المركبات المعقدة التركيب كالفيتامينات والهرمونات وتختلف نسبة وجود هذه المواد في الكائنات المختلفة والخلايا المختلفة كما في الجدول رقم (٣-١).

جدول رقم (٣-١) يبين المواد المكونة للخلايا ونسبها في الخلايا والكائنات المختلفة

المكونات	خلايا كبد الفئران	خلايا عضلات الفئران	بكتريا القولون <i>E. coli</i>	بذرة الذرة
الماء	٧٢-٦٩	٧٦	٧٣	١٣
البروتين	٢٢-١٦	٢١	١٩	٩
السكريات المتعددة	١٠-٢	٠,٦	١,١	٧٣
الدهون	٥	١١-٤	١,١	٤
الاحماض النووية	٥-١	٢-١	٣,٥	١
الاملاح	١	١	٢,٣	١

توجد البروتينات والدهون والاحماض النووية والكاربوهيدرات على شكل جزيئات كبيرة نسبياً تدعى الجزيئات الكبيرة **Macromolecules** اما الماء والاملاح فتوجد على شكل ايونات ولكن الفيتامينات والهرمونات فانها قد تندمج مع الجزيئات الكبيرة مكونة معقداً **Complex** او تبقى على شكل جزيئات صغيرة **Micromolecules** واحد الطرق المبتكرة لدراسة المكونات الكيميائية للخلية هي التحليل الكيميائي للانسجة بأكملها مثل الكبد والدماغ والجلد او الخلايا المرستيمية **Meristematic cells** النباتية ولهذه الطريقة معاني محددة في علم الخلية **Cytology** وذلك لان المادة التي يجري تحليلها هي عموماً خليط من مختلف انواع الخلايا وبالإضافة الى احتوائها على مواد خارجية وفي السنوات الاخيرة ادى تطور طرق تجزئة الخلية **Fractionation** وكذلك طرق اخرى دقيقة ادت الى فصل المكونات الخلوية بشكل نقي وبالتالي الحصول على معلومات اكثر اهمية حول التركيب الكيميائي للخلية.

Inorganic Components

المكونات اللاعضوية

Water الماء (١)

يشكل الماء اعلى نسبة بين المركبات الكيميائية الموجودة في الكائنات الحية حيث يمثل حوالي ٦-٩٥% من الوزن الكلي لمختلف الخلايا والانسجة مع بعض الاستثناءات كما في عظام الانسان والبذور وكذلك السبورات. ان الماء مذيب طبيعي لايونات المعذية ولا يمكن ان يستغنى عنه في العمليات الايضية التي تتم كلياً داخل محيط مائي كما يكون الماء كوسط انتشار للنظام الغروي للبروتوبلازم حيث ان الماء يمتزج بسهولة مع البروتوبلازم فضلاً عن ان جزيئات الماء تسهم كذلك في العديد من التفاعلات الانزيمية في الخلية ويمكن ان تنشأ نتيجة العمليات الايضية. ويوجد الماء في الخلية على شكلين:

أ- ماء حر **Free Water**: هو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية ويدخل في عمليات التحول الغذائي ((الايض)) ويعمل وسطاً للتفاعلات الكيميائية ويشكل نسبة ٩٥% من كمية الماء الموجود في الخلية.

ب- ماء مقيد Bound Water: وهو الماء المتصل بجزيئات البروتين بروابط كيميائية أي انه يدخل ضمن تركيب مكونات الخلية وتقدر نسبته ٤-٥% من كمية الماء الموجود في الخلية.

الاملاح والايونات Salt & Ions

تعد الاملاح ضرورية للمحافظة على الضغط الازموزي والتوازن الحامضي القاعدي لخلية حيث يزداد الضغط الازموزي داخل الخلية بزيادة تراكيز الايونات مما يؤدي الى دخول لماء الى داخل الخلية. ان تراكيز الايونات في السائل الخلوي تختلف حسب نوعية الايونات مثلاً تكون تراكيز ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم داخل الخلية عالية في حين ان ايونات لصوديوم والكلوريد توجد بشكل رئيسي خارج الخلية كما يعد الفوسفات المصدر الرئيسي داخل لخلية كما تحتوي الخلية على ايون البيكاربونات. اما ايونات الكالسيوم فهي موجودة في كل

من الخلايا ومجرى الدم، أما في العظام فإن ايونات الكالسيوم ترتبط مع ايونات الفوسفات الكربونات لتكون ترتيبات بلورية وتوجد الفوسفات في الدم والسوائل النسيجية على شكل بون حر ولكن اكثر الفوسفات يكون مرتبطاً على شكل دهون مفسفرة Phospholipids نيوكليوتيدات Nucleotides وبروتينات مفسفرة Phosphoproteins وسكريات مفسفرة Sugar Phosphate وهناك الفوسفات الاحادية H_3PO_4 والفوسفات الثنائية HPO_4^{2-} لعب دوراً في تثبيت pH الدم وسوائل الانسجة وهناك ايونات موجودة في الانسجة كالكبريتات الكربونات والبيكاربونات والمغنيسيوم والاحماض الامينية وهناك معادن توجد باشكال غير تأينة كالحديد الذي يوجد في جزيئة الفيريتين Ferritin والسايتركرومات Cytochromes بعض الانزيمات مثل الكتاليز Catalase وسايتركروم اوكسيداز Cytochrome Oxidase ما ان هناك اثار قليلة من المعادن منها المنغنيز والنحاس والكوبلت واليود والسلينيوم والنيكل المولبدنيوم والخرصين وهي ضرورية لادامة فعالية الخلية.

المنظمات الحيوية Bio-Buffers

وهي مواد لها القدرة على الاتحاد مع ايونات الهيدروجين مما تعمل على ازالة ايونات الهيدروجين المحاليل زائدة الحموضة وتنقل هذه الايونات من الهيدروجين الى محاليل منخفضة الحموضة وبذلك تظل قيمة pH للسوائل والمحاليل الحيوية في الجسم ثابتة قدر الامكان في مواجهة التغير في مكوناتها الحامضية ويتضح أن وجود مثل هذه المنظمات في الخلايا الحية يؤدي الى ثبات pH الخلايا والسوائل الحيوية في مواجهة التغيرات في المكونات الحامضية. وتوجد ثلاث منظمات رئيسية في معظم الكائنات الحية وهي الفوسفات والبيكاربونات والبروتينات والجدول رقم (٣-٢) يوضح الدور الذي تلعبه بعض الايونات.

الغازات Gases

يحتوي برتوبلازم الخلايا على بعض الغازات ومنها:

أ- غاز الاوكسجين الذي يتم الحصول عليه بفعل عملية التنفس او مع عملية احتراق السكر او المادة الغذائية وهو ضروري لعملية تأكسد الغذاء في خلايا الجسم ((التنفس الخلوي)) لانتاج الطاقة وبالتالي القيام بالاعمال والنشاطات الحيوية المختلفة.

غاز ثنائي اوكسيد الكربون وهو من نواتج عملية الايض في الكائنات الحية الا ان اهميته تظهر في النباتات والطحالب لأهميته في عملية البناء الضوئي لتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية متمثلة في بناء المواد الكربوهيدراتية السكرية في الخلايا

جدول رقم (٣-٢) بعض الايونات واهميتها للكائنات الحية

الايون	الوظيفة
الفوسفات PO_4	منظم طبيعي ويدخل في تركيب الغشاء البلازمي.
حامض الفوسفوريك H_3PO_4	يدخل في تركيب بعض البروتينات والشحوم.
الكربونات HCO_3 CO_3	منظم طبيعي
الحديدوز Fe^{++} الحديديك Fe^{+++}	يدخل في تركيب الهيموكلوبين والسايتوكرومات وكذلك في تركيب بعض الانزيمات
الكالسيوم Ca^{++}	يدخل في تركيب الانزيم المؤكسد لحامض الاسكوربيك.
الخارصين Zn^{++}	يدخل في تركيب المحلل للروابط البيبتيدية وانزيمات الفوسفاتيز.
المغنسيوم Mg^{++}	يدخل في تركيب الكلوروفيل Chlorophyll.

ب- وله دور مهم في النبات في عملية فتح وغلق الثغور Stomata حيث لاحظ العالم ساير Sayer سنة ١٩٢٦ ان الثغور في اوراق النبات تستجيب للتغيرات الحاصلة في درجة حموضة pH الخلايا الحارسة حيث تفتح الثغور عندما تنخفض الحموضة ولقد اقترح ساير ان سبب انخفاض درجة حموضة الخلايا الحارسة يعود الى تجمع غاز ثنائي اوكسيد الكربون ويقل او يزداد هذا الغاز تبعاً لاستعماله من قبل البلاستيدات الخضراء الموجودة في الخلية الحارسة فعندما يكون الضوء موجوداً يستعمل في عملية البناء الضوئي فيقل تركيزه فيصبح محيط الخلية الحارسة قاعدياً «قلوياً» فيزداد pH وفي الظلام يزداد تركيز ثنائي اوكسيد الكربون فيصبح محيط الخلية الحارسة حامضياً نتيجة لتكوين حامض الكربونيك (تقل pH) وتؤثر حموضة محيط الخلية على فعالية انزيمات التحلل المائي Hydrolases والتي تقوم بتحليل النشا الى سكريات بسيطة حيث تزداد فعاليتها عندما يكون الوسط قاعدياً وزيادة نسبة السكريات تقلل الجهد المائي للخلية الحارسة فيدخلها الماء ويحدث العكس في الظلام ومن اهم الانزيمات انزيم Phosphorylase.

المكونات العضوية Organic Components

ان المكونات العضوية هي عبارة عن سلاسل طويلة مكونة من تكرار وحدات معينة متصلة مع بعضها بواسطة روابط كيميائية وتسمى هذه الوحدات البنائية مونومير (احادي الوحدة) Monomer بينما تدعى الجزيئة الكبيرة المكونة من تكرار المونوميرات بال بوليمير (متعدد الوحدات Polymer) ان اختلاف عدد المونوميرات المكونة لجزيئة كبيرة معينة يؤدي الى تكوين جزيئات ذات صفات مختلفة منها ومن المكونات العضوية للخلية الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات Lipids والاحماض النووية.

الكربوهيدرات Carbohydrates

التركيب والوظيفة Structure and Function

ان جميع المواد العضوية على الكرة الارضية مشتقة من عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في محيط الغلاف الجوي Atmosphere وتحويله الى كربوهيدرات CH_2O وذلك من خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis كالنشأ والسليلوز والسكروز وتشترك هذه المواد الاولية في توليد الطاقة اثناء عملية التنفس والطاقة المتولدة ذات فائدة عظيمة.

اهمية الكربوهيدرات Significance of Carbohydrates

تتركز اهمية الكربوهيدرات في:

- ١ - تعد مصدراً أساسياً كبيراً للطاقة.
- ٢ - تخزن الطاقة الكيميائية المشتقة من الكربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة مثل GTP, ATP والكلوكوز - ١ - فوسفات.
- ٣ - تدخل في عملية تكوين بعض محتويات الخلية مثل البروتينات والدهون والاحماض النووية والكربوهيدرات الاخرى.
- ٤ - تدخل في بناء جدار الخلية.

البروتينات Proteins

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

البروتينية غالباً الا في حالات خاصة كما في البقوليات كالفاول والعدس وكذلك البومين البيض (زلال البيض) Albumin وتستخدم هذه البروتينات المخزونة في نمو الجنين ويختلف الوزن الجزيئي للبروتينات من ٥٠٠٠ الى عدة ملايين وتتكون من العناصر الآتية:

الكاربون	٥١-٥٥%
الاوكسجين	٢٠-٣٠%
الكبريت	٣,٥-٢,٥%
الهيدروجين	٦-٣,٧%
النيتروجين	١٥-١٨%

وتحتوي بعض البروتينات على الفسفور وبعض العناصر الاخرى مثل الحديد والنحاس والمنغنيز واليود وتختلف نسبة هذه المواد باختلاف مصادر البروتين وتتكون جزيئة البروتين الطبيعي من سلسلة واحدة او اكثر من السلاسل الببتيدية التي تتكون من الاحماض الامينية Amino acid التي ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية وعادة يكون وضع الذرات والمجموعات حول الروابط الببتيدية.

الانزيمات Enzymes

وهي محفزات بروتينية تبني داخل الخلية الحية وتعمل كعوامل مساعدة بايولوجية للتعجيل من معدل سرعة التفاعلات الحياتية وهي تعمل بتخصص عال على جزء (المادة الاساس Substance) معين او على صنف من الجزيئات المعينة وتحوي الخلية الواحدة ما يقارب من (١٠٠٠) من الانزيمات المختلفة وهو السبب الذي يجعل الخلية تعمل بكفاءة عالية

اما تسمية الانزيمات فان اسم الانزيم يتألف من قسمين يشمل القسم الاول على اسم المادة الاساس التي يعمل عليها الانزيم او اسم الناتج واما القسم الثاني فهو يصف نوع التفاعل المحفز فمثلاً " Pyruvate kinase و Glucose phosphate isomerase .

أصناف الانزيمات Classes of enzymes

تقسم الانزيمات الى ستة اصناف حسب طبيعة التفاعل الذي تحفزه وهي كالآتي :

الصنف	العمل الذي يقوم به	مثال
المؤكسدة والمختزلة Oxidoreductase	تعمل في تفاعلات الاكسدة	alcohol dehydrogenase
الناقلة Transferase	تعمل على نقل مجموعة كيميائية من مادة اساسية لاخرى	alanine transaminase
المميئة Hydrolases	تعمل في تفاعلات التحلل المائي	leucine aminopeptidase
الفاصلة Lyases	تعمل على حذف مجاميع كيميائية بدون تميؤ	pyruvate decarboxylase
المناظرة Isomerases	تعمل على تغيير احد متناظرات مركب ما الى متناظر اخر له	triose phosphate isomerase
الرابطة Ligases	تعمل على ربط جزيئين مع بعضهما	citrate synthetase

الليبيدات

Lipids

تؤلف الليبيدات مجموعة من المواد التي توجد في الطبيعة وتتكون من أحماض دهنية ذات الوزن الجزيئي العالي ومواد أخرى مثل الفوسفاتيدات والاستيرولات والكاروتينات وتعرف أيضاً بأنها مجموعة المواد الحيوية التي لا تذوب في الماء ولكن تذوب في المذيبات العضوية وهي مواد غير متصلبة ومن أهم وظائفها أنها مصدر للطاقة في الجسم وقد وجد أنه عند احتراق الليبيدات تنتج كمية كبيرة من الحرارة لكل غرام أكثر من الكمية الناتجة من احتراق ١ غم من الكربوهيدرات ومن وظائفها أنها تعمل عازلة للحرارة في الجسم وتدخل في تركيب الأغشية. إن الجهاز العصبي غني بالمادة الليبيدية وتعد المواد الليبيدية نشطة بيولوجياً ومن وظائفها أيضاً تجهيز الجسم بمواد تعرف بالأحماض الدهنية. وعند ارتباط الليبيدات مع البروتين يتكون ما يعرف بالليبوبروتينات Lipoproteins وهي مكونات هامة لعدد من الأغشية الطبيعية مثل أغشية الخلايا وتوجد المواد الليبيدية في جميع أجزاء النباتات بما في ذلك السيقان والأوراق والجذور والأزهار الشكل (٣-٧).

الأحماض النووية

Nucleic acids

تعرف الأحماض النووية بأنها عبارة عن جزيئات كبيرة تحمل المعلومات الوراثية وتكون مسؤولة عن نقل المعلومات الخاصة ببناء البروتينات وتكون الأحماض النووية على نوعين هما:
النوع الأول:

يحتوي هذا النوع على سكر الرايبوز Ribose لذا يطلق عليه الحامض النووي الرايبوزي (RNA) Ribonucleic acid.
النوع الثاني:

يحتوي هذا النوع على سكر الرايبوز منقوص الأوكسجين Deoxyribonucleic acid (DNA) ويتكون كلاهما بشكل بوليمرات خيطية مكونة من وحدات تعرف النيوكليوتيدات Nucleotides وهذه النيوكليوتيدات ترتبط مع بعضها البعض عن طريق أوأصر فوسفاتية ثنائية الاستر Phosphodiester حيث ترتبط مجموعة الفوسفات المرتبطة مع ذرة الكربون ٥ (C5) للسكر المكون للنيوكليوتيد الأول مع مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة مع ذرة كربون رقم ٣ (C3) للسكر المكون للنيوكليوتيد التالي له.

مكونات الأحماض النووية Components of Nucleic Acids

تتركب النيوكليوتيدة من ثلاث وحدات بنائية هي القواعد النايتروجينية (بيورين وبايريميدين) (Pyrimidine, Purine) والتي ترتبط بجزيئة سكر خماسي قد يكون رايبوز أو رايبوز منقوص الأوكسجين بالإضافة إلى مجموعة فوسفات ترتبط بجزيئ السكر عند ذرة الكربون الخامسة .

Pyrimidines

أ- القواعد البايريميدينية

عبارة عن مشتقات من المركب الحلقي غير متجانس والمعروف باسم البايريميدين ذو الصفة الحلقية وتتضمن القواعد البايريميدينية مركبات اليوراسيل Uracil والساييتوسين Cytocine والثايمين Thyamine الشكل (٣-٨) ويدخل الساييتوسين واليوراسيل في تركيب

الحامض النووي RNA بينما يدخل الثايمين Thyamine والساييتوسين في تركيب الحامض النووي DNA وتتميز قواعد البايريميدين بقدرتها على التحولات الايزوميرية.

Purines

ب- البيورينات

ان مصدر البيورينات يرجع الى مادة البيورين التي تتكون من التحام البايريميدين سداسية الشكل بحلقة اخرى مؤلفة من ذرتي نيتروجين وذره كربون ومن القواعد البيورينية الادنين (Adenine) والكوانين (Guanine) الشكل (٣-٨) واللذان تتواجدان في نوعي الاحماض النووية (DNA و RNA) باضافة الى ذلك فهناك مشتقات اخرى للبيورين وتعتبر اقل انتشاراً منها مثل البيورينات الميثيلية والهيدرانشين والزانفيسن وحامض الاوليك.

Sugars

ج- السكريات

يحتوي الحامض النووي الرايبوزي RNA على سكر خماسي D-ribose في صفته الحلقية الفيورانوزية بينما يحتوي الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA على سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين.

Nucleosides

د- النيوكليوسيدات

النيوكليوسيد هو عبارة عن المركب الناتج عن اتحاد القواعد البيورينية او البايريميدينية مع السكر الخماسي رايبوز او رايبوز منقوص الاوكسجين فعندما تتحد قاعدة الادنين (A) مع الرايبوز تتكون مادة الادينوسين بينما عند اتحاد الكوانين (G) مع الرايبوز فانه يعطي الكوانوسين وهكذا بالمثل عند اتحاد قواعد البايريميدين مثل الساييتوسين (C) واليوراسيل (U) اما النيوكليوسيدات المناظرة والتي تنتج من اتحاد قواعد البيورين او اليايرميدين مع سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين فانها يطلق عليها مثلاً ادينوسين منقوص الاوكسجين.

Nucleotides

هـ- النيوكليوتيدات

النيوكليوتيدات ما هي الا استرات تتكون من خلال اتحاد النيوكليوسيدات (Nucleosides) مع حامض الفوسفوريك وفيها يرتبط الرايبوز منقوص الاوكسجين مع مجموعة الفوسفات عند ذرة الكربون رقم ٣ من السكر وينشأ عن ذلك تكوين النيوكليوتيدة وكل نيوكليوتيدة ترتبط مع نيوكليوتيدة اخرى بواسطة الاصرة الفوسفاتية ثنائية الاستر لتكوين شريط الحامض النووي شكل رقم (٣-٩).

Types of RNA

انواع الحامض النووي الرايبوزي

ان جزئ RNA يتكون من سلسلة مفردة من متعدد النيوكليوتيد Polynucleotide وتكون على هيئة خيط مفرد وملتف حول نفسه وهناك عدة انواع من الحامض النووي الرايبوزي RNA ويدخل في تركيبها القواعد النتروجينية الادنين (A) والكوانين (G) والسايروسين (C) واليوراسيل (U) كما في الشكل (٣-١٠) والشكل (٣-١١) وان هذه الانواع من الـ RNA تختلف عن بعضها في الترتيب النيوكليوتيدي والوزن الجزيئي وتختلف ايضاً في الوظيفة التي يؤديها ومن اهم هذه الانواع ما يلي:

١ - الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي Ribosomal RNA

يرمز له بالرمز rRNA ويمثل هذا النوع المكون الرئيسي للـ RNA الكلي في الخلية ويمثل نسبة ٨٠-٨٥% من RNA الكلي يوجد متحداً مع البروتين القاعدي في الرايبوسوم حيث يكون في صورة اجسام كروية تقريباً في اغلب الخلايا ويشكل نسبة ٥٠% من الرايبوسوم.

٢ - الحامض النووي الرايبوزي الناقل Transfer RNA

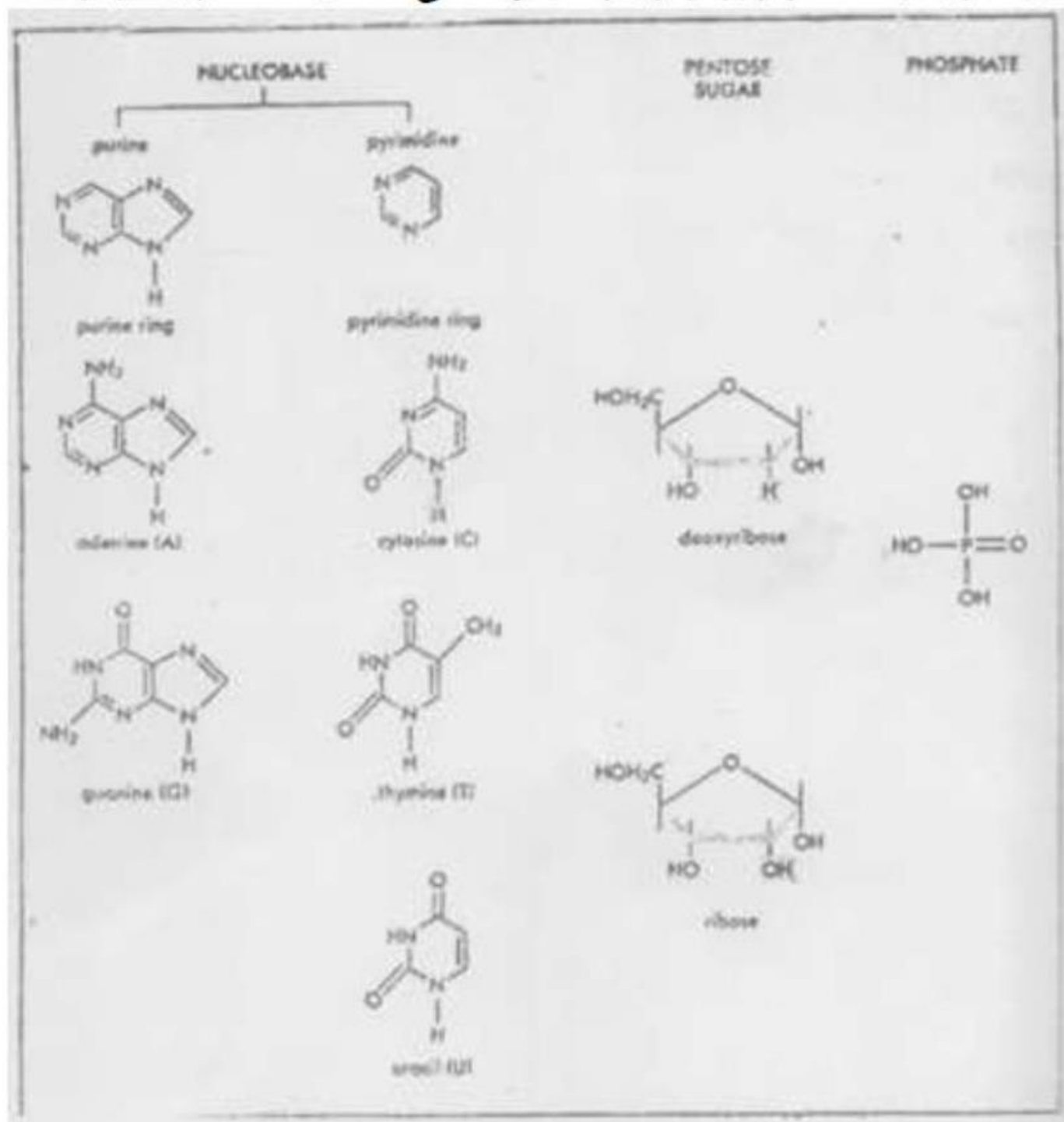
ويرمز له بالرمز tRNA ويقوم بنقل الاحماض الامينية المنشطة من الساييتوبلازم الى الرايبوسومات حيث تحدث عملية بناء البروتين ولذلك سمي الناقل ويكون وزنه الجزيئي

صغيراً ويختص كل tRNA بنقل حامض اميني من الاحماض التي تدخل في تخليق البروتين ويشكل tRNA حوالي ١٠-٢٠% من كمية RNA الكلية في الخلية وهو خليط من عدة انواع يتراوح الوزن الجزيئي لها من ٢٥-٣٠ ألف دالتون أي ان الوزن يحتوي على ٥٧ نيوكليوتيدة.

٣ - الحامض النووي الرايبوزي المرسال Messenger RNA

ويرمز له بالرمز mRNA ويوجد اساساً في ساييتوبلازم الخلية والنواة ويمثل نسبة ضئيلة من الكمية الكلية لـ RNA ويتراوح الوزن الجزيئي له من ٣٠ ألف الى عدة ملايين ويختلف الترتيب النيوكليوتيدي وعدد النيوكليوتيدات في جزيء mRNA باختلاف نوع البروتين المراد تخليقه ومن الناحية النظرية فان عدد النيوكليوتيدات في جزء mRNA لا يقل عن ثلاثة امثال عدد الاحماض الامينية في سلسلة متعدد الببتيد (البروتين) المراد تخليقه في الخلية. يعد mRNA حاملاً للشفرة الوراثية لذلك يكون وجوده في صورة خيطية مستقيمة حيث يرتبط مع عدد من الرايبوسومات التي تمثل مصنع بناء البروتين ويكون mRNA بوزن جزيئي كبير وهو المسؤول عن نقل الشفرات الوراثية من نواة الخلية الى الساييتوبلازم حيث تقوم الرايبوسومات بترجمة الشفرة الوراثية الى تسلسل من الاحماض الامينية.

ويتم تخليق الانواع الثلاثة السابقة من RNA في النواة من النيوكليوتيدات الحرة حيث يكون احد خيطي DNA بمثابة قالب (Templet) وتتجمع النيوكليوتيدات حسب خاصية الازدواج القاعدي بحيث يقابل الادنين قاعدة اليوراسيل ويقابل الكوانين قاعدة الساييتوسين



تركيب ووظيفة الجدار الخلوي وغشاء البلازما

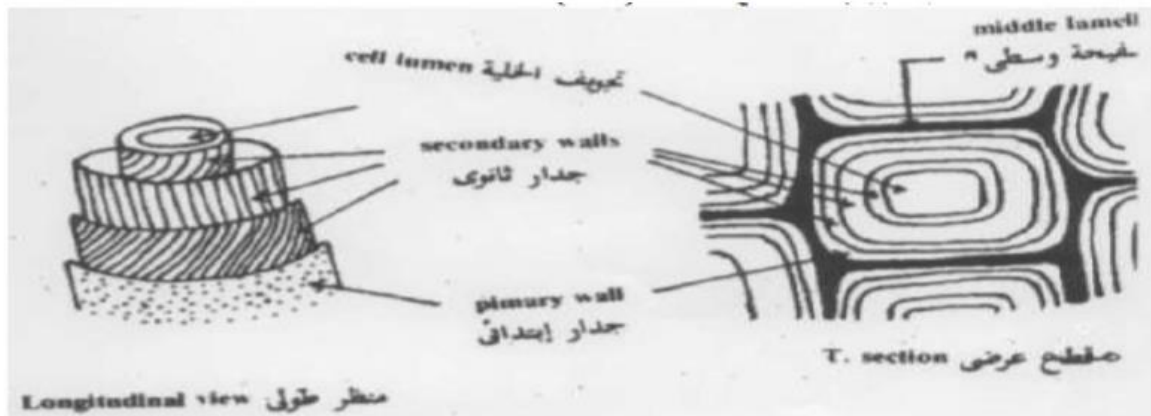
Structure and Function of Cell Wall and Plasma membrane

Plant Cell Wall جدار الخلية النباتية

تحاط خلايا افراد عالم النبات باغلفة او جدران غير حية والتي تحدد شكل الخلية حجمها وتركيب انسجتها وان سمك هذه الجدران يتباين بين خلية واخرى حيث يعد نظام تثخن هذا صفة مميزة للخلايا المختلفة فعلى سبيل المثال فان خلايا النسيج الحشوي Paranchym تكون لها جدران خلوية رقيقة في حين تكون اكثر سمكاً في الخلايا التي سيطر على توصيل ونقل الماء Water Conducting Cells في انسجة الجزء الخشبي لمظهر الخارجي لجدار الخلية.

جدار الاول Primary wall

وهو الجدار الموجود في الطبقة الخارجية للخلية ولا يكون الجدار الاول للخلية لاصقاً تماماً مع مثيله في الخلية المجاورة حيث توجد هناك صفيحة وسطى Middle Lamell تفصل فيما بينها كما في الشكل (١-٥).



شكل رقم (١-٥) رسم تخطيطي يبين جدار الخلية النباتية
أ- مقطع عرضي ب- منظر طولي

الجدار الثانوي Secondary wall

وهو جدار اضافي يوجد في خلايا متخصصة ويوازي السطح الداخلي للجدار الاول ويعزى له تثخن جدار الخلية النباتية في بعض الانسجة وعندما تتم عملية تكوين الصفيحة الوسطى والجدار الاول تبقى فتحات في جدار الصفيحة الوسطى تسمى بالحفر او النقر Pits وهذه النقر تسمح بمرور المواد بين الخلايا النباتية المتجاورة كما ويمكن ملاحظة مواد سايتوبلازمية او خيوط البلازمودزماتا Plasmodesmata تمر من خلال هذه النقر.

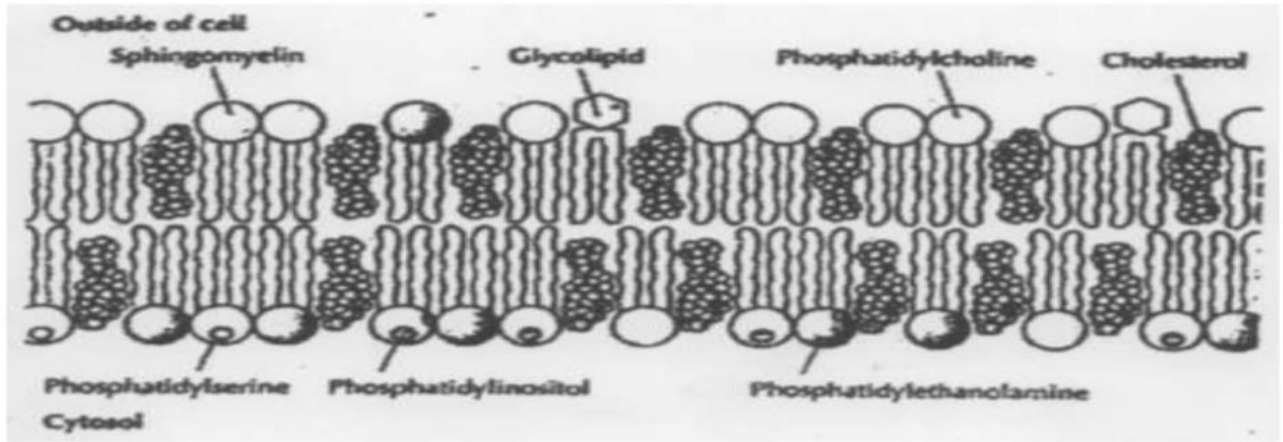
- ١ - يشكل جدار الخلية حاجزاً " فيزيائياً" يمنع اجتياح الفايروسات والبكتيريا المرضية و الابواغ الفطرية .
- ٢ - تعبر من خلاله الجزيئات التي تصل اوزانها الجزيئية الى ٦٠ % .
- ٣ - يمثل الهيكل التركيبي للخلية النباتية بسبب قوته وصلابته .
- ٤ - يمنع انتفاخ الخلية النباتية بعد ان تصل الى حجمها النهائي عند انتهاء الانقسام الخلوي بالرغم من وجود الضغط الاوزموزي والسبب في ذلك يعود الى حصول تغيير في ترتيب الالياف الدقيقة للسليولوز .
- ٥ - يوفر الحماية الميكانيكية للخلايا النباتية ضد الفطريات الممرضة .
- ٦ - تعمل السكريات المتعددة لجدران بعض الخلايا النباتية كمواد كاربوهيدراتية خازنة كجدران بذور نبات التمر هندي Tamarind .

الغشاء البلازمي Plasma membrane

يشكل الغشاء البلازمي حدود الخلية الذي يفصل المحتوى الداخلي للخلية عن محيطها الخارجي اذ ان جميع المواد الداخلة او الخارجة من الخلية يجب ان تمر عبر الغشاء البلازمي . وقد تمر المواد احياناً عبر الغشاء البلازمي عن طريق النقل السلبي passive transport ويسمى الغشاء البلازمي ايضاً بالغشاء الخلوي Cell membrane او يسمى كذلك الاكتوبلاست Ectoplast وهو غشاء نفاذ Permeable يعمل عمل غشاء نصف ناضج وفي نفس الوقت له القابلية الاختيارية للمواد الداخلة والخارجة من خلاله كما تساهم في حالات كثيرة جزيئات ناقلة موجودة ضمن الغشاء البلازمي في عملية نقل المواد عبر الغشاء وتتم هذه العملية بصرف كميات كبيرة من الطاقة الكيميائية. وبالنظر لكون الغشاء البلازمي رقيق جداً لذلك لا يمكن تمييزه بسهولة باستخدام المجهر الضوئي ويلاحظ في بعض الخلايا ان الغشاء البلازمي محاط بطبقات واقية اكثر سمكاً بحيث يمكن تمييزها بالمجهر فمثلاً معظم الخلايا النباتية تمتلك جداراً سليولوزياً سميكاً يغطي ويدعم الغشاء البلازمي والذي يطلق عليه اسم الجدار الخلوي Cell Wall اما خلايا الحيوانات فبعضها محاط بمواد قوية . ان للجدار الخلوي الوظائف المهمة للخلية غير انه لا يلعب أي دور في عملية عبور المواد وانتقالها من وإلى الخلية.

التركيب الكيميائي Chemical structure

يتألف الغشاء البلازمي من البروتين **Protein** والدهن **Lipid** التي تكون مرتبة مع بعضها البعض بشكل طبقة رقيقة بواسطة اواصر غير تساهمية وتعتمد نسبة الدهن الى البروتين على نوع الغشاء الخلوي بالنسبة للغشاء البلازمي والعضيات الخلوية الاخرى وكما موضحة في الجدول رقم (5-2) كما ويؤثر نوع الكائن الحي فيما اذا كان حقيقي النواة او بدائي النواة على هذه النسبة كذلك يلاحظ وجود الكوليسترول ودهون سكرية **Glycolipids** وتختلف نسبة هذه الانواع من الدهون الغشائية باختلاف انواع الاغشية البلازمية وقد بينت نتائج الدراسات الحديثة على اغشية كريات الدم الحمراء ان هنالك تبايناً في توزيع هذه الانواع من الدهون وحتى الدهن الواحد على طبقتي الغشاء فمثلاً يوجد **Choline** **Phospholipids** والدهون السكرية على الطبقة الخارجية اكثر من وجودها على الطبقة الداخلية للغشاء المواجهة للسايتوبلازم والتي يكثر وجود **Amino Phospholipids** عليها وقد اقترح الباحثون ان هذا التباين يكون ثابتاً حيث لا يحدث تبديلاً (تبادل) بين طبقتي الدهن ويمكن ان يعزى ذلك الى ان المجاميع القطبية الكارهة للماء **Hydrophobic** لطبقة الدهن الثانية تتطلب طاقة عالية اذا ما ارادت الحركة خلال المركز.



شكل رقم (5-4) أهم المركبات الليبيدية للغشاء البلازمي

الدراسات المبكرة للغشاء البلازمي وموديلات الاغشية.

.Plasma membrane models

ان معرفة ترتيب المواد البروتينية الغشائية والمواد الدهنية الغشائية في بنية الغشاء البلازمي وعلاقة المواد هذه ببعضها جلبت اهتمام عدد كبير من الباحثين ولكن ما يؤسف له حقاً انه لا يمكن رؤية شكل توزيع الجزيئات (او ترتيبها) حتى في أعلى تكبيرات أفضل انواع المجاهر الالكترونية ولا توجد لحد الان أي طريقة مباشرة للقيام بدراسة من هذا النوع وان توفرت الان بعض المعلومات عن كيفية ترتيب جزيئات هذين النوعين من المواد في الغشاء البلازمي وهذه المعلومات ما هي الا استنتاجات لدراسات غير مباشرة. وفي خلال عام ١٩٠٢ افترض اوفرتون **Overton** بان الغشاء البلازمي يتألف من طبقة رقيقة من الدهن وقد استند في وضع فرضيته هذه بناءً على ما لاحظته في تجاربه التي اجراها على خلايا الشعيرات الجذرية النباتية حيث لاحظ سهولة انتقال مواد لها القابلية على الذوبان في الدهون عبر الغشاء البلازمي وافترض ايضاً ان الطبقة الدهنية هذه في اغلب الاحوال مزيج من الليسيثينات **Lecithins** ويسمى كذلك **Phosphatidylcholines** والكوليسترول **Cholesterol** وهذان النوعان من الدهون يعتبران في الوقت الحاضر الانواع الاساسية المكونة للدهون الغشائية.

وفي عام ١٩٢٦ تمكن كورتنر Gortner وكريندل Grendel من استخلاص الدهون من أغشية كريات الدم الحمراء لعدد من الحيوانات وقد بينا ان مجموع ما تم استخلاصه من مواد الدهنية من أغشية الكريات الدم الحمراء يكفي لتشكيل سطح سمكه جزئية واحدة مساحته ضعف مساحة سطح كرية حمراء ولقد افترضنا من ذلك الوقت ان الغشاء يتكون من بقعة ثنائية من جزيئات المادة الدهنية Lipid bilayer بحيث تترتب جزيئات هاتين الطبقتين صورة تكون فيها النهايات الكارهة للماء ((او غير القطبية)) متقابلة والنهايات المحبة او ليفة للماء بعيدة عن بعضها كما في الشكل (٥-٩). وفي عام ١٩٣٥ افترض دافسون H.Davoso ودانييلي J.Daniealli ان الغشاء البلازمي مكون من طبقة الدهن الثنائية حاطة بطبقة رقيقة من المادة البروتينية من الداخل والخارج. وقد سمي هذا الموديل باسميهما

قد فسر موديل وحدة الغشاء Model Membrane Unit على المستوى الجزيئي بالاعتماد لى موديل دافسون- دانييلي بالطبقة الوسطى لموديل وحدة الغشاء تقابل طبقة الدهن الثنائية موديل دافسون- دانييلي والطبقتان الخارجيتان المحيطتان بالطبقة الوسطى فتمثلان طبقتي بروتين المحيطة بطبقة الدهن الثنائية في موديل دافسون-دانييلي ونتيجة للاكتشافات الجديدة قد ظهرت عدد من الملاحظات والآراء التي تعارض موديل وحدة الغشاء ومنها:

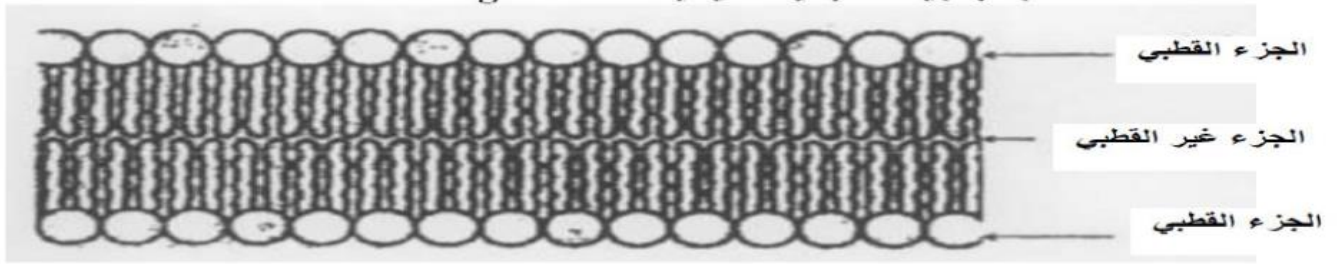
١ - عمومية هذا الموديل حيث من الصعب شموله لمختلف الاغشية الخلوية لاختلافها عن بعضها البعض وحتى لاختلاف اجزاء الغشاء البلازمي المكون للخلية الواحدة.

٢ - لا يوجد دليل قوي حول تطابق تركيب وحدة الغشاء الملاحظ بالمجهر الالكتروني مع ترتيب خاص بجزيئات البروتين والدهن الغشائية.

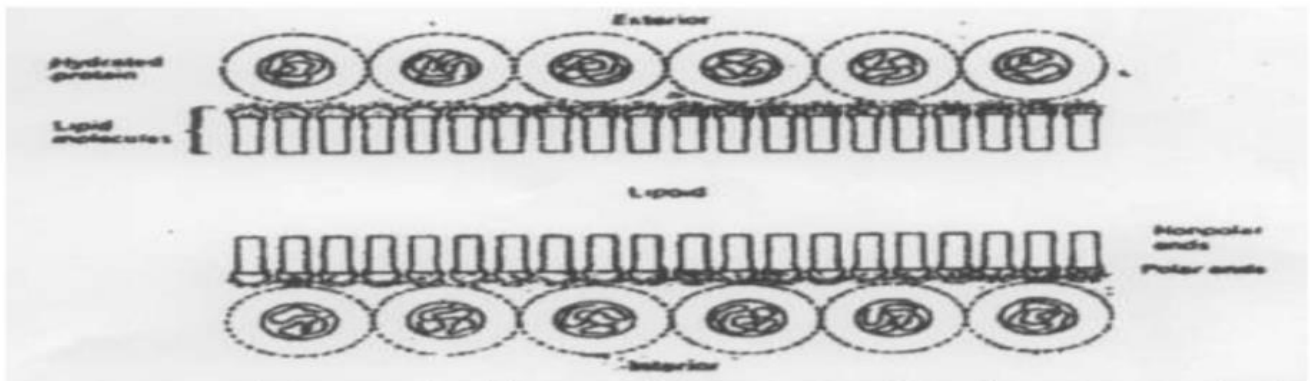
٣ - توفر ادلة حديثة تشير الى ان البروتينات والدهن الغشائية المكونة للغشاء البلازمي لا تبقى ثابتة بل تتغير عند اضافة البروتينات والدهون الى الغشاء او عند ازالته منها او عند توزيعها على طول الغشاء حيث تتغير نسبة البروتينات والدهون المكونة للغشاء من وقت الى اخر بتغير الظروف ولقد اظهر عدد من المشتغلين في حقل المجاهر ان بعض الاغشية الحية وربما من ضمنها الاغشية البلازمية تمتلك تركيباً اكثر تعقيداً من تركيب وحدة الغشاء وقد فرض هؤلاء الباحثون بان الغشاء (او حتى جزء منه) عبارة عن سطح مرصوف بوحدات ثانوية Subunits صغيرة كروية او مضلعة الشكل بدلاً من ان تكون بصورة طبقة مستمرة وقد قام الباحث Green بنشر موديل مبني على هذا الاساس أي مبني على اساس التداخل بين البروتين والدهن في الاغشية وقد اطلق على هذا الموديل اسم موديل وحدة الغشاء Subunit Membrane model او موديل بلورات البروتين Protein

Crystal Model حيث يكون البروتين في هذا الموديل بصورة كتل منفصلة بين طبقة الدهن الثنائية وقد ادخلت احدى التغيرات على مفهوم الموديل السابق (موديل وحدة الغشاء) من قبل سينكر S.J.Singer ونيكلسون Nicolson في عام ١٩٧٢ الذي سمي بالموديل الموزائيكي السائل **Fluid Mosaic Model** كما في الشكل (١٢-٥) ويظهر هذا الموديل ترابطاً وثيقاً بين الدهن والبروتين كما في الموديل السابق ولكن بترتيب اقل صلابة واتحاداً (أي اكثر مرونة) فبدلاً من ان يكون البروتين مرتباً بصورة منفصلة فانه يطفو بصورة حرة في طبقة الدهن الثنائية يعتبر هذا الموديل اكثر قبولاً في الوقت الحاضر ومن مميزات هذا الموديل هو ان البروتينات البينية والدهون تكون:

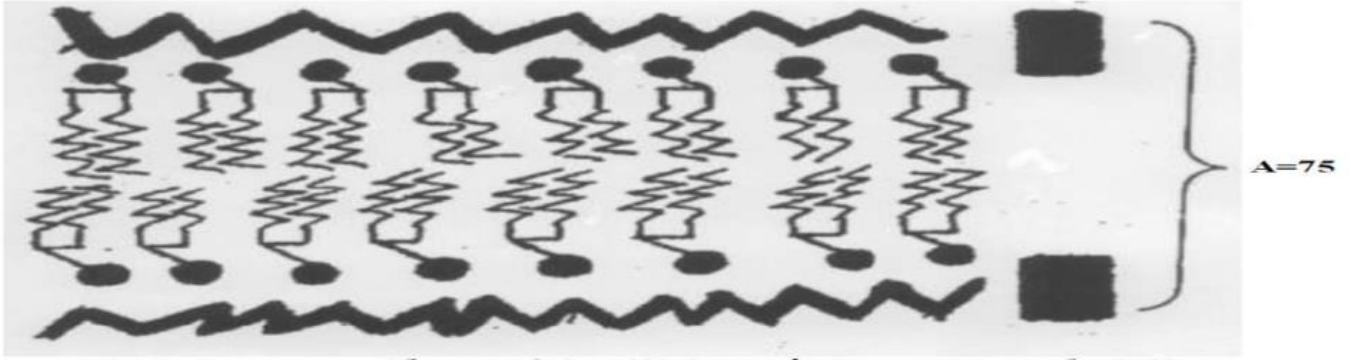
- ١- مرتبة بترتيب يشبه الموزائيك (المبرقش).
- ٢- قادره على انجاز حركات النقل في كل مساحة طبقة الدهن الثنائية وهذا ما يسمى بالسيولة **Fluidity** التي لها علاقة مع قابلية انتقال مكونات الغشاء من الدهون المفسفرة مما يؤيد موديل الموزائيكي السائل في صورة المجهر الالكتروني لاغشية محضرة بطريقة التجميد الكليشية **Freeze Etching method**.



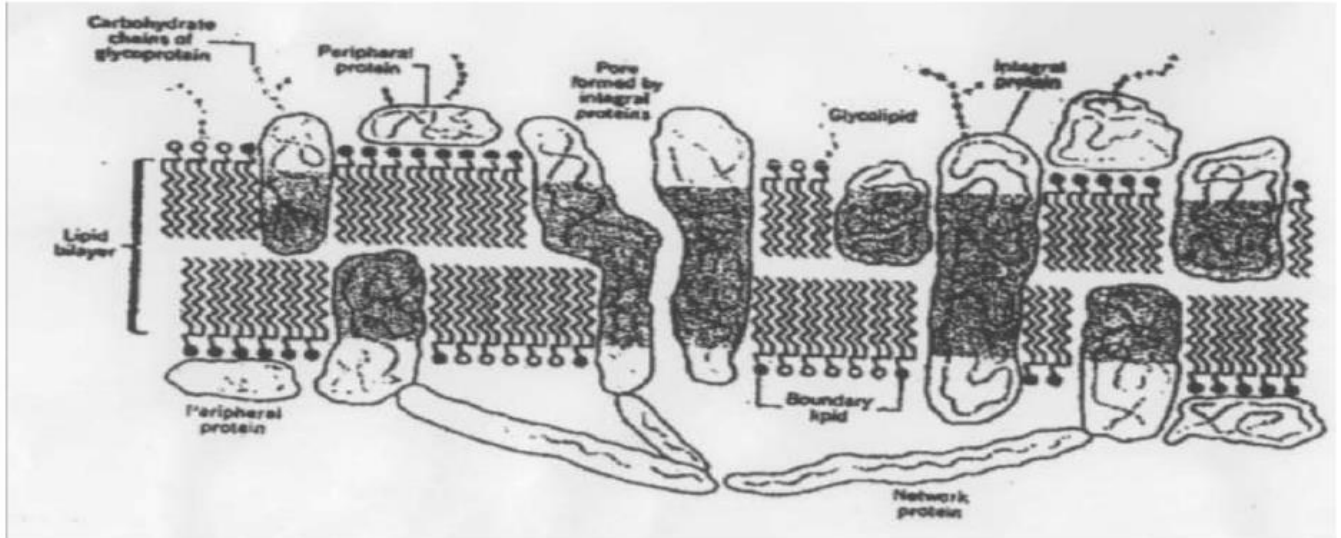
الشكل رقم (٩-٥) نموذج الغشاء البلازمي المقترح من قبل جورتروكريندال ١٩٢٦



الشكل رقم (١٠-٥) نموذج الغشاء البلازمي المقترح من قبل دافسون ودانييلي عام ١٩٣٥



الشكل رقم (١١-٥) يبين نموذج وحدة الغشاء المقترح من قبل روبرتسون عام ١٩٥٩



الشكل رقم (١٢-٥) يبين نموذج الغشاء المبرقش (الموزائيكي) السائل المقترح من قبل سكر ونيكلسون عام ١٩٧٢

النشاط الوظيفي لغشاء البلازما

Functional Activity of Plasma Membrane

يعمل غشاء الخلية على تنظيم مجرى المواد الى داخل وخارج الخلية ويعتمد هذا التنظيم على نفاذية الغشاء وان هذا الغشاء يسمح بحركة الاجسام الصغيرة خاصة، لذا نرى ان الماء يمر بسهولة الى داخل وخارج الخلية بينما لا يسمح بمرور جزيئات كبيرة من خلاله ومع ذلك يلاحظ ان بعض الجزيئات الكبيرة لها القابلية على اختراق الغشاء في وقت محدد من عمر الخلية. وعلى هذا الاساس فانه يمكن وصف غشاء البلازما بانه ذلك الغشاء الذي يختار الاجسام لتمر خلاله. ويكون غير ثابت من الناحية النفاذية ومن الجزيئات التي يكون لها وزن جزيئي عال وتدخل الخلية من خلال غشاء البلازما هي الرايبونوكليز Ribonuclease (الوزن الجزيئي ١٣٠٠٠) والبروتامين والهستونات (الوزن الجزيئي بين ٢٠٠٠-١٠٠٠٠) وهناك عدة طرق يعبر بواسطتها الماء والمواد الاخرى الحواجز الغشائية وهي:-

اولاً: النقل عن طريق تكوين الحويصلات

لأغشية بعض الخلايا القدرة على احاطة بعض المواد وتكوين حويصلات غشائية اذ عن طريقها يتم ادخال واخراج هذه المواد من والى الخلية.

Endocytosis

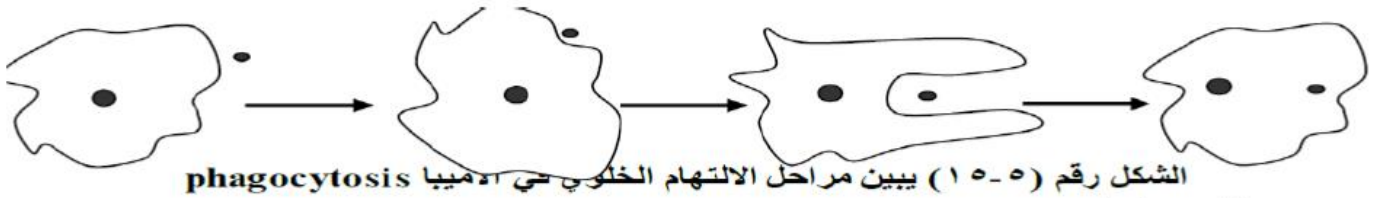
١ - الادخال الخلوي

يتم اخذ الاجسام الى داخل الخلية عن طريق غشاء البلازما بعدة بطرق منها:

Phagocytosis

أ- الالتهام الخلوي (او البلعمة)

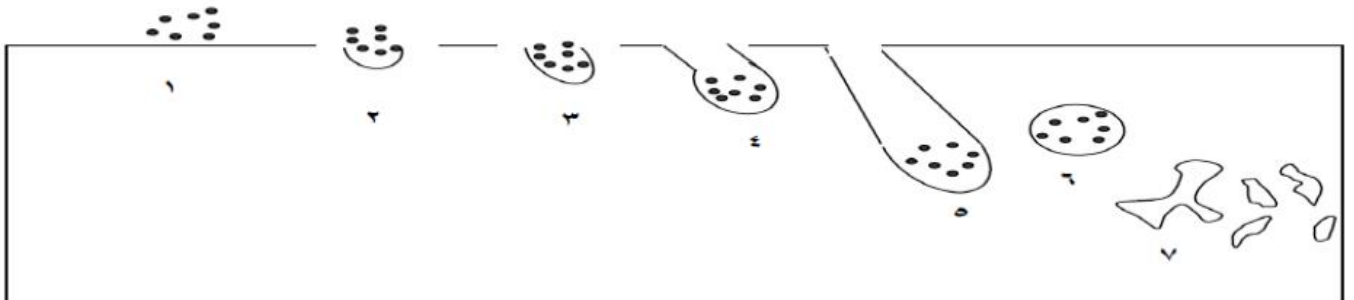
يمثل الالتهام الخلوي هضم الاجسام الصلبة من الخلية بواسطة الفعالية الطبيعية لغشاء البلازما. هذه الظاهرة يمكن ملاحظتها في الاميبا حيث تعمل على مد اقدام كاذبة حول الدقائق المطلوب هضمها ثم تحتوي هذه الدقائق في داخل الخلية الشكل (٥-١٥) وتتكون فجوة كبيرة نسبياً تنطلق الى داخل الخلية وان عمل بعض خلايا الدم البيضاء يكون مشابهاً لعمل الاميبا والتي تساعد الجسم في الوقوف ضد المواد الغريبة اذ ان كريات الدم البيضاء Leucocytes لها القابلية لهضم البكتيريا بواسطة الاكياس الملتهمة وكذلك فضلات الخلية واجسام كبيرة اخرى.



Pinocytosis

ب- الشرب الخلوي

يمثل الشرب الخلوي احتواء المواد السائلة الى داخل الخلية بطريقة تشبه البلعمة وقد يدخل البروتين بهذه الطريقة ايضاً حيث تمتز المواد Adsorbed عند سطح البلازما ثم يحدث لف داخلي Infolding للغشاء ناتجاً في تكوين كيس يحتوي على الدقائق المطلوب هضمها وبعدها فان هذه المواد تتحرر بطريقة ما من الكيس الى داخل الخلية وان الغشاء الذي كان محيطاً للدقيقة قد يصبح جزءاً من الشبكة الاندوبلازمية ويمكن تلخيص العملية وذلك بتكوين اصابع غشائية خارجية تنحني بعدها الى الخلف لتلتحم في النهاية بغشاء الخلية ومرة ثانية مكونة بذلك فجوة غذائية تحتوي بداخلها على المادة الغذائية كما في الشكل (٥-١٦).



ج- اللقف الخلوي Rhopheocytosis

وهذه الآلية في الادخال الخلوي خاصة لنقل كمية كبيرة من المواد مثل الساييتوبلازم مع محتوياته من خلية الى خلية أخرى حيث تتضمن العملية تكوين فجوات في سطح الخلية دون وجود تقديرات سابقة في السطح حيث تظهر الخلية في هذه العملية كأنها تشفط المواد المحيطة

٢ - الافراز الخلوي Exocytosis

ويمكن تقسيم هذه العملية الى عدة اقسام هي :-

أ - الافراز الكلي Holocrine Secretion

ويتضمن هذا الافراز ملء الخلية بالناتج الافرازي ثم تحرر الخلية برمتها كجسم افرازي وبعدها تضمحل الخلية محررة محتوياتها وتمثل الغدد الدهنية لجلد اللبائن انموذجاً لهذا النوع من الافراز.

ب - الافراز الجزئي Eccrine Secretion

وهو عكس الافراز الكلي اذ تبدأ العملية ببناء البروتينات السكرية بواسطة الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (المحببة) Granular Endoplasmic Reticulum ثم ترزم بهيئة اجسام محددة باغشية ثم تحرر محتوياتها داخل تجويف بواسطة التحام الغشاء الموجود حول الجسم بالغشاء الخلوي وتنتج عن هذه العملية انخفاضات مؤقتة تنشأ عند سطح الخلية وفي حالة الافراز الشديد ينشأ خيط من فجوات مرتبطة مع بعضها البعض وبواسطة هذه الوسائل ينبذ الافراز الى الخارج ومن الامثلة لهذا النوع كثير من الغدد ذات الافراز الخارجي والداخلي كالبنكرياس والخلايا الامامية للغدة النخامية والخلايا الدرقية. وان التحام غشاء الجسم الافرازي بالغشاء البلازمي يؤدي الى ان يصبح غشاء الجسم الافرازي جزءاً من الغشاء البلازمي.

ثانياً - الانتشار الحر Free Diffusion

تتحرك الكثير من المواد من خلال الاغشية باسلوب الانتشار الحر، كما تشير الدراسات حيث تتناسب نسبة هذا الانتشار طردياً مع نسبة ذوبان تلك المواد في اللبيد الشكل (٥-١٨). يستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان جزيئاته تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وسرعة حيث اقترح بان الاغشية تحتوي على ثقبوب (٨-١٠) انكستروما" تبطن بجزيئات محبة للماء حيث تكون هذه الفتحات ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء في حين تلاقي جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها.

ثالثاً- الانتشار الميسر واليات النقل

Facilitated Diffusion and Carrier Mechanisms

ان المتأيسضات الاساسية التي لا تذوب بالليبد (كالكسكريات والاحماض الامينية) تدخل الخلية او عضياتها خلال عمليات تتطلب ارتباطات معكوسة مع بروتينات الغشاء وتتم هذه العملية وذلك من خلال تراكيب تسمى النواقل Carriers: والتي هي عبارة عن بروتينات في طبيعتها حيث تكون جزءاً من تركيب الغشاء وتعد متخصصة ولقد افترض وجود موقع ارتباط خاص في كل ناقل والذي يكون مسؤولاً عن ربط نوع معين من الجزيئات فبعد ان تنقل الجزيئة المرتبطة بالناقل الى الجانب الثاني من الغشاء فان الناقل يتحرر وقد يعيد الكرة ليساعد جزيئات اخرى على العبور. ان الذوبان النسبي للايسضات في الليبد غير معنوي ولذا فان تفاعلها يكون مع البروتين وليس مع جزيئات الليبد الموجودة في الغشاء ان قسم من هذه النواقل يدعى بالـ Permeases وذلك نظراً لتشابهها مع الانزيمات في بعض الصفات وبصورة خاصة ان Permeases تعجل النقل وتمنح الخصوصية الاختيارية للنقل او المرور وتكون هذه الخواص متشابهة مع الانزيم ولكن الـ Permeases والنواقل الاخرى تختلف في جانب مهم جداً عن الانزيمات فالـ Permeases قد تغير نقطة التعادل للتفاعل الكيميائي وفي بعض الوقت الى حد كبير بينما الانزيمات تغير فقط النسبة التي عندها يصل التعادل ولكن لا تغير نقطة التعادل نفسها. تساعد الـ Permeases الجزيئات على عبور الغشاء بطريقتين:

- ١ - من التركيز العالي الى التركيز الواطئ بالنسبة للمواد الايسضية أي مع انحدار التركيز.
- ٢ - ضد انحدار التركيز وهنا يتطلب وجود ناقلين يساعدان على موازنة او تنظيم اليات النقل.

أ- الاول الذي يساعد في عملية النقل الفعال الذي يحتاج طاقة بعكس الانحدار التدريجي.

ب- والناقل الثاني يساعد الانتشار الميسر.

وبالنظر لكون الجزيئات لا تستطيع اختراق الاغشية الناضحة اختيارياً بحركة الانتشار الحر فان الجزيئات تعبر بالانتشار الميسر. اما في النقل الفعال فتستطيع المادة بالاستمرار بالتجمع في المناطق التي توجد فيها عادة بتركيز عال فقط اذا ما جهز جهاز النقل بالطاقة وباستمرار توجد هنا دلائل بان عمليات تنظيم النقل في الاغشية بواسطة Permeases تعتمد على كمية بروتين الناقل وانواع النواقل المنتجة ومعدل فاعلية الناقل وفي هذه الحالة فان تنظيم النقل يشبه تنظيم العمليات الايسضية بواسطة الانزيمات.

رابعاً- النقل الفعال والضحخ الايوني

Active Transport and Ion Pump

تعتمد الخلايا في الاقل ثلاثة طرائق لتجميع المواد بكميات اكثر من الكميات المتوقعة وهذه الطرائق هي:-

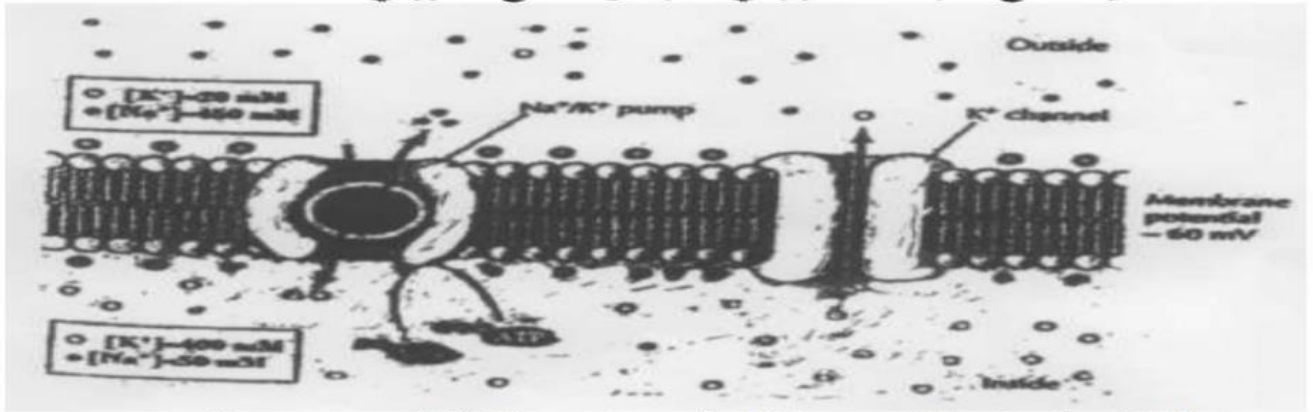
- ١ - طريقة ترسيب المواد من المحلول عندما تكون المواد في داخل الخلية حيث تختزل بفاعلية تركيز المذاب في الماء.
- ٢ - طريقة تغيير الجزيئة كيميائياً بعد ان تدخل الخلية حيث يحدث تغير في تركيز الجزيئة المعينة المطلوب في الانحدار التركيزي.
- ٣ - طريقة نقل المتأيضات **metabolites** التي يمكن ان تزود مباشرة بتفاعل ثان وان فرق الطاقة يستخدم لتسيير تفاعل النقل بعكس الانحدار التركيزي. ان النقل الفعال يقود الى التجمع المستمر للمواد في المنطقة التي يحدث بها تركيز عال لهذه المواد. احد الافكار الموحدة التي بدأت تتبلور في السنوات الاخيره توضح عملية النقل الفعال على اساس عمل المضخة **Pumping actions** حيث يجهر الضخ الفعال لاحدي

المواد خارج الخلية القوة المسيرة للنقل الفعال للمواد الاخرى الى الداخل. ان عملية الضخ تكون اقتصادية او عملية كما انه تكون نظاماً بسيطاً ولهذا فان حركة المواد الى الخارج لنوع واحد من المواد تساعد في حركة كثير من انواع المواد الى الداخل وان المواد المذابة التي تضخ الى داخل الخلية هي ايونات البوتاسيوم والسكريات والاحماض الامينية. ان القوة الدافعة (الحركة) للنقل الى الداخل يعتقد انها التدرج لايون الصوديوم Na^+ عبر الغشاء الخلوي وهذه القوة تخلق بواسطة النقل الفعال لايون الصوديوم الذي يضخ خارج الخلية ان التركيز الخارجي لايون الصوديوم Na^+ يبقى عالياً والتركيز الايوني في الداخل يبقى واطناً كلما استمر ايون الصوديوم بالانتقال خارج الخلية. ان الطاقة المطلوبة لضخ ايونات الصوديوم خارج الخلية تجهز بواسطة ATP والتي تحلل بواسطة انزيم **adenosine triphosphatase** المحفز بأيون المغنسيوم ويعتقد ان هذا الانزيم يقع في الغشاء الخلوي. ان هذا الضخ يعمل في الخلايا الحيوانية غير انه غير موجود في الخلايا النباتية او البكتيريا حيث ان كلا النوعين من الخلايا لا يحتاجان الى ايونات الصوديوم للقيام بالفعاليات الايضية. ان ضخ ايون الهيدروجين يكون فعالاً في الخلايا البكتيرية اما عملية الضخ في الخلايا

النباتية فهي ليست مفهومة بشكل كامل لحد الان. وهناك نوعان مميزان من ضخ ايون الصوديوم Na^+ خاصان بالخلايا الحيوانية.

١ - فالنوع الاول يبين ان ضخ ايون الصوديوم الى الخارج مرتبط بقوة مع انتقال ايونات البوتاسيوم K^+ الى الداخل وهكذا فان ايون الصوديوم وايون البوتاسيوم تتبادل بطريقة اجبارية **Compulsory Way** ويدعى هذا النوع من ضخ ايون الصوديوم بالضخ المتبادل للصوديوم و البوتاسيوم او الضخ المتعادل المزدوج **Sodium Pottasium Exchange Pump or the Coupled neutral Pump** كما في الشكل (١٩-٥).

٢ - اما النوع الثاني فان دخول ايونات البوتاسيوم K^+ لايشترط خروج ايونات الصوديوم Na^+ في عملية ضخ الصوديوم المولدة للالكترونات والذي يسمى بضخ التولد الالكتروني **Electrogenic Sodium Pump** الشكل رقم (٢٠-٥) وذلك بسبب انحدار الجهد الكيميائي الكهربائي عندما لا يعوض خروج ايون الصوديوم بنسبة ١:١ من دخول ايون البوتاسيوم في اغلب الخلايا ويحصل نتيجة ذلك تجمع من K^+ الذي يعوض النقص في Na^+ (او H^+ في البكتريا) وهو واحد من الادلة العملية لضخ التولد الالكتروني اكثر من الضخ الطبيعي.



الشكل رقم (١٩-٥) رسم تخطيطي يوضح مضخة الصوديوم بوتاسيوم

٣ - وتجري داخل الخلية عمليتان حيويتان تتطلبان تركيزاً عالياً من ايون البوتاسيوم الاولى عملية تخليق البروتين في الرايبوسومات والثانية هي احدى الخطوات الانزيمية المهمة خلال عملية تحلل الكلوكوز وغالباً ما يتوازن التركيز الداخلي

العالي من ايون البوتاسيوم بفقدان بعض الايونات الموجبة مثل الصوديوم او الهيدروجين او ان تكون هنالك زيادة في الابتلاع التي سوف تسبب انفجار الخلية وذلك باحداث حالة من الضغط الازموزي الداخلي العالي والنقل الفعال للامحاض الامينية الى داخل الخلايا هو نتيجة اخرى لفعل الضخ الايوني للصوديوم ان خروج الصوديوم من الخلية يولد جهداً داخلياً واطناً وخارجياً عالياً لتركيز الصوديوم. والطاقة اللازمة لهذا الجهد يعتقد انها تدعم القوة الدافعة لانتقال الاحماض الامينية الى الخلية في اتجاه ضد التركيز مؤدية الى تجمع هذه المركبات الضرورية اما جهد الصوديوم نفسه فيكون على حساب الـ ATP. وهناك أنظمة بروتينية انزيمية متخصصة تساعد الاحماض الامينية من عبور الغشاء الخلوي في خطوات النقل الفعال

Controlling mechanism of plasma membrane permability

تحصل الخلية على المواد التي تحتاجها لغرض القيام بالعمليات الحيوية من المحيط الخارجي. حيث تدخل المواد الخلية بالطرائق التي اشرنا اليها في هذا الفصل وتتخلص من المواد التي لا تحتاجها او الضارة وغير النافعة بطرائق الاخراج الخلوي.

ان دخول المواد وخروجها من والى الخلية يتم بفعل الاستجابة لعدد من العوامل عن طريق المستقبلات Receptors الموجودة على السطح الخارجي للغشاء البلازمي فضلاً عن ان بعض العوامل المؤثرة تدخل الى الخلية مباشرة عن طريق الانتشار Diffusion مثل الستيرويدات Steroids وان العوامل المحفزة تأتي من ثلاثة مصادر رئيسة هي الوسط (المحيط) الذي توجد فيه الخلية والخلايا المجاورة عن طريق الاتصالات بين الخلايا والمصدر الاخير هو الحشوة. وما يتعلق بالمصدرين الاول والثاني فأن المعلومات تنتقل خلال الغشاء البلازمي الى داخل الخلية ثم الى النواة (مركز القيادة والسيطرة في الخلية)، فالغشاء يحوي المستقبلات على سطحه الخارجي والتي تتعرف على المادة المحفزة ويقوم الغشاء بنقلها الى الساييتوبلازم حيث توجد على السطح الداخلي للغشاء مؤثرات خاصة والتي ترسل الإشارة خلال الساييتوبلازم وهذه الاشارات تحفز الخلية على الاستجابة فمثلاً تعمل على تغيير نفاذية الغشاء بالنسبة لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم او ان تكون الاستجابة في التحفيز على زيادة التعبير الجيني Gene expression لانتاج بروتينات معينة او ايقاف انتاجها وقد يكون التحفيز عن طريق احداث التغيير في نشاط بعض الانزيمات او في تنشيط تضاعف المادة الوراثية خلال دورة الخلية cell cycle.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum

تعرف الشبكة الاندوبلازمية بأنها شبكة ثنائية الجدار موجودة في الساييتوبلازم ومنتشرة بصورة كبيرة وتعد الشبكة الاندوبلازمية جهازاً معقداً بحد ذاته اذ يتكون من فجوات منقسمة بدقة وهذه الشبكة ممتدة من الغلاف النووي الى الغشاء البلازمي. تعد الشبكة الاندوبلازمية المكون الاساسي (الرئيسي) للنظام الغشائي الداخلي Endomembrane system والذي

يعرف كذلك بالنظام الفجوي الساييتوبلازمي cytoplasmic vacuoles system او الشبكة الفجوية الساييتوبلازمية cytoplasmic vacuoles net حيث يتألف هذا النظام من المكونات التالية كما في الشكل رقم (٦-١):-

١- الغلاف النووي Nuclear envelope.

٢- معقد كولجي Golgi complex.

٣- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum.

لقد اشتق اسم الشبكة الاندوبلازمية من الحقيقة الاتية وهي ان النظر بواسطة المجهر الضوئي يظهر وكأن هناك شبكة داخل الساييتوبلازم وقد اطلق هذا الاسم الباحث Porter عام ١٩٥٣. يوجد تنوع كبير جداً في الشكل والتركيب الدقيق للشبكة الاندوبلازمية وذلك يعتمد على نوع الخلية ووظيفتها بالإضافة الى تخصصها وفضلاً عن ذلك ان التركيب الدقيق لهذا النظام يبدو على جانب كبير من التبدل والتغير حتى جعل ذلك بعض الباحثين في فترات قبل استخدام المجهر الالكتروني يعتقدون بأنها تخيلات تأتي نتيجة التثبيت وتقنيات التحضير الاخرى، الا ان دراسة الخلية تحت المجهر الالكتروني قد دحر فكرة التراكيب التخيلية واثبت وجود الشبكة الاندوبلازمية في ساييتوبلازم الخلية. ان الشبكة الاندوبلازمية قد وجدت في جميع انواع الخلايا التي درست باستثناء خلايا الدم الحمراء البالغة للبانن. تكون الشبكة الاندوبلازمية مظهرياً بثلاثة اشكال هي:

١- الشكل الصفائحي (Cisternae) lamellar form

وهي اكياس مسطحة طويلة تشبه الانابيب غير المتفرعة قطرها حوالي (٤٠ - ٥٠) مايكروميتر وتكون مرتبة بشكل حزم متوازية او على شكل اكداس stacks وتوجد الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER عادةً بهذا الشكل والتي تقع في الخلايا التي لها دور بنائي مثل خلايا البنكرياس والحبل الظهري والدماغ.

٢- الشكل الحويصلي Vesicular form

حيث تكون الحويصلات بيضوية او بشكل تركيب فجوي محدد بغشاء قطرها حوالي (٢٥ - ٥٠٠) مايكروميتر والتي تبقى منفصلة في الساييتوبلازم ويقع هذا الشكل في اغلب الخلايا الا انه موجودة بغزارة في الشبكة الاندوبلازمية الناعمة SER.

٣- الشكل الانبوبي Tubular form

وهي تراكيب متفرعة تكون بالاشتراك مع الحويصلات والاكياس المسطحة الجهاز الشبكي في الخلية وقطرها حوالي (٥٠ - ١٩٠) مايكروميتر وهي تشاهد في جميع الخلايا ولكنها غالباً ما تكون موجودة في SER ويكون هذا الشكل حركياً Dynamic حيث يشترك مثلاً مع حركة الاغشية او في انفصال او التحام الاغشية للنظام الفجوي الساييتوبلازمي، ويمكن ملاحظة هذه الاشكال في الشكل رقم (٦-٢).



الشكل رقم (٦-٢) يبين مكونات الشبكة الاندوبلازمية

انواع الشبكة الاندوبلازمية Types of endoplasmic reticulum

يمكن تقسيم الشبكة الاندوبلازمية الى نوعين هما:

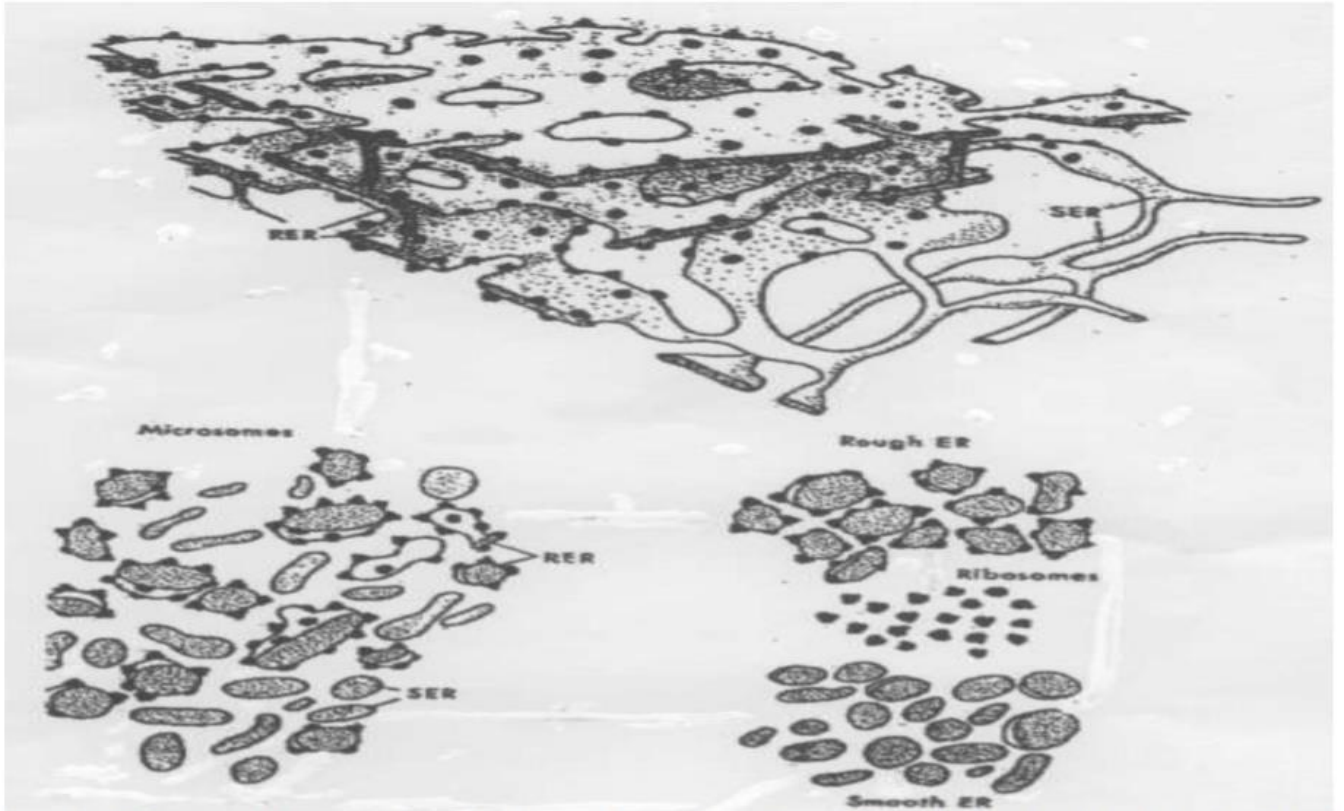
١- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة: Rough endoplasmic reticulum

وتسمى بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة أو المحببة (Granular) الشكل رقم (٦-٣) نتيجة لكون سطحها الخارجي مرصع بحبيبات من الرايبوسومات (أو حبيبات بالاد نسبة الى مكتشفها Palade سنة ١٩٥٥) والرايبوسومات تعرف بانها عبارة عن دقائق يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني حيث تتألف من ٦٠% من البروتين و ٤٠% من الحامض النووي الرايبوزي RNA ويتراوح حجم الرايبوسومات بين ١٠٠-١٥٠ انكستروما" ويتكون الرايبوسوم من وحدتين فرعيتين Subunits احدها وحدة فرعية حجمها كبيراً وتدعى الوحدة الكبيرة Large subunit والآخرى صغيرة تدعى الوحدة الصغيرة small subunit وتكون الرايبوسومات مرتبطة بخيط أو ظفيرة Strand او جزيئة واحدة من RNA المراسل mRNA ومكونة سلسلة شبيهة بالخرز المتصل بالخيط وتسمى هذه الحالة الرايبوسومات المتعددة Polysomes وان اهمية هذا الرايبوسوم المرتبط بالشبكة الاندوبلازمية انها تسهم في عملية بناء البروتين Protein Synthesis. تصطبغ الشبكة الاندوبلازمية الخشنة بالصبغات القاعدية وان السبب في ذلك يعود الى وجود RNA في الرايبوسومات.

٢- الشبكة الاندوبلازمية الملساء او غير المحببة

Agrnular or smooth endoplasmic reticulum

وهي الشبكة التي يفتقر سطحها الخارجي الى حبيبات الرايبوسوم وبذلك تظهر سطوحها ملساء او غير محببة الشكل رقم (٦-٤) وتكثر عناصر السطح الملس في المادة الاولى لبعض الخلايا مثل الخلايا البيضاء الناضجة والسبيرماتوسايت Spermatocyte والخلايا



الشكل رقم (٦-٦) يبين التركيب ثلاثي الابعاد Three-dimensional structure للشبكة

الكلايكوسوم Glycosomes

على الرغم من ان الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER تكون نظاماً مستمراً مع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER فهناك اختلافات شكلية بينهما فعلى سبيل المثال في خلايا الكبد والتي تحتوي الشكل الانبوبي Tubular form والمنتشر في اجزاء كبيرة من الارضية السائتوبلازمية وهي النبيبات الدقيقة موجودة في مناطق غنية بالكلايكوجين ويمكن ملاحظتها كجسيمات كثيفة تعرف بالكلايكوسوم Glycosomes موجودة في الارضية السائتوبلازمية واقطارها تتراوح بين (٥٠-٢٠٠) نانومتراً حيث تحتوي على الكلايكوجين وانزيمات تتحكم في تخليق الكلايكوجين، وهناك العديد من الكلايكوسومات تلاحظ ملتصقة بأغشية الشبكة الاندوبلازمية الملساء حيث شوهدت بواسطة المجهر الالكتروني EM في خلايا الكبد.

انزيمات الشبكة الاندوبلازمية Enzymatic content of E.R.

لقد وجد ان اغشية الشبكة الاندوبلازمية تحتوي عدة انواع من الانزيمات الضرورية للعديد من الفعاليات التخليقية المهمة واهمها:

- 1-Cytochrome-b3[involved in synthesis of unsaturated fatty acids]
- 2- NADH-cytochrome-b3-reductase.
- 3-NADP-cytochrome-C-reductase.
- 4-Cytochrome-P-450.
- 5-ATP ase.
- 6-5-nucleotidase.
- 7-Nucleoside Pyrophosphate.

- 8-GDP-mannosyl transferase.
- 9- Nucleoside diphosphatase.
- 10-Glucose-6-phosphatase.
- 11-Acetanilide-hydrolysing esterase.
- 12- β -glucoronidase.

وظائف الشبكة الاندوبلازمية

Functions of endoplasmic reticulum

- ١ - الاسناد الميكانيكي: يقسم الساييتوبلازم الى غرف او مخادع بواسطة الشبكة الاندوبلازمية ويعتقد بانه يعمل كسند اضافي للحالة الغروية للساييتوبلازم.
- ٢ - التبادل: يزود السطح الداخلي الواسع جداً من قبل الشبكة الاندوبلازمية حوالي ١١ م^٢ /مل في خلايا الكبد ويلعب دوراً مهماً في التبادل بين ارضية الساييتوبلازم والمخدع الداخلي للشبكة ويعتقد ان هناك ضغط اوزموزي داخل الشبكة او خاص بها وهو سبب انكماش او انفجار المايكروسومات عند عزلها ووضعها في محلول عالي التركيز Hypertonic او واطى التركيز Hypotonic ويعتقد بان غشاء الشبكة الاندوبلازمية مثل الغشاء البلازمي ويشترك في النقل الفعال او الانتشار الميسرعن طريق انظمة Permeases.
- ٣ - خزن المواد المفرزة او المصدرة: لا يوجد هناك شك بان تخليق او بناء البروتين هو وظيفة الرايبوسومات الملتصقة بالشبكة الاندوبلازمية وعند اكتمال تكوينها تطلق في

- ٤ - ازالة السموم: يعتقد ان خلايا الكبد وعند تعرض الجسم لمواد سامة فان ذلك يؤدي الى زيادة الشبكة الاندوبلازمية داخل الخلايا وخاصة الشبكة الاندوبلازمية الملساء منها بالاضافة الى تحفيزها لعمل الانزيم المعادل للسمية الموجود في الكبد لازالة التأثير السام.
- ٥ - توصيل الحوافز: ويعتقد ان الشبكة الاندوبلازمية في الخلايا العضلية والتي تسمى Sarcoplasmic Reticulum تعمل على نقل الحوافز من غشاء الخلية العضلية وايصالها الى الالياف في الداخل. كما تعمل على اعادة ايونات الكالسيوم عند توقف الحوافز ولها دوراً مهماً في تحرير ايونات الكالسيوم عند تحفيز العضلة.
- ٦ - ان احتواء اغشية الشبكة الاندوبلازمية للعديد من الانزيمات ذات الانشطة الايضية والتخليقية يعني انها توفر سطوح واسعة للتفاعلات الانزيمية.
- ٧ - تعمل اغشية الشبكة الاندوبلازمية على تكوين الغلاف النووي الجديد بعد كل انقسام.
- ٨ - تعمل الشبكة الاندوبلازمية الملساء على تخليق الدهون مثل الدهون المفسفرة والكوليسترول والبروتينات الدهنية.

لقد بينت اغلب الدراسات عن منشأ الشبكة الاندوبلازمية امكانية تكونها من جدار النواة فمن جملة الدراسات التي قام بها كاي Gay عام ١٩٥٦ وقد لاحظ وجود فقاعات bleds تتكون من جدار النواة متجهة نحو الساييتوبلازم وبانفصالها عن جدار النواة تتحول الى اغشية شبيهة بالاكياس المسطحة وقد اشار الباحثان Seikevitz و Palade عام ١٩٦٠ الى ان الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER تتكون اولاً من الغلاف النووي وبعدها تتكون الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER اما الاحتمال الاخر فيعزى الى نوع من التضاعف الذي يحصل للشبكة الاندوبلازمية.

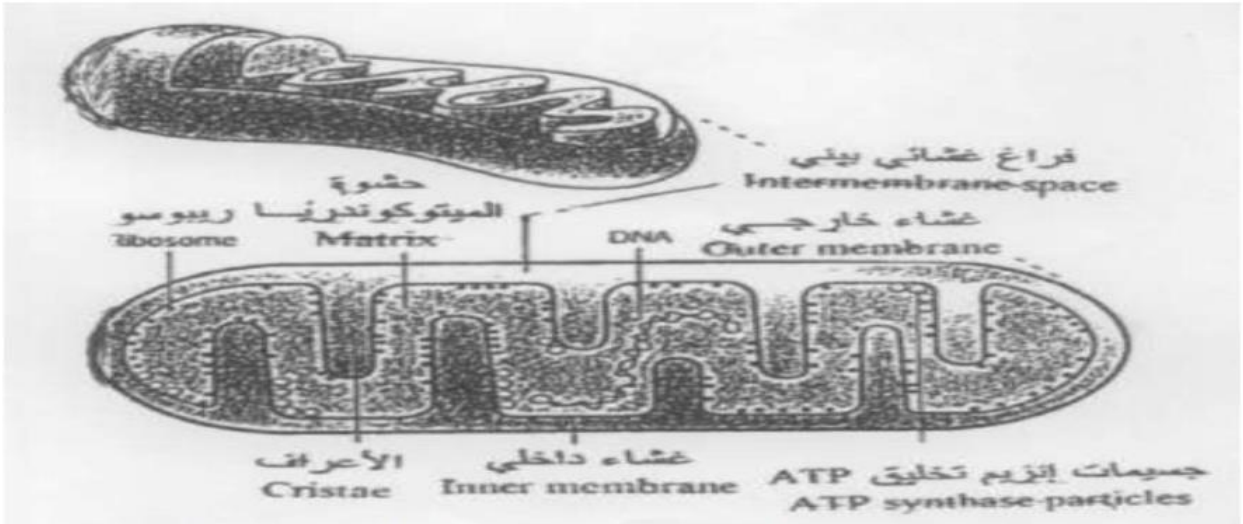
الميتوكوندريا والبلاستيدات Mitochondria & Plastids

الميتوكوندريا Mitochondria

الميتوكوندريا : هي عضيات حبيبية او خيطية موجودة بصورة عامة في الخلايا حقيقية النواة فهي موجودة في السايكوبلازم في الخلايا في الحيوانات الابتدائية والراقية والنباتات ويمكن الاستدلال على وجودها ورؤيتها في الخلية الحية باستعمال الاصباغ الحيوية كصبغة جانس الاخضر Janus Green والتي تصبغ الميتوكوندريا باللون الاخضر المزرق قليلاً وذلك بسبب وجود انزيم Cytochrome-Oxidase والذي يجعل الصبغة بحالتها المؤكسدة ((الملونة)).

تعد الميتوكوندريا ثاني اكبر جزء في الخلية بعد النواة حيث يتراوح قطرها بين (٠,٥ - ١) مايكرومتراً وطولها بين (٢-٣) مايكرومتراً كما في الشكل (٧-١) وان حجمها وشكلها

يختلف من خلية الى اخرى حيث يعتمد على الحالة الايضية للخلية ويمكن ان تندمج نهاية كل واحدة مع الاخرى مكونة بذلك تراكيب اشبه ما تكون بحبة الشعير وان مصطلح الميتوكوندريا (Mito=thread ومعناها خيط) و(Chondrion=Granule ومعناها حبيبية). وقد استخدم مصطلح الميتوكوندريا لأول مرة من قبل العالم بيندا Benda عام ١٨٩٨ تتوزع الميتوكوندريا في اغلب الخلايا بصورة متجانسة في السايكوبلازم وفي قسم من الخلايا تتخذ الميتوكوندريا موقعا خاصا مثلاً في خلايا انابيب الكلية توجد الميتوكوندريا في لفات المناطق القاعدية بالقرب من غشاء البلازما بينما توجد الميتوكوندريا في قسم اخر متجمعة حول النواة اما خلال الانقسام الخيطي الاعتيادي Mitosis فانها متساوية العدد تقريباً في كلا الخليتين الشقيقتين ويجب الاخذ بنظر الاعتبار موقعها من ناحية الوظيفة وقد وجدت علاقة بين الموقع والوظيفة كأن يكون نقل المواد من منطقة الى اخرى بواسطة توليد الطاقة لهذه العملية من قبل الميتوكوندريا. وقد لوحظ في بعض الخلايا أن للميتوكوندريا القابلية على التحرك بحرية ناقلة معها الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP عند الحاجة.



الشكل رقم (٧-٢) شكل تخطيطي يوضح التركيب الدقيق لعضية الميتوكوندريا

الاعراف Cristae

ان غشاء الماييتوكوندرىا الخارجي تركيب اكثر ثباتاً من الاغشية الداخلية والعرضية ولقد لوحظت التحورات في تراكيب الماييتوكوندرىا وبصورة رئيسية في الاعراف وعلى الرغم من وجود بعض التغيرات في المادة البينية والحبيبات داخل الماييتوكوندرىا والغشاء الخارجي ويختلف عدد الاعراف لكل ماييتوكوندرىا اختلافاً كبيراً ويعتمد ذلك على نوع النسيج التي توجد فيه فمثلاً تكون الماييتوكوندرىا لخلايا عضلات الطيران للحشرة وللعضلة القلبية لحيوان لبون ذات عدد عال جداً من الاعراف لان الايض التأكسدي يكون عالياً في هذه العضلات بينما يكون عددها قليلاً في الماييتوكوندرىا لخلايا اخرى كالخلايا الهدبية وخلايا الرنتين وخلايا كبد الجرذ. ويتباين ترتيب الاعراف داخل الماييتوكوندرىا شكل رقم (٧-٣) وهي كما يلي:

١ - اعراف موازية للمحور الطولي للماييتوكوندرىا كما في الخلايا العصبية والعضلات و الخلايا المولدة للحيامن في الانسان.

٢ - اعراف عمودية على المحور الطولي وهو اكثر الانواع وجوداً.

٣ - اعراف انبوبية الترتيب كما هو في خلايا الغدة الادريالية وانايب مالبجي في الحشرات.

٤ - وفي قسم من السبيرماتيدات فان الاعراف تترتب على شكل اقراص متحدة المراكز داخل الحشوة Matrix ومهما اختلفت الاعراف في ترتيبها فانها تؤدي الى زيادة المساحة السطحية للغشاء الداخلي وهناك نوعان رئيسيان من الاعراف وهما.

١ - الاعراف الحاجزية (Septate Cristae Complete or in Complete)

ويكون هذا النوع على شكل تقسيمات جانبية متوازية تبدو ثلاثية الطبقة وهذه التقسيمات Partition تتكون من وحدتي غشاء منفصلة بواسطة استمرارية الردهة الخارجية كما تكون الاعراف الحاجزية مفردة ومستقيمة.

٢ - الاعراف النيبية Tubular Cristae

حيث تظهر على شكل تقسيمات زغبية او خملية Villi-Like للغشاء الداخلي وقد وجدت في ماييتوكوندرىا الابدائيات وخلايا الكبد والعصب.

الانزيمات الموجودة في الماييتوكوندرىا Mitochondrial Enzymes تحتوي الماييتوكوندرىا على اربعة مكونات رئيسية وهي:

١ - الغلاف الخارجي .Outer Membrane

٢ - الفسحة بين الغلافين .Inter Membrane Space

٣ - الغلاف الداخلي .Inner Membrane

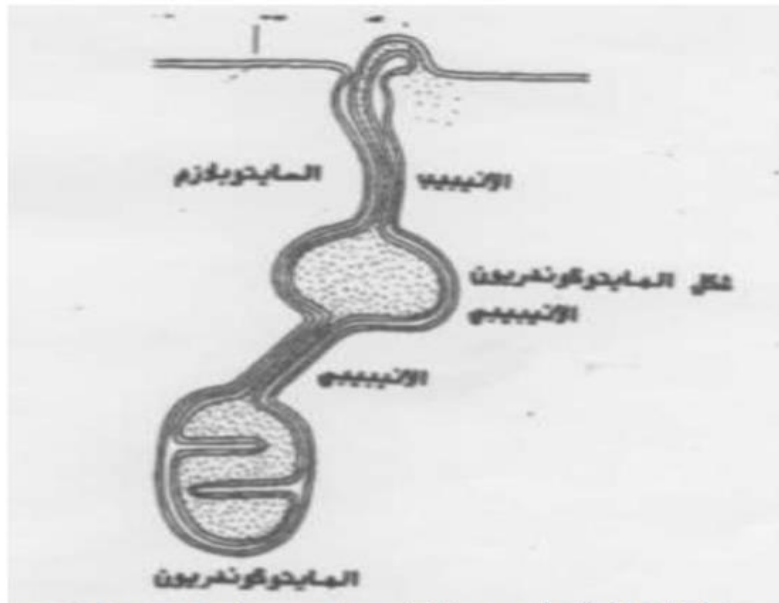
٤ - الحشوة Matrix

ويحتوي كل مكون من هذه المكونات الاربعة على عدد من الانزيمات تقوم بوظائف تحفيزية معينة. ان مجموع وظائف هذه الانزيمات تمثل الوظائف الرئيسية للماييتوكوندرىا.

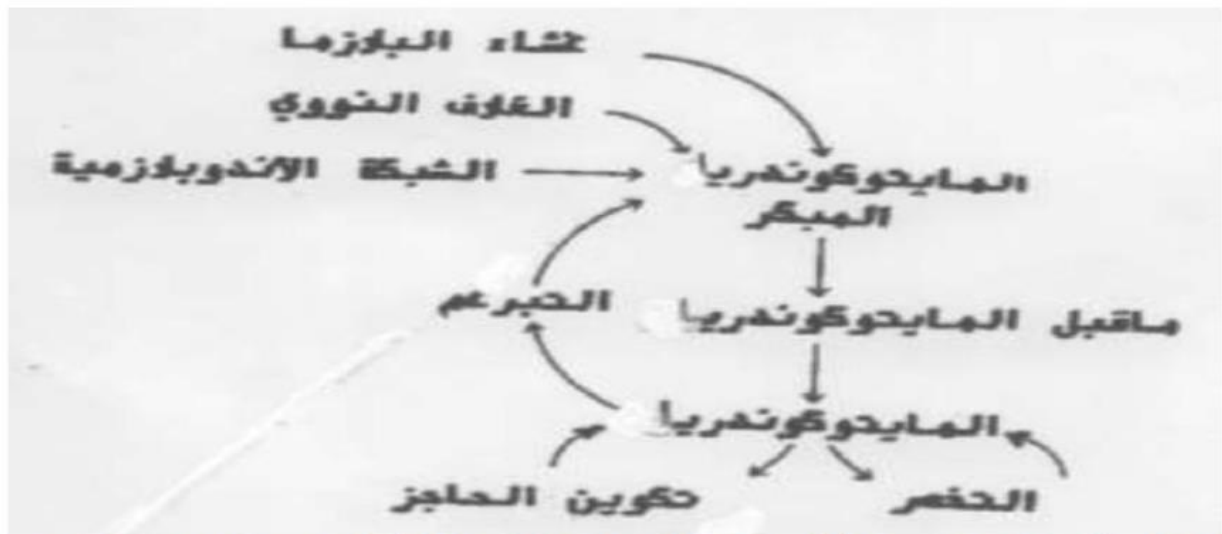
المنشأ Origin

لقد افترضت عدة منشأ للمايتوكوندريا وفيما يلي بعض من تلك المنشأ:

- ١ - على الرغم من التشابه الذي تظهره المايتوكوندريا للبلاستيدات الا انه لا يوجد أي دليل على ان المايتوكوندريا ناتجة من البلاستيدات او انها تولد البلاستيدات وقد دعم هذا القول من خلال دراسة الرايبوسومات في العضيات الخلوية حيث تبين من خلال ذلك ان معامل ترسيب رايبوسومات البلاستيدة الخضراء S_{70} في حين ان معامل ترسيب رايبوسومات المايتوكوندريا تختلف باختلاف الكائنات الحية حيث يتراوح بين S_{60-50}
- ٢ - اقترح Robertson مخططه الذي يمكن ان تنشأ منه المايتوكوندريا وقد وضع ثلاثة احتمالات لنشوء المايتوكوندريا فهي تنشأ من:
 - أ- غشاء البلازما. ب- الشبكة الاندوبلازمية. ج- الغلاف النووي. كما هو مبين في الشكل (٧-٥).
 - ٤) والشكل (٥-٧).



الشكل رقم (٧-٤) مخطط للآلية المحتملة في تكوين المايتوكوندريا من غشاء البلازما



الشكل رقم (٧-٥) مخطط يبين المصادر المحتملة لنشوء المايتوكوندريا

المنشأ التطوري Evolutionary origin

ان المنشأ التطوري للميتوكوندريا كان ذو اهمية متزايدة في الفترات الاخيرة وذلك بسبب حقيقة اشتراك الميتوكوندريا في كثير من خصائصها الشكلية وكيميائيتها الحياتية مع البكتريا والبلستيدات النباتية في حين ان الخصائص المشتركة مع الخلايا حقيقية النواة قليلة وكما هو موضح في الجدول رقم (٧-١) وعلى اساس هذه الاختلافات فقد قدر ان اسلاف الكائنات الحرة المعيشة الشبيهة بالبكتريا كانت علاقة تعايشية مع خلية سلفية لاهوائية ذات نواة حقيقية التي كانت منذ ذلك الحين تكشف طريقها من تحلل السكر من المادة البينية لسايتوبلازمها واخيراً قد اعطت الكائنات البدائية النواة الهوائية المستقلة من الخلية ميتوكوندريتها عن طريق فقدان بعض خصائصها وقد احتفظت بغشائها الذي اصبح الغشاء الداخلي للميتوكوندريا اما الغشاء الخارجي فقد اشتق من خلية ذات نوى حقيقية خلال عملية الالتهام الخلوي والشرب الخلوي وهذا يفسر الفروق الواضحة بين غشائي الميتوكوندريا الداخلي والخارجي.

الجدول رقم (٧-١)

يوضح اوجه التشابه بين بدائية النواة والميتوكوندريا واختلافها عن حقيقية النواة

الصفة	حقيقية النواة	بدائية النواة	الميتوكوندريا
١ - الغلاف النووي	موجود	غير موجود	غير موجود
٢ - الكروموسومات او الصيغيات	موجود، يرتبط الـ DNA بالهستون	غير موجود، لا يرتبط الـ DNA بالهستون	غير موجود، لا يرتبط الـ DNA بالهستون
٣ - النقل الالكتروني والفسفرة التأكسدية	تقع فوق اغشية الميتوكوندريا	تقع فوق اغشية الخلية	تقع فوق الاغشية
٤ - بناء البروتين	لا تثبط العملية باستخدام الكلورمفينيكول وتجري العملية في الفسفرة التأكسدية	تثبط باستخدام الكلورمفينيكول وتعتمد على الفسفرة التأكسدية	تثبط باستخدام الكلورمفينيكول وتعتمد على الفسفرة التأكسدية
٥ - الريبوسومات	S80	S70	S60

وظائف الميتوكوندريا Function of mitochondria

تؤدي الميتوكوندريا جملة من الوظائف الرئيسية الآتية:

- ١ - تمثل الميتوكوندريا المركز التنفسي في الخلية كونها غنية بالانزيمات الضرورية لعملية التنفس الخلوي Cell respiration.
- ٢ - يتم فيها ايض الدهون من خلال الاكسدة بيتا للأحماض الدهنية وفي الانسجة الحيوانية فقط.
- ٣ - بناء جزيئات الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP حيث تقوم الميتوكوندريا بتجهيز الخلية بالطاقة الضرورية وتحرر هذه الطاقة من خلال اكسدة المواد العضوية (الكلوكوز).
- ٤ - بناء اجسام كيتون واستخداماتها.
- ٥ - بناء عدد محدد من البروتينات.

٦ - تجري فيها بعض تفاعلات دورة اليوريا.

ولغرض تحليل المواد العضوية (الكلوكوز) وتحرر الطاقة هنالك سلسلة من التفاعلات هي:

اولاً: الانشطار السكري Glycolysis.

ثانياً: دورة كريبس (دورة حامض الستريك) Kerbs cycle.

ثالثاً: انتقال الالكترونات والفسفرة التأكسدية

Electron transport and oxidative phosphorylation

البلاستيدات Plastids

استخدم مصطلح البلاستيدات لأول مرة من قبل العالم شيمبير Schimper عام ١٨٣٨ على مجموعة من العضيات الساييتوبلازمية التي شوهدت في الخلايا حقيقية النواة Eukaryotes ولم تشاهد في الخلايا بدائية النواة prokaryotes وهي تمثل انواع متعددة ومختلفة من العضيات الساييتوبلازمية التي ترتبط ببعضها بعلاقة تطورية ويطلق على هذه الانواع جميعها في مراحل نموها الاولى بالبلاستيدات الأولية Proplastids. تكون البلاستيدات الأولية صغيرة جداً بحيث يصعب تمييزها بالمجهر الضوئي غير انها تلاحظ باستعمال المجهر الالكتروني وربما تعتبر مصدر نشوء جميع انواع البلاستيدات في النباتات الراقية اما بالنسبة للبلاستيدات الناضجة فيمكن تمييزها على اساس محتوياتها الى انواع مختلفة منها:

١ - البلاستيدات الملونة Chromoplasts

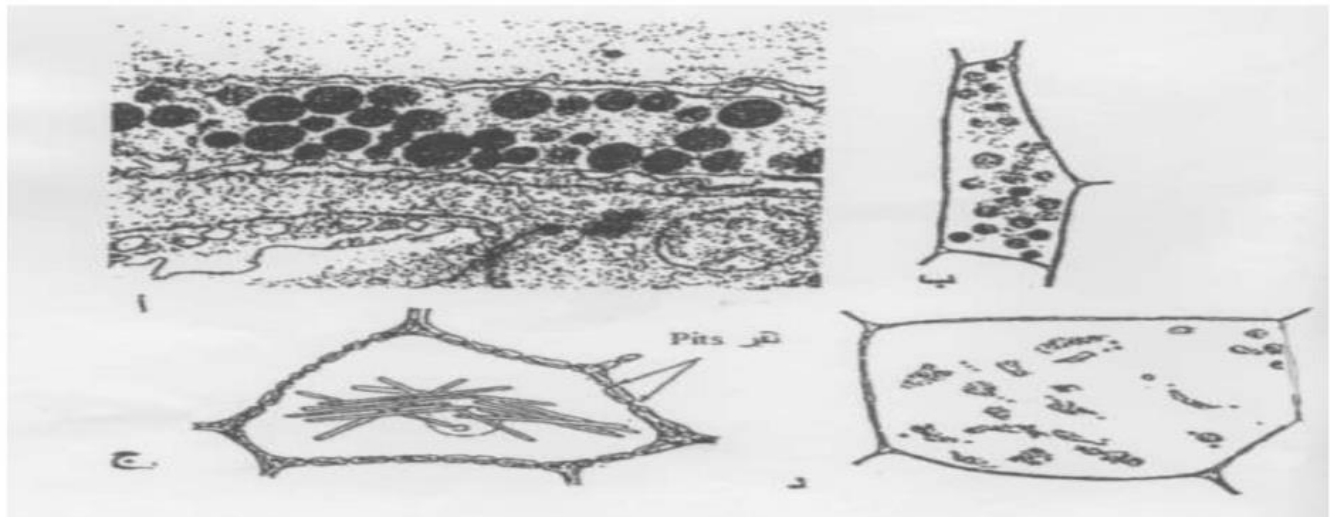
وهي مجموعة البلاستيدات مختلفة الالوان مثلاً الصفراء او البرتقالية والتي تكون موجودة في تويج الازهار والفواكه بالاضافة الى بذور قسم من النباتات الراقية وبصورة عامة تحتوي هذه البلاستيدات على كمية قليلة من صبغة الكلوروفيل Chlorophyll وتكون ذا فعالية قليلة بالنسبة الى عملية التركيب الضوئي ومن الاصباغ الاخرى التي تحملها كذلك هي Lycopene في الطماطة و Phycoerythrin و Phycocyanin في الطحالب والاشنات الملونة. الشكل (٧-٩).

٢ - البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

وتحتوي على صبغات خضراء من الكلوروفيل والتي تكون محجوبة بصبغات اخرى وهذا النوع يعد الاساسي في عملية التركيب الضوئي. الشكل (٧-١٠).

٣ - بلاستيدات عديمة اللون Leukoplasts

وهذه البلاستيدات موجودة في الخلايا الخازنة وغير المعرضة للضوء او في فلق البذور الشكل (٧-١١) وتكون عصوية الشكل او كروية وتشمل انواع مختلفة منها:



الشكل رقم (٧-٩) اشكال مختلفة من البلاستيدات الملونة

(ب) من تويج الزهرة لنبات Galindula

(د) من خلية ثمرة Pyracantha

(أ) من ثمار الطماطم

(ج) من خلية الجزر

منشأ وتكوين البلاستيدات Origin and Development of Plastids

وكذلك الحال في المايكوتونديريا فإنه ليس من المعروف ان البلاستيدات تتكون من جديد في الخلية او بواسطة نوع من انواع الاستنساخ بطريقة مماثلة لبعض الكروموسومات وهنالك بعض المعلومات غير المباشرة تثبت فكرة الاستنساخ وقد جاءت هذه المعلومات من ملاحظة الاستمرار الوراثي وبقائه في ذرية البلاستيدة فعلى سبيل المثال البلاستيدة التي لسبب ما تفقد قابليتها على انتاج الكلوروفيل تنتج بلاستيدة تعاني من نفس النقص. وقد تتكون البلاستيدة دائماً من بلاستيدة موجودة اولاً وتسمى بالبلاستيدة الاولى Proplastid (وهي اجسام كروية ذات قطر ٠,٥ مايكرون محاطة بغشاء مزدوج محتوية داخلها على سستروما كثيفة) وفي عام ١٩٥٦ درس فون وتستيرين Von Wettsterin تكوين البلاستيدات الخضراء في النباتات الخضراء واقترح عدد من الخطوات يمكن ان تشترك في نشوء البلاستيدة الخضراء وهي:

- ١ - بناء حويصلات داخل البلاستيدة الاولى Proplastid تمتد من الغشاء الداخلي.
- ٢ - تتجمع هذه الحويصلات وتصطف بصورة متوازية في السستروما لتكون سلاسل مفردة.
- ٣ - ثم تتم اعادة ترتيب واندماج هذه السلاسل لتكوين اغشية او صفيحات مزدوجة متوازية ثم يتم تكاثرها.
- ٤ - تنمو بعد ذلك وتحور الى صفيحات الكرانا او السستروما يبقى القليل من الثايلاكويد متصلاً مع بعضها بواسطة صفائح انبوبية او السستروما.

المنشأ التطوري The evolutionary origin

يعتقد الباحثون ان للبلاستيدات الخضراء منشأ تطورياً كالمايكوتونديريا حيث يرون انها ناتج تطوري لكائنات حية بدائية النواة ذاتية التغذية اجتاحت خلايا حقيقية النواة Eukaryotes غير ذاتية التغذية Heterotrophic واقامت معها علاقة تعايشية. وقد استند الباحثون في اعتقادهم هذا الى ادلة منها مثلاً احتواء خلايا المحار المائي Nudibranchs الفاقد للصدفة على بلاستيدة خضراء حيث ان المحار يتغذى على الطحالب وعندما يمر سايتوبلازم الخلايا الطحلبية خلال امعاء المحار تمتص البلاستيدات الخضراء وتستقر في خلاياه وقد اثبت باحثون آخرون حصول عملية البناء الضوئي في خلايا المحار عندما لاحظوا تحرر غاز الاوكسجين O_2 عند تعريض المحار الى الضوء.

طرائق دراسة الخلية

طرائق دراسة الخلية

ان الهدف المباشر من دراسة كيمياء الخلية يكمن في تحديد وجود ومواقع المكونات الكيميائية للخلية. ويتضمن هذا الهدف جانبان هما الجانب الكمي والجانب النوعي وان الخطوة التي تلي تحقيق هذا الهدف تتضمن دراسة التغيرات الديناميكية في التنظيم الكيميائي للخلية والتي يمكن متابعتها في المراحل الوظيفية المختلفة وبهذه الطريقة يمكن اكتشاف دور المكونات الخلوية المختلفة في عمليات الايض **methabolism** الجارية داخل الخلية. يوجد ثلاثة مسالك للبحث في كيمياء الخلية يعتمد في احد هذه المسالك على المجهر فقط حيث يتم تشخيص وقياس المكونات الكيميائية المختلفة الموجودة داخل الخلية بواسطة سلسلة من الطرق الكيميائية والفيزيائية. ويعتمد المسلك الثاني الطرق التقنية المعروفة في الكيمياء الحياتية (**Biochemistry**) لعزل الاجزاء المكونة للخلية لغرض بحثها اما المسلك الثالث فيشتمل على تطبيق الطرق التقنية لدراسة كميات صغيرة جداً من المادة المراد دراستها او حتى اجزاء من الخلية الواحدة ويستخدم في علم حياة الخلية انواع مختلفة من النماذج والطرق التقنية في تحليل النظام الخلوي والكيميائي ولحل مشكلة من المشاكل المتعلقة بهذا العلم تتطلب استخدام نوع واحد او انواع قليلة من الخلايا العائدة لكائنات حية معينة فمثلاً تعتبر الغدد الجنسية للحشرات مناسبة لدراسة الكروموسومات وسلوكها في خلال الانقسامين الاعتيادي

فحص الخلايا الحية

يمكن فحص الخلايا الحية بصورة مباشرة داخل الكائن الحي (**in Vivo**) ويسمى هذا النوع من الفحص بالفحص الحيوي **Vital examination** او بعد نقلها من المكان الحي مباشرة وخارج جسم الكائن الحي **in Vitro** ويسمى بالفحص فوق الحيوي **Supravital examination** يمكن اجراء هذين النوعين من الفحوصات على الخلايا عندما تكون في وسط غذائي سائل وعندما تكون بشكل خلايا معزولة متكونة من مقاطع نسيجية ويمكن ان تكون على اغشية شفافة او على مستوى اعضاء غير شفافة وتستعمل الاصباغ لتحسين الفحوصات والتي ليس لها تأثير او لها تأثير قليل جداً على الخلايا مثل صبغة الاحمر المعتدل **Neutral red** واخضر جانس **Janes green** وازرق تربيان **Trypan blue** والمثيلين الازرق **Metheline blue** ويمكن دراسة الخلايا الحية بعدة طرق ومن هذه الطرق مزرعة الخلايا **Cell culture** وكذلك الجراحة المجهرية **Microsurgery**.

Cell cultures

مزارع الخلايا

هذه الطريقة يمكن ان تجرى من خلال زرع اجزاء صغيرة متكونة من انسجة خلوية مختلفة وقد تكون جنينية حيث توضع في وسط مناسب والذي يساعد الخلايا على التكيف والنمو فيه تلقائياً ويتألف وسط الزرع بصورة عامة من قطرة بلازما او مصل Serum واخرى من السائل الجنيني وحيث توضعان على غطاء شريحة زجاجية Cover glass بعدها تقلب هذه الشريحة وتوضع فوق شريحة زجاجية تملك في وسطها تقعر دائري ثم تشمع حواف غطاء الشريحة الزجاجية المتصلة بالشريحة الزجاجية بشمع البارافين تحضن هذه الشريحة في درجة حرارة مطابقة لدرجة حرارة جسم الكائن الحي الذي اخذت منه قطعة النسيج المزروعة وعند توفر العناصر الغذائية والاكسجين تنمو الخلايا وتنتشر على المصل او البلازما المتخثرة لتكون منطقة النمو Zone of growth وتمتاز بكونها رقيقة ومناسبة للفحص بواسطة المجهر وهناك ثلاثة انواع من المزارع هي:

١- المزارع الاولى: Primary Cultures وهي المزارع المأخوذة مباشرة من انسجة الحيوان فيزال العضو ثم يقطع الى اجزاء صغيرة ويعامل مع انزيم التربسين Trypsin الذي يعمل على تفريق الخلايا المتجمعة الى خلايا مفردة عالقة بدون التأثير على فعاليتها بعد ذلك توضع الخلايا في صحون بترى Petri dishes معقمة وبعدها تنقل الى الوسط الزرعي المناسب لتنميتها.

٢- المزارع الثانوية: Secondary Cultures: وهي تلي المزارع الاولى حيث يحصل عليها بعد معاملة خلايا المزارع الاولى بالتربسين حيث تزرع هذه الخلايا في صحون بترى معقمة وتنقل الى وسط زرعي جديد.

٣- السلالات الثابتة للخلايا: Established cell line

التجميد والتجفيف Freeze-Drying

تعد هذه الطريقة الحالة الوسطى بين فحص الخلايا الحية او المثبتة بواسطة المثبتات وتتضمن هذه الطريقة غمر الانسجة في سوائل باردة جداً كسائل الهليوم الناييتروجيني (-١٦٠م

الى -١٩٠م) وبعدها ينقل النسيج الى جهاز مفرغ للهواء تحت درجة (-٣٠م) الى (-٤٠م) حيث يتحول الماء الموجود في النسيج الى غاز يمكن التخلص منه بواسطة مفرغة الهواء ومن ثم يقطع النسيج ويدرس وأما اهمية هذه الطريقة فتكون:-

- ١- عدم انكماش النسيج.
- ٢- التثبيت يكون متماثل في جميع اجزاء النسيج.
- ٣- الحفاظ على المواد الذائبة للخلايا المكونة للنسيج.
- ٤- يحافظ على تركيب الخلايا ومكوناتها الكيميائية بصورة عامة عدا بعض التغيرات القليلة جداً تحدثها البلورات الثلجية.
- ٥- من الممكن تثبيت الخلايا بهذه الطريقة في لحظات حرجة كدراسة خلايا معينة عند فرزها مواد ملونة مثلاً.

التخلل والظمر

Infiltration and Embedding

بعد ان يتم تثبيت النسيج من خلال المرور في سلسلة من الكحولات حيث تكون تصاعدياً (٥٠% ، ٦٠% ، ٧٠% ، ٨٠% ، ٩٠% ، ٩٥% ، ١٠٠% ، ١٠٠% مرة ثانية) بعد ذلك توضح الانسجة او الخلايا وذلك باستعمال مواد مثل الزايلول و التولوين ثم توضع في شمع البارافين الذائب لكي يتخلل البارافين داخل الانسجة والخلايا ثم توضع في قوالب من شمع البارافين وعند تركه يبرد فإنه يتجمد بسرعة حيث تكون هذه القوالب جاهزة لعمل مقاطع مناسبة للفحص بالمجهر الضوئي ويتضمن شمع البارافين انواع عديدة تختلف في درجة انصهارها **Melting point** والتي تتراوح بين ٥٠ °C الى ٦٨ °C وان سمك المقاطع المطلوبة ونوعية الانسجة هي التي تحدد النوع الذي يستعمل فضلاً عن تأثير درجة حرارة المختبر الذي يتم العمل فيه.

ومن الجدير بالذكر مايتعلق بالمجاهر الالكترونية EM حيث للمجاهر الالكترونية يستعمل مواد بلاستيكية Resins بدلاً من شمع البارافين والمواد السليولوزية والسبب يعود الى ثبات هذه المواد البلاستيكية تحت سيل الالكترونات وهناك انواع مختلفة منها وهي: Sparr ,

الصبغ

Staining

يلاحظ ان اغلب الاصبغ المستعملة في صبغ الخلايا هي عبارة عن مركبات عضوية اروماتية Aromatic dyes ويوجد نوعين اساسيين من الاصبغ وهي الاصبغ القاعدية والاصبغ الحامضية وتتألف كل صبغة من جزئين.

Chromophoric group

الجزء الحامل للصبغة

Auxochrome

الجزء المساعد

واسطة الجزء المساعد اتحاد الصبغة بالنسيج ويكون جزءاً "قاعدياً" او حامضياً" بحسب نوع الصبغة فمثلاً Picric acid وهو صبغة حامضية تحتوي على ثلاث مجاميع نايتر (NO₂) ومجموعة (OH)

Cell fractionation Methods

طرق تكسير الخلايا

ان هذه الطرق تتضمن العمل على تجانس او تحطيم الخلايا بطرق ميكانيكية او كيميائية نتيجة فصل الاجزاء الخلوية المكسرة وفقاً لكتلتها وسطحها ووزنها النوعي وبعدها تحليل هذه الاجزاء الخلوية بطرق الكيمياء الحياتية والكيمياء الدقيقة فضلاً عن دراستها بالمجهر الالكتروني. وان هذه الطرق التقنية مهمة لدراسة التركيب الكيميائي للعضيات الخلوية organelles المختلفة. توجد عدة طرق لتكسير الخلايا ومعظم هذه الطرق تستند على تحضير محاليل او اوساط مائية مكونة عادة من محاليل السكر Sucrose بتركيز مختلفة تعمل على تحطيم الخلايا ميكانيكياً لحين تجانسها ويمكن ايضاً تكسير الخلايا في اوساط غير قطبية Nonpolar media وكما في طريقة بيهرين Behrene's method التي تستخدم لفصل الانوية ولهذه الطريقة اهميتها لاخترالها كمية المواد الذائبة المفقودة ومنها البروتينات وانزيمات معينة .

ولا بد من التفريق بين مصطلح الاجزاء المكسرة للخلية **cell fractions** والعضيات الخلوية **cell organelles** فمثلاً ان اجزاء المايتركوندريا التي حصل عليها من تحطيم خلايا الكبد تحتوي بصورة رئيسية على المايتركوندريا بينما اجزاء المايتركوندريا التي حصل عليها من تكسير خلايا الدماغ فتكون غير متجانسة حيث تحتوي على النهايات العصبية والنخاع **myelin** اضافة الى مايتركوندريا حرة. أما المايكروسومات **microsomes** فهي ليست عضيات خلوية وان المايكروسوم التي حصل عليها بعد تكسير الخلايا يتألف بصورة رئيسية من الاجزاء المكسرة للشبكة الاندوبلازمية بضمنها الرايبوسومات ومعقد كولجي واغشية اخرى. ويمكن ان نوضح خطوات عزل المكونات الخلوية كما يلي: يحصل من تكسير الخلايا بالطريقة القياسية على اربع اجزاء **Fractions** رئيسية وهي كما يلي حسب تسلسل الحصول عليها من الطرد المركزي.

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1 - اجزاء تحتوي على الانوية. | Nuclear fractions |
| 2 - اجزاء تحتوي على المايتركوندريا. | Mitochondrial fractions |
| 3 - اجزاء تحتوي على المايكروسومات. | Microsomal fractions |
| 4 - اجزاء تحتوي على مواد ذائبة. | Soluble material |

التصوير الاشعاعي الذاتي **Autoradiography**

تجري هذه الطريقة وذلك باستخدام مواد معلمة بالنظائر المشعة **Radioisotopes** تعطي النظائر المشعة للخلايا ثم تثبت بعد ذلك ويغطي النسيج بمستحلب التصوير المتكون عادة من بروميد الفضة ثم تطبع الصورة المتكونة طبعاً اعتيادياً وتقارن لتحديد موضع آثار النظير المشع بالنسبة للخلايا وبهذه الطريقة يمكن ان نعرف موضع النظير المشع بالضبط. ومن النظائر المشعة المستخدمة كثيراً النظائر المشعة للحوامض الامينية **3H- 3H-Leucine** **thymidine or** مثلاً المستعملة في دراسة الـ **DNA** و **RNA** او المركبات **C14** المستعملة في دراسة التركيب الضوئي.

Freeze – etching

وتستخدم هذه الطريقة لدراسة الاغشية البايولوجية وتجري هذه الطريقة بالتجميد السريع للنموذج وتقطيعه بعد ذلك في جهاز تفريغ الغازات **Vacumme** عند درجة (-100)م ان سكينه القطع لا تستطيع تقطيع النموذج عند هذه الظروف غير انها تعمل على كسر النموذج على طول خطوط ضعيفة في ترابطها طبيعياً مثل الجزء الوسطي للغشاء البلازمي وتترك القطعة المكسرة في مفرغة الغازات لفترة مناسبة لكي يسمح لبعض الماء من التبخر من السطح المكشوف للخارج وهذا ما يؤدي الى انكماش المساحات الطرية للنموذج قليلاً. وتظل السطوح المكشوفة للخارج بواسطة طبقة رقيقة جداً من عناصر ثقيلة مثل الكربون والبلاطين لتزويده بالتباين المناسب يزال بعد ذلك النموذج بواسطة حوامض تاركة نسخة العنصر **Metal** **copy** التي يتم فحصها بواسطة المجهر الالكتروني الماسح او النفاذ.

الكروماتوكرافيا Chromatography

تستخدم هذه التقنية في فصل الجزيئات لمواد مختلفة تتواجد مع بعضها في المحلول أو في الساييتوسول Cytosol حيث يوضع المحلول في وسط غير ذائب والذي يملك الفة مختلفة لجميع جزيئات المحلول ولذلك فالجزيئات سوف تهجر خلال الوسط بمعدلات مختلفة، ويستخدم من هذه التقنية نوعان هما:

أولاً: Paper chromatography

وهذه التقنية هي طريقة بسيطة لفصل الجزيئات الصغيرة بعضها عن بعض ولذلك توضع على صفيحة من ورقة مناسبة ثم توضع في وعاء يحتوي مذيب مناسب، ويمكن التمييز في هذه التقنية طبقاً إلى هجرات المذيب على الورق من الأسفل إلى الأعلى وأن مكونات المذاب العالية لخليط النموذج سوف تهجر من المذيب في الامام ثم تتحرك بقية المكونات ببطء طبقاً لقابلية ذوبانها ولهذا فإن المذيب المختار سوف يحدد سرعة هجرة الجزيئات المفردة. ان هذه التقنية تستخدم لفصل الاحماض الامينية والنيوكليوتيدات وبعض الجزيئات الناتجة عن الايض.

ثانياً: Column chromatography

في هذه التقنية يوضع وسط غير ذائب في انبوبة زجاجية وان طول وعرض هذه الانبوبة سوف يؤثر على فصل الجزيئات. ولغرض فصل الجزيئات توضع في قمة العمود وعند اضافة المذيب تبدأ بالهجرة. ان اختيار المذيب والمادة الناقلة يعتمد على خصائص الفصل. ان المادة الناقلة للشحنات الموجبة سوف ترتبط بالجزيئات الحاملة للشحنات السالبة. وهناك نواقل اخرى تحتوي فتحتان من خلالها تنفذ الجزيئات الاصغر والتي تنزل إلى الأسفل. ان المحلول الذي يسيل من المحلول يجمع بشكل اجزاء صغيرة والتي تحتوي اصناف مختلفة من الجزيئات هذه التقنية مفيدة في فصل خليط من البروتينات وكذلك في عزل الانزيمات مثل الساييتوكروم سي-او انزيم بلمرة الحامض النووي RNA.

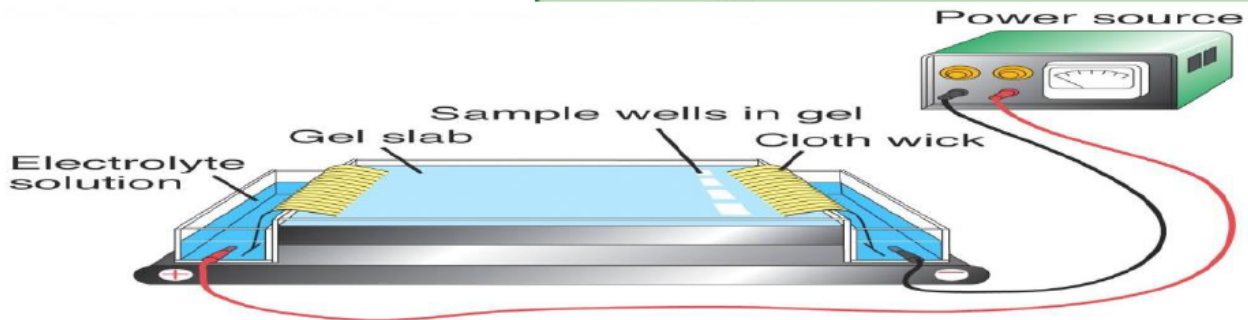
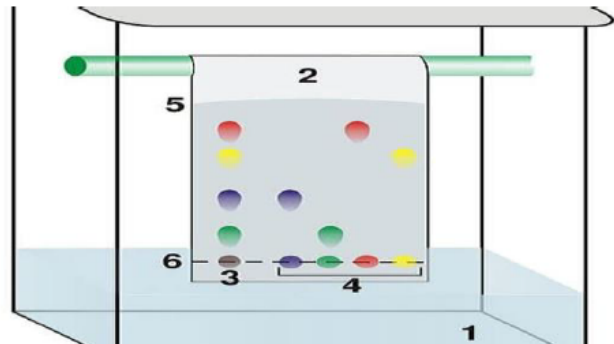
الترحيل الكهربائي Electrophoresis

يمكن فصل الجزيئات والجزيئات الكبيرة في حقل كهربائي اذا احتوت هذه الجزيئات شحنات كهربائية وبمقادير مختلفة، وذلك بوضع الخليط على طبقة رقيقة حيث تغطس في حاويتين مملوءة بمحلول ملحي وان احدى هاتين الحاويتين تحمل القطب السالب في حين تحمل الاخرى القطب الموجب. عند امرار تيار كهربائي مستمر فإن الجزيئات ذات الشحنة السالبة تهجر إلى القطب الموجب بينما تهجر الجزيئات ذات الشحنة الموجبة إلى القطب السالب، ويمكن ان تكون الطبقة الرقيقة من الورق او الاكار او النشا. ان معدل هجرة الجزيئات في حقل كهربائي يتحدد بواسطة حجم الجزيئات وعدد المجاميع المشحونة لكل جزيئة. تستخدم هذه التقنية لفصل البروتينات والاحماض النووية ومركباتهما. ومن الانواع الشائعة لهذه التقنية والمستخدمه في علم حياة الخلية هي:-

- ١ - Moving boundary electrophoresis والذي يستخدم لفصل البروتينات.
- ٢ - Gel or Zone electrophoresis ويستخدم أيضاً لفصل البروتينات.
- ٣ - Discontinuous electrophoresis ويستخدم لفصل البروتينات من الغشاء البلازمي
- ٤ - SDS-PAGE ويستخدم لفصل وتحديد حجم الجزيئات الكبيرة كالبروتينات.
- ٥ - Mexam-Gilbert technique ويستخدم لفصل اجزاء متعدد النيوكليوتيدات للـ RNA والـ DNA.
- ٦ - Immuno electrophoresis وتستخدم للمستضدات والاجسام المضادة.

الديليزة Dialysis

وهي طريقة حساسة تستخدم لفصل المركبات ذات الالوزان الجزيئية الصغيرة عن المركبات ذات الالوزان الجزيئية الكبيرة. وفيها يستخدم غشاء رقيق بشكل انبوبة تملأ بالمحلول الحاوي على الجزيئات المراد فصلها. ان حجم الثقوب الموجودة في الغشاء يسمح بانتشار الجزيئات الصغيرة كالاملاح والاحماض الامينية في حين لايسمح بمرور الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات والاحماض النووية لذلك تبقى هذه المواد داخل انبوبة الديليزة.



جهاز كولجي والاجسام الحالة والاجسام الدقيقة

اولا: جهاز كولجي Golgi Apparatus

ويسمى في بعض الاحيان جسم كولجي وصفه لأول مرة العالم كولجي في الخلايا العصبية عام ١٨٩٨م بعد معاملة الخلايا باصباغ تحتوي على معادن ثقيلة كالفضة وفي العام ١٩٥٠م اثبت وجوده في الخلايا الحيوانية ذات الطبيعة الافرازية من قبل العالم بالاد Palade باستخدام

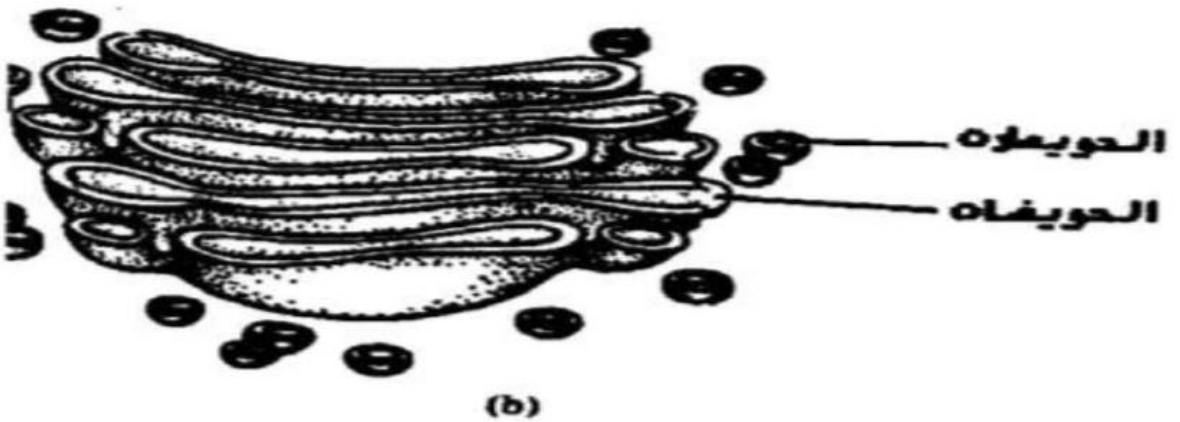
المجهر الالكتروني وهو عبارة عن احواض مسطحة او اكياس ذات اغلفة ملساء مرتبة بحيث يأخذ سطحها الاعلى بالضيق الشكل رقم (٨-١) ويحيط بهذا النظام حويصلات vesicles ويتراوح قطرها ٥٠ نانومتر او اكثر وهي عبارة عن فجوات افرازية secretory vacuoles وتحتوي على البروتين مطروح كان قد تم بناؤه في الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER و انتقل الى جهاز كولجي والفجوات الافرازية ويمكن الكشف عن جهاز كولجي وذلك باعطائه تفاعلا موجبا مع كاشف PAS الذي يدل على بناء السكريات البروتينية glycoproteins في جهاز كولجي والتي تهاجر عن طريق الاوعية باتجاه الاجسام الحالة لتكوين غلاف الاجسام الحالة وغلاف الخلية الخارجي

الشكل العام General morphology

لقد تبين من خلال دراسة جهاز كولجي في الخلايا كاملة النضوج تحت المجهر الالكتروني انه يحتوي على تراكيب متعددة ومنها ثلاث تراكيب رئيسية وهي :

flattened sacs or cisterna
vesicles
vacuoles

١ - اكياس أو احواض مسطحة
٢ - الحويصلات
٣ - الفجوات



الشكل رقم (٨-١) يبين جهاز كولجي (عن حيدر والحاسي ، ٢٠٠٤)

الموقع Location

تسمى اجسام كولجي في الخلايا النباتية وفي اللاقريات بالدكتيوسومات Dictyosomes او تسمى كولجي دكتيوسوم Golgi Dictyosomes الشكل رقم (٨-٤) وتحتوي الدكتيوسومات على عدد من الحويصلات يتراوح عددها ما بين ٢-٢٠ حويصلة وقد يصل قطر الاكياس المسطحة في الخلايا النباتية ما بين ٣٠٠-٥٠٠ انكستروما" كما تكون الدكتيوسومات متباعدة جدا بحيث تنتشر بصورة منتظمة في السايوبلازم داخل الخلية او تكون متخذة تجمعاً معقداً كما في خلايا اللاقريات.

الوظيفة Function

يقوم جهاز كولجي بوظائف متعددة اهمها :

- ١ - يستقبل البروتين المصنوع من الشبكة الاندوبلازمية ويعمل على تركيزه ورصه بشكل حبيبات متجمعة حيث ينفل ويتجمع داخل الاكياس المسطحة والفجوات الكبيرة لجهاز كولجي و تكون دقائق الخزن محاطة بغشاء ناتج من الجهاز ثم تنطلق بعدها هذه الدقائق من خلال فتحة في غشاء البلازما الى خارج الخلية بالنظام الاتي : الشبكة الاندوبلازمية الخشنة —————> الشبكة الاندوبلازمية الناعمة —————> جهاز كولجي —————> الفجوات —————> خارج محيط الخلية.
- ٢ - يلعب دورا في تكوين البروتينات السكرية glycoproteins من اتحاد البروتينات مع السكريات المعقدة وكذلك يتم تكوين mucopolysaccharides في جهاز كولجي كما يتم ايضا بناء الكربوهيدرات كالكلايكوجين الذي يبدأ بناءه في جهاز كولجي من المادة الاولية يوردين ثنائي الفوسفات الكلوكوز (UDPG)
- ٣ - يقوم جهاز كولجي ببناء خلايا بيتا لجزر لانكرهانز التي تبني وتفرز هورمون الانسولين في الحيوانات
- ٤ - يعمل على تجميع البروتين المطلوب لتكوين غلاف الاجسام الحالة وغلاف الخلية الخارجي
- ٥ - يعمل على بناء الدهون المفسفرة phospholipids
- ٦ - في النباتات تكون وظيفة معقد كولجي في الاشتراك في عملية تكوين الصفيحة الوسطى للخلية اثناء عملية انقسام الخلايا.
- ٧ - ومن الوظائف الاخرى لجهاز كولجي: اثبتت الدراسات الحديثة ان انزيم كيموترپسين وهو انزيم هاضم Digestive enzyme الذي يحلل البروتينات في الامعاء الدقيقة
- ٨ - كما يلعب معقد كولجي دوراً مهماً في تكشف الجسيم الطرفي في النطف، حيث خلال مرحلة نضوج النطفة (الحيمين) sperm يبقى جهاز كولجي بكامله عند استمرار النمو لكي ينتج في الاخير الجسيم الطرفي (Acrosome) والذي يكون محاطاً بغشاء مفرد.

منشأ جهاز كولجي Origin of Golgi Apparatus

هناك العديد من الاحتمالات عن منشأ جهاز كولجي وهي:-

- ١ - ان التشابه الموجود بين غشاء معقد كولجي واغشية الشبكة الاندوبلازمية الناعمة ادى الى الاعتقاد ان منشأ جهاز كولجي ينتج من مكونات الشبكة الاندوبلازمية وان العلاقة بين جهاز كولجي و الشبكة الاندوبلازمية وجدت في كل من الخلايا النباتية والحيوانية على حد سواء . الشكل رقم (٦-٨).



الشكل رقم (٦-٨) يبين مخططاً لكيفية نشوء جهاز كولجي من الشبكة الاندوبلازمية

- ٢ - ان لموقع جهاز كولجي المجاور للنواة وارتباطه بظهور جيوب صغيرة و توصلات للغشاء النووي وانتقالها منه قد ادى الى الاعتقاد الى احتمالية مشاركة الغشاء النووي في تكوين اغشية جهاز كولجي.
- ٣ - هناك اعتقاد يشير الى ان معقد كولجي نتج عن تكسير واعادة بناء الاكياس المسطحة مرة اخرى.
- ٤ - وهناك اعتقاد ان جهاز كولجي قد ينشأ من تضاعف او انقسام معقد كولجي سابق له في التكوين.
- ٥ - يعتقد ان جهاز كولجي يتكون من تراكيب او حويصلات غشائية في الساييتوبلازم في منطقة خالية من الرايبوسومات تعرف بمنطقة الاقصاء **Zone of exclusions**.

ثانيا : الاجسام الحالة Lysosome

تمثل الاجسام الحالة احدى العضيات الساييتوبلازمية المهمة حيث وجدت في العديد من الخلايا الحيوانية كالخلايا الحشوية للكبد و قسم من الخلايا النباتية وقد استخدم دي دوف DE duve هذا المصطلح عام 1955 لتسمية مجموعة من الدقائق الخلوية الثانوية Subcellular particles الغنية بالانزيمات. بينت جميع الدراسات اللاحقة وبالاخص تلك التي تهتم بمحتواها الكيميائي الحيوي بانها تمثل مواقع معينة لانزيمات التحلل المائي في الخلية وهذه الانزيمات محاطة بغشاء محكم و تعمل في وسط حامضي من الـ pH و تتميز تحت المجهر الالكتروني باستعمال مختلف التفاعلات الكيميائية الخلوية مثل استخدام انزيم الفوسفاتيس الحامضي acid phosphatase حيث تظهر الاجسام الحالة متعددة الاشكال. الشكل رقم (٨-٧).

الشكل العام General morphology

ان التشخيص الخلوي للاجسام الحالة اكثر صعوبة من التشخيص الكيميائي و يعزى ذلك الى نشأتها المتغايرة الملحوظة و ان الخصائص الشكلية العامة لهذه المجموعة من التراكيب المتغايرة النشأة تشمل وجود غشاء محدد و وجود نواتج تفاعل من انزيمات الفوسفاتيس الحامضي. يتراوح حجم الاجسام الحالة بين ٠,٢ - ٠,٥ مايكرومترا" و قد يصل في كبد اللبائن الى ما يقرب من خمس مايكرونيات الشكل (٨-٨) ومن الطبيعي ان التغيرات الشكلية لمنشأ هذه الاجسام يشير الى نشاطات خلوية كثيرة التنوع تخص الهضم داخل الخلية وخارجها .

التصنيف Classification

يمكن تصنيف الاجسام الحالة الى اربعة انواع اعتمادا على البنية الداخلية لهذه العضيات وهي :-

primary lysosome	١ - الاجسام الحالة الاولى
secondary lysosome	٢ - الاجسام الحالة الثانوية
residual bodies	٣ - الاجسام المتبقية
Autolysosome	٤ - الاجسام الحالة الذاتية

١- الاجسام الحالة الاولى أو الحبيبات المخزونة Storage granule

وهي عبارة عن اجسام كثيفة واصغر اشكال الاجسام الحالة يصل قطرها الى ما يقارب من ٠,٤ مايكرومترو محاطة بغشاء مفرد اما المحتوى الانزيمي لهذه الاجسام فانه يصنع بواسطة الرايبوسومات الموجودة في الشبكة الاندوبلازمية ثم تظهر في منطقة اجسام كولجي ويمكن احباط عملية تكوين الاجسام الحالة الاولى بواسطة البيورومايسين puromycin.

٢- الاجسام الحالة الثانوية أو الفجوات الهاضمة Digestive vacuole

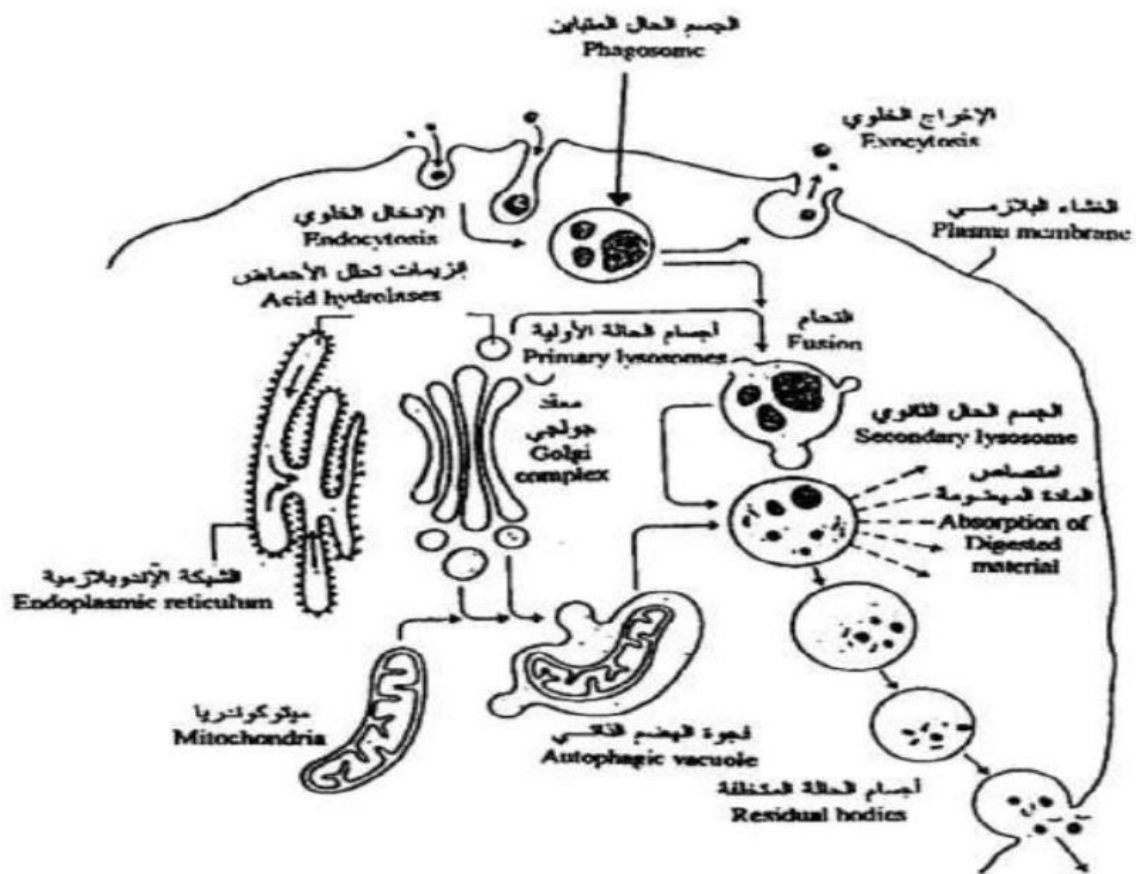
وتنتج من التحام الاجسام الحالة الاولى مع الفجوات الحاوية على مواد ملتهمة تسمى الجسم الملتهم phagosome الذي يلتحم بدوره مع الاجسام الحالة المغايرة heterolysosome ويهضم بواسطة انزيمات التحلل المائي .

٣- الاجسام المتبقية Residual bodies

ان هذه الاجسام هي المراحل النهائية للاجسام الحالة المغايرة والاجسام الحالة الذاتية معا فبعد عملية هضم المحتوى ذات المنشأ الخارجي أو الداخلي تترك في الاجسام الحالة الثانوية متبقيات غير قابلة للهضم و لما كانت الاجسام الحالة الثانوية تستطيع القيام بعدد من الاعمال الهضمية المتعاقبة مستخدمة الانزيمات نفسها ينتج عن الاجسام الحالة الثانوية تجمع المتبقيات.

٤- الاجسام الحالة الذاتية Autolysosomes

تتخصص الاجسام الحالة الثانوية للالتهام الذاتي و الاجسام الحالة الذاتية عموما تتميز بوضوح عن الاجسام الحالة المغايرة و ذلك بسبب وجود عضيات الخلية في مختلف مراحل الاضمحلال وتكتسب بعض الاجسام الملتهمه الذاتية انزيماتها المحللة في اثناء تكوينها وذلك من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة او معقد كولجي، اما الاجسام الملتهمه الذاتية الاخرى فتكون بدون انزيمات محللة و عليه يجب ان يحصل التحام بينها و بين الاجسام الحالة الاولى. الشكل رقم (٨-٩).



الشكل رقم (٨-٩) يبين مخططاً لأنواع المختلفة من الاجسام الحالة وعلاقتها بالادخال والاخراج الخلوي

الوظيفة Function

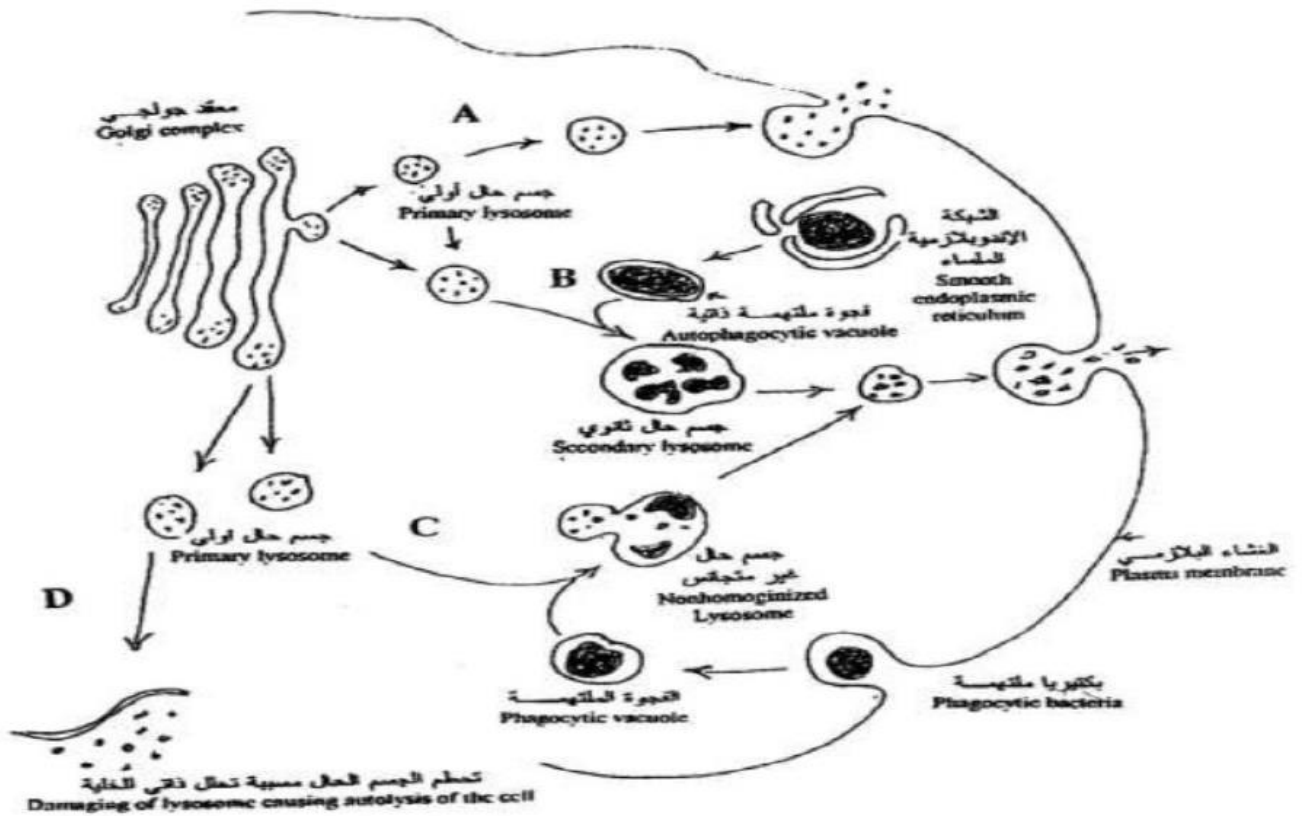
هنالك العديد من الوظائف التي تقوم بها الاجسام الحالة و هي :-

١ - تهضم انزيمات الاجسام الحالة البروتينات وتحولها الى ثنائي الببتيد والكاربوهيدرات الى سكريات احادية monosaccharides بينما لا تهضم بعض السكريات الثنائية (السكروز) والسكريات المتعددة (الدكسترين) والانسولين وتبقى في داخل الاجسام الحالة

٢ - خلال النمو تكون الاجسام الحالة فعالة في اعادة تنظيم الانسجة فعلى سبيل المثال خلال دورة الاستحالة metamorphosis للبرمائيات هنالك اعادة تنظيم الانسجة و ذلك باتلاف العديد من الخلايا و يتم ذلك بواسطة انزيم الاجسام الحالة فمثلا اضمحلال degeneration ذيل الدعوضة tadpole tail ينتج بواسطة انزيم الكاثابيسين cathapsins الانزيم الهاضم للبروتين الموجود في الاجسام الحالة و من الممكن ملاحظة انه مع اختفاء الذيل فان تركيز الكاثابيسين يزداد بالتدرج مع بقاء الكمية الكلية للانزيم ثابتة.

٣ - تعد الجسام الحالة ذات اهمية خاصة في الطب فمثلا لها فعل في التهاب المفاصل الروماتيزي rheumatoid arthritis وفي التسمم السليكي silicosis وداء النقرس gout

٤ - تكون الاجسام الحالة لكريات الدم البيضاء والمونوسايت monocyte اساسية في الحماية والوقاية ضد البكتريا و الراشح . الشكل رقم (٨ - ١٠).



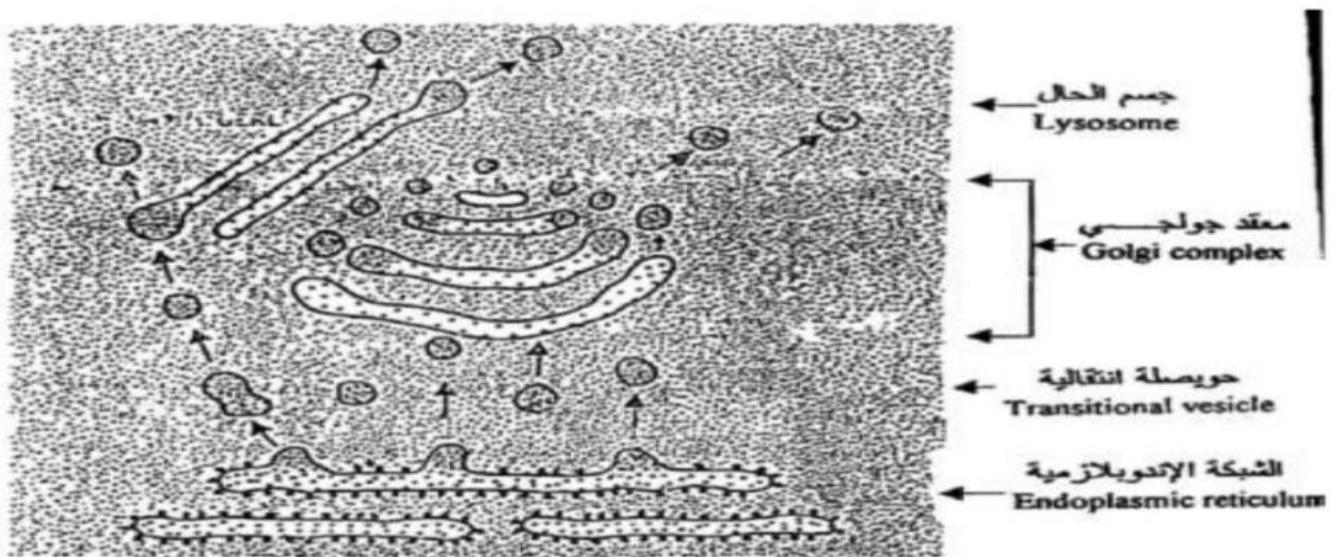
الشكل رقم (٨ - ١٠) يبين شكلاً تخطيطياً لدور الاجسام الحالة في الحماية ضد البكتريا

- ٥- كما وجدت الاجسام الحالة في خلايا النبات حيث تشترك في تحلل و ازالة البروتين والنشأ في البادرات seedling خلال عملية الانبات germination
- ٦- كما ان بعض الانسجة النباتية تعاني ارتداداً " بعد فترة النشاط بواسطة فعالية الاجسام الحالة و مثال ذلك انسجة الرحم حيث يكون وزنها بعد الولادة مباشرة ٢ كغم و لكن يعود بعد ٩ ايام الى حجمه الطبيعي و يزن ٥٠ غم و قد لوحظ خلال هذه الفترة ان عددا كبيرا من الخلايا ذاتية الهضم تقوم بهضم جميع المخلفات و المواد خارج الخلية و جزء من البطانة الداخلية للرحم .
- ٧- هضم المح خلال النمو الجنيني.
- ٨- تحطيم كريات الدم الحمراء القديمة والميتة.
- ٩- تحلل الجلطات الدموية.
- ١٠- تقشير الجلد
- ١١- تلعب دوراً في التغذية في الحيوانات الابتدائية.

أصل الاجسام الحالة Origin of lysosomes

يوجد العديد من الاحتمالات التي وضعت حول مصدر الاجسام الحالة و اهم هذه الاحتمالات هي :

- ١- ان تكوين الاجسام الحالة يتم من معقد كولجي وقد اقترح بعض العلماء ان الانزيمات الموجودة في الاجسام الحالة يكون مصدر انتاجها نوعاً من الرايبوسومات المصاحبة للشبكة الاندوبلازمية وتنقل بعد ذلك الى جهاز كولجي الذي يكون بدوره الاجسام الحالة.
- ٢- يمكن افتراض ان الشبكة الاندوبلازمية القريبة من معقد كولجي قد تشارك في نشوء الاجسام الحالة خاصة في المراحل الاولى. الشكل رقم (٨-١١).



الشكل رقم (٨-١١) يبين كيفية نشوء الاجسام الحالة من الشبكة الاندوبلازمية

٣- اظهرت دراسات اخرى تعتمد على تحليلات الكيمياء الحيوية و دراسة المجهر الالكتروني ان تكوين الاجسام الحالة قد يتم في موقعين معتمداً على نوع الشبكة الاندوبلازمية.

ثالثاً :- الاجسام الدقيقة Microbodies

وهي اجسام صغيرة بيضوية أو كروية الشكل يتراوح قطرها بين ٠,٢-١,٥ مايكروميترًا" وتختلف عن الاجسام الحالة في محتوياتها الانزيمية و بالتالي في وظيفتها و تكون محاطة بغشاء مفرد من الدهن والبروتين وتنشأ الاجسام الدقيقة من خلال عملية التبرعم للشبكة الاندوبلازمية الناعمة ثم تنفصل عنه ولهذا السبب فان الاجسام الدقيقة تقع قريبة من الشبكة الاندوبلازمية والميتوكوندريا الشكل رقم (٨-١٢) او البلاستيدات الخضراء تظهر اكثر كثافة منها عند التشخيص بطريقة كثافة السكروز المتدرجة sucrose density gradient ويتراوح عدد الاجسام الدقيقة لكل خلية بين ٧٠-١٠٠ عضية.

انواع الاجسام الدقيقة Types of microbodies

اثبتت الدراسات باستخدام المجهر الالكتروني وجود نوعين من الاجسام الدقيقة :-

١ - البيروكسيسومات peroxisomes

و هي عبارة عن اكياس مكونة من غلاف واحد و قد لوحظت هذه العضيات عام ١٩٦٩ من قبل de Duve وسميها بهذا الاسم وتكون موجودة في خلايا الكبد والكلية والابتدائيات بالاضافة الى الخلايا النباتية الشكل رقم (٨-١٣) وتحتوي على انزيمات الاوكسيداز oxidase ومسؤولة عن نقل ذرات الهيدروجين الى الاوكسجين الجزيئي O_2 لتكوين بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ولما كان بيروكسيد الهيدروجين الناتج من التفاعل مركبا وسطياً فان تسميتها بهذا الاسم يعد ملائماً جداً وتحتوي البيروكسيسومات عددا من انزيمات الاكسدة و تشمل :-

- | | |
|--|--------------------------|
| ١ - الانزيم المؤكسد للاحماض الامينية | D-amino oxidase |
| ٢ - يوريت ديهيدروجينز | Urate dehydrogenase |
| ٣ - ستريت ديهيدرجينز | Citrate dehydrogenase |
| ٤ - ايزوستريت ديهيدروجينز | Isocitrate dehydrogenase |
| ٥ - اسيتايل كوانزايم A اوكسيدز | Acetyl CoA.oxidase |
| ٦ - بولي امين اوكسيدز | Polyamine oxidase |
| ٧ - انزيمات اكسدة الاحماض الدهنية نوع بيتا | B-Hydroxy acid oxidase |
| ٨ - كاتاليز | Catalase |
| ٩ - بيروكسيديز | peroxidase |

توجد الكلايوكسيسومات في انسجة النباتات الشكل رقم (٨-١٤) وبعض الكائنات المجهرية ومن ضمنها اليوجلينا *Euglena* والنيوروسبورا *Neurospora* والكلوريل *Chlorella* ومن مميزات عضية الكلايوكسيسوم احتواءها على انزيمات دورة الكلايوكسيليت *Glyoxylate cycle* والتي هي عبارة عن دورة محورة عن دورة كريبس *Kreb's cycle* تستخدم لتحويل الشحوم *Fats* الى سكريات وخاصة خلايا اندوسبيرم الخروج فضلا عن احتواءها على كل من انزيمات البيروكسيسوم و ان الغاية من وجود انزيمات دورة الكلايوكسيليت في النباتات و بعض الكائنات الدقيقة هو توليد كمية وافرة من الاوكزالو اسيتيت *Oxaloacetate(OA)* حيث يتحول قسم منه الى فوسفو اينول بايروفيت (PEP) ومنه الى سكر الكلوكوز بواسطة مسار الكلوكونيوجينيسيس *Gluconeogenesis* وفي بعض النباتات

وظائف الاجسام الدقيقة *Function of microbodies*

للاجسام الدقيقة وظائف مختلفة باختلاف الكائنات الحية و كذلك باختلاف انسجتها و عليه فان الاجسام الدقيقة تشترك في جملة من الوظائف الاتية :-

١ - حماية الخلايا من سمية الاوكسجين العالية

٢ - تقويض البيورينات و البريميدينات و اكسدة الاحماض الامينية من نوع D

٣ - تحول الدهون الى سكريات في النباتات و ذلك يتم عن طريق اكسدة بيتا للدهون B- *Oxidation* حيث تحولها الى *acetylCOA* و هذا بدوره يدخل دورة الكلايوكسيليت فيتحول الى اوكزالو اسيتيت (OA) من ثم يتحول عن طريق مسار الكلوكونيوجينيسيس الى الكلوكوز.

٤ - تنظيم نمو النباتات و ذلك من خلال استهلاك المواد المختزلة الفائضة من

FADH₂, NADPH, NADH

٥ - بناء كل من الاحماض الامينية كلايسين (Gly) وسيرين (Ser) ويعد كل منهما مولدا للبناء الحياتي لـ *C₁* اما الكلايسين نفسه فيقوم بجملة من الوظائف الاتية :-

١ - حامل لذرة كاربون واحدة لادخالها على شكل فورمات *formate carrier*

٢ - يدخل في تركيب البروتينات

٣ - يدخل في تركيب الكلوتاثاينون *Glutathione*

٤ - ازالة سمية حامض البنزويك *Benzoic acid* حيث يتفاعل معه فيكون راسباً من حامض الهيپوريك *Hippuric acid* يطرح خارج الجسم.

٥ - مادة اولية لتوليد الكرياتنين *creatinine*

٦ - مادة اولية لتوليد الهيم *Heme*

٧ - مادة اولية لتوليد البيورينات *purines*

٨ - يرتبط الكلايسين و الهورين *Haurine* باحماض الصفراء قبل افرازها في كيس الصفراء

٩ - يتحول الكلايسين بمسار الكلوكونيوجينيسيس الى سكر الكلوكوز كما في المخطط

الموضح ادناه:-

Gly→Ser→ Pyruvic acid→ glucose

١٠ - مصدر لتكوين الاحماض الامينية الاخرى

منشأ وتوزيع الاجسام الكلايوكسية

Distribution and origin of Glyoxysomes

تكوين الاجسام البيروكسية formation of peroxisomes

يعتقد بان الاجسام البيروكسية تنشأ كنمو خارجي من الشبكة الاندوبلازمية و ان انزيماتها تطلق الى حويضات الشبكة الاندوبلازمية بواسطة الرايبوسومات المتصلة و حتى لو ان هذه الفكرة قد دعمت بدراسة المجهر الالكتروني لكن الدراسات الحديثة التي استخدمت فيها خلايا الكبد تقترح ان في هذا النوع من الخلايا العديد من انزيمات الاجسام البيروكسية يبني بواسطة الرايبوسومات الحرة Free ribosomes (أي الرايبوسومات التي لا تتصل بالشبكة الاندوبلازمية) و ثم تطلق الى التجويف ومن هنالك تؤخذ الانزيمات ببطنى بواسطة اجسام بيروكسية اولية pre-existing peroxisomes.

السفيروسومات Spherosomes

تظهر هذه العضيات في الفحص بواسطة المجهر الالكتروني كتجمعات غير متجانسة في سايتوبلازم الخلية النباتية حجمها ٠,٨-١,٥ مايكروميتر ذات كثافة تشبه القطرات الزيتية وكحويصلات غشائية تتبرعم من الشبكة الاندوبلازمية، تحتوي هذه الحويصلات على انزيم Acid phosphatase الذي يزيل مجاميع الفوسفات من فوسفات الكليسيرول Glycerol phosphate ويربط الكليسيرول بالحوامض الشحمية Fatty acids بواسطة روابط استرية Ester bonds ، كما تحتوي على الفوسفاتيز الحامضي وكذلك الاستريس غير المتخصص (Esterase) non specific esterase ، كما يظهر علاقة لهذه العضيات والاجسام الحالة حيث منشأها من الشبكة الاندوبلازمية لتشابه في التركيب.

الميلانوسوم Melanosome

تعزى الاختلافات الموجودة بين لون بشرة الانسان الى معدل صبغة الميلانين التي تبني داخل عضيات خاصة تسمى Melanosomes وهي ذات اشكال بيضوية اقطارها تتراوح بين ٠,٣-١,٣ مايكرومترا وهي موجودة في خلايا متخصصة تسمى Melanocytes كما في الشكل (٨-١٦) وينشأ الميلانوسوم على هيئة خيوط داخل صهاريج SER ويمكن ملاحظته في الحويصلات التي تنشأ عنها تترسب هذه الخيوط داخل هذه الحويصلات.

الريبوسوم : عضية صغيرة كثيفة في الخلايا الحية تقوم بتجميع البروتينات. ويبلغ قطر الريبوسومة ١٥-٢٠ نانومتر، وتتألف من ٦٥% RNA ريبوسومي و ٣٥% بروتينات ريبوسومية. مهمته الأساسية ترجمة RNA المرسل إلى سلاسل ببتيدية تترايط فيما بعد لتشكيل البروتينات وبالتالي هو أحد المراكز المهمة في عملية تحويل المعلومات الوراثية إلى البروتينات المشفرة ضمن هذه الصيغة الوراثية . يمكن تخيل الريبوسوم على انه المصنع الذي يحول المعلومات الوراثية المشفرة إلى تسلسل ببتيدي من حموض أمينية . يمكن للريبوسومات ان تسبح في الخلية بحرية او ترتبط بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum أو إلى الغلاف النووي . nuclear envelope يعتبر الريبوسوم مجموعة ريبوزيم ribozyme، لوحظت الريبوسومات في منتصف الخمسينات من قبل عالم الأحياء الروماني جورج بالاد بواسطة المجهر الإلكتروني كجسيمات كثيفة او حبيبات.

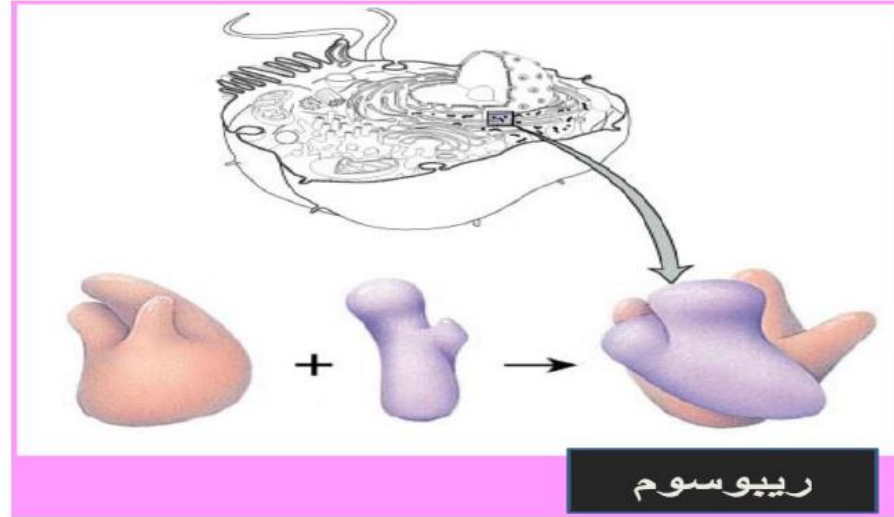
■ الريبوسومات :

- المكان الأساسي لتصنيع البروتينات .
- يتم تصنيعها في النوية ثم تخرج منها إلى السيتوبلازم عن طريق الثقوب الموجودة في الغلاف النووي.
- الخلايا البانية للبروتينات بكميات كبيرة تحتوي بصورة واضحة على نوويات و ريبوسومات عديدة.
- مثال: خلايا الكبد في الإنسان تحتوي على الملايين من الريبوسومات والبنكرياس يحتوي على بعض الملايين من الريبوسومات.

• يتم بناء البروتينات على الريبوسومات في موقعين في السيتوبلازم:

- ١- الريبوسومات الحرة: الريبوسومات المعلقة في السيتوسول.
- ٢- الريبوسومات المتصلة (المرتبطة) بالسطح الخارجي للشبكة الإندوبلازمية فتعطي الشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

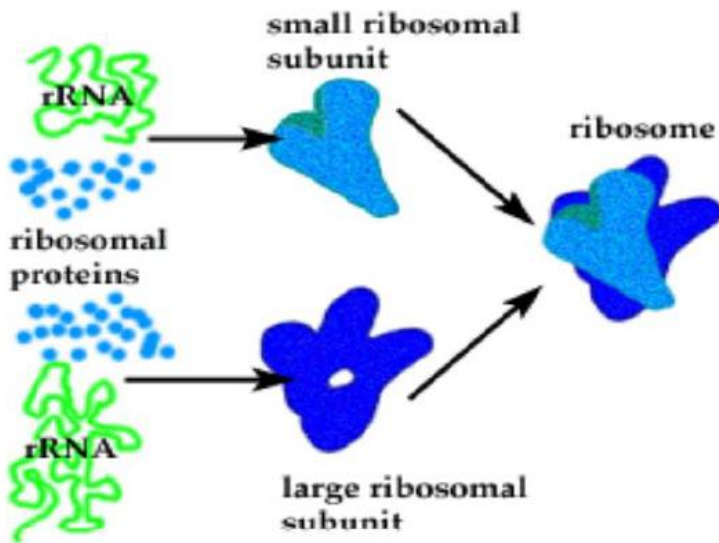
• الخلايا الإفرازية المتخصصة في إفراز البروتين عادةً تحتوي على العديد من الريبوسومات المرتبطة بالشبكة الإندوبلازمية (مثال: الخلايا البنكرياسية).



هذا الرسم
يوضح
الريبوسومات
المتصلة بالسطح
الخارجي للشبكة
الإندوبلازمية.

- توجد الريبوسومات في كل من الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة وهي متشابهة إلى حد كبير في شكلها وتركيبها ووظيفتها إلا أنها **أصغر حجماً في الخلايا البدائية النواة.**
- في كلا النوعين من الخلايا تتكون الريبوسومات من:
(i) r-RNA و (ii) بروتين.
- في كلا النوعين من الخلايا تتكون من وحدتين إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة.

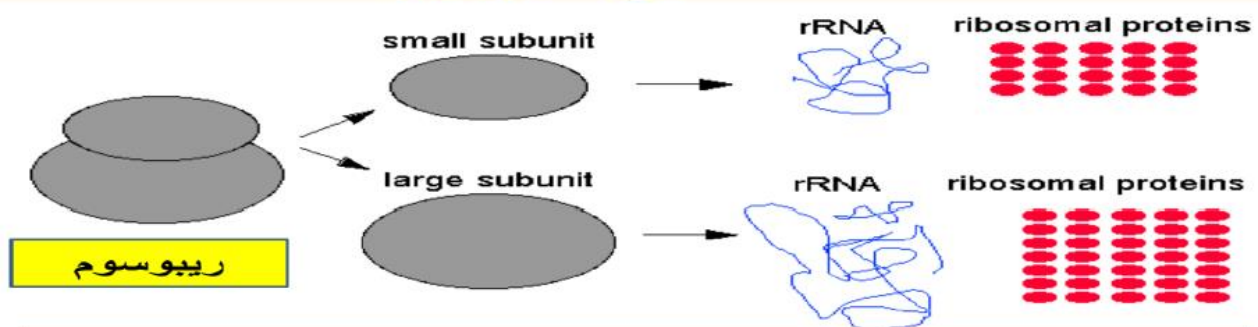
Translation : the ribosome



مكونات
الريبوسومات.
تتكون
الريبوسومات من
وحدة صغيرة
و أخرى كبيرة

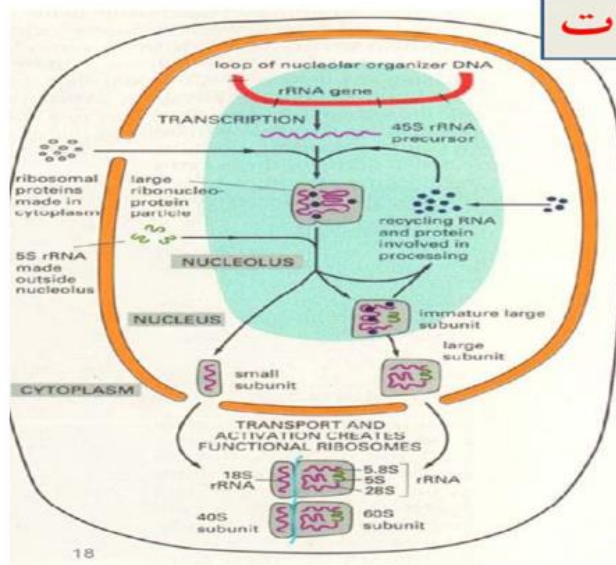
- البروتينات التي يتم تصنيعها على الريبوسومات في الخلايا بدائية الأنوية تختلف عن تلك التي يتم تصنيعها على الريبوسومات في الخلايا حقيقية الأنوية.

● **الوحدتان ليستا متصلتين ببعضهما بصورة دائمية ولكنهم يتحرران عند نهاية مرحلة كل تصنيع البروتين.**



تصنيع البروتينات بواسطة وحدة ريوسومية صغيرة و وحدة ريوسومية كبيرة

دور النوية في تصنيع الريبوسومات



(٣) هاتين الوجدتين يحصلون على صورتهم الوظيفية النهائية فقط عند عبورهم بصورة منفردة من خلال الثقوب النووية إلى داخل سيتوبلازم الخلية.

النواة والكروموسومات Nucleus and Chromosomes

لقد تم وصف النواة لأول مرة من قبل العالم روبرت براون Robert Brown سنة ١٨٣٥ على أنها تركيب ثابت لكل من الخلايا النباتية plant cells و الخلايا الحيوانية animal cells حيث تمثل الوحدة الرئيسية و الأساسية للتركيب و البناء و الوظيفة في الكائن الحي .

ان معظم الدراسات تكون معتمدة على الشكل العام و بصورة خاصة الكروموسومات chromosomes في خلال عملية الانقسام الخلوي Cell Division و لكن التقدم العلمي الذي حدث خلال الفترة الاخيرة باستعمال تقنيات خلوية جديدة لغرض دراسة النواة اسهم بصورة جيدة باغناء معلوماتنا حول الكيمياء الحيوية وفسلجة النواة حيث تحتوي جميع الخلايا الحقيقية النواة على نواة واحدة او اكثر في بعض مراحل حياتها و مثال على هذه الخلايا التي تحتوي على نواة في مرحلة معينة من حياتها فقط هو كريات الدم الحمراء التي تفقد نواتها عند النضج كما تفقد خلايا اللحاء Phloem في النبات والتي تقوم بنقل الغذاء في النبات نواتها عند النضج Maturity. ان فقدان الخلية نواتها قد يعني في معظم الاحوال موت الخلية و قد اجريت تجربة قام بها علماء الاحياء حيث انتزعت من الخلية نواتها بواسطة الجراحة الدقيقة فوجد ان هذه الخلية تموت بعد فترة محدودة و لكن اذا زرعت فيها نواة مرة اخرى عادت الخلية الى نشاطها و عندما تحتوي الخلية على نواة واحدة فانها تسمى وحيدة النواة uninucleate و اذا كان عدد النوى اكثر فانها تسمى متعددة النواة Multinucleate فمثلا

المدمج الخلوية coenocytic للألياف العضلية المخططة أو في بعض الفقرات و الطحالب كما تحتوي بعض الخلايا المسببة لتحلل العظام osteolysis على عدة نوى علما بان عدد النوى قد يصل الى المائة.

المظاهر العامة للنواة General features of Nucleus

خلال الطور البيني Interphase وفي دورة حياة الخلية تفقد النواة عادة الشكل الدائري ويصل قطرها الى حوالي ١٠ مايكرومتر الا ان شكل وحجم وموقع الانوية يختلف باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species وفي بعض الحالات يعتمد شكل النواة على شكل الخلية التي تحملها ففي الخلايا الدائرية او المكعبة او المتعددة الاضلاع يكون شكل النواة دائري عموماً و تميل النواة لأن تأخذ شكلاً بيضوياً او متطاولاً في الخلايا الاسطوانية او المعينية أو المغزلية كما يمكن ان نلاحظ انوية غير منتظمة الشكل فمثلا بعض خلايا الدم البيض leucocytes يكون شكل النواة مشابها لحذوة الحصان او تكون متعددة الفصوص و تكون النواة متفرعة في الخلايا الغدية للعديد من الحشرات بينما تكون انوية الحيامن بيضوية او كمثرية او رمحية الشكل. يمكن ان يتم تغيير حجم النواة او شكلها دون تغيير محتواها من الحامض الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA ويختلف حجم الانوية ايضا باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species و تميل النواة الى الاحتفاظ بنسبة ثابتة بين حجمها و حجم الساييتوبلازم الذي يحتويها و يعبر عن ذلك بمعامل البلازما النووية Nucleoplasmic index و للاختصار يشار اليه NP و المعبر عنه بالمعادلة التالية " هنالك شواذ كثيرة لهذه القاعدة "

حجم النواة (Nv)

$$\frac{\text{حجم النواة (Nv)}}{\text{حجم الساييتوبلازم (Cv)}} = N_p$$

حجم الساييتوبلازم (Cv) - حجم النواة (Nv)

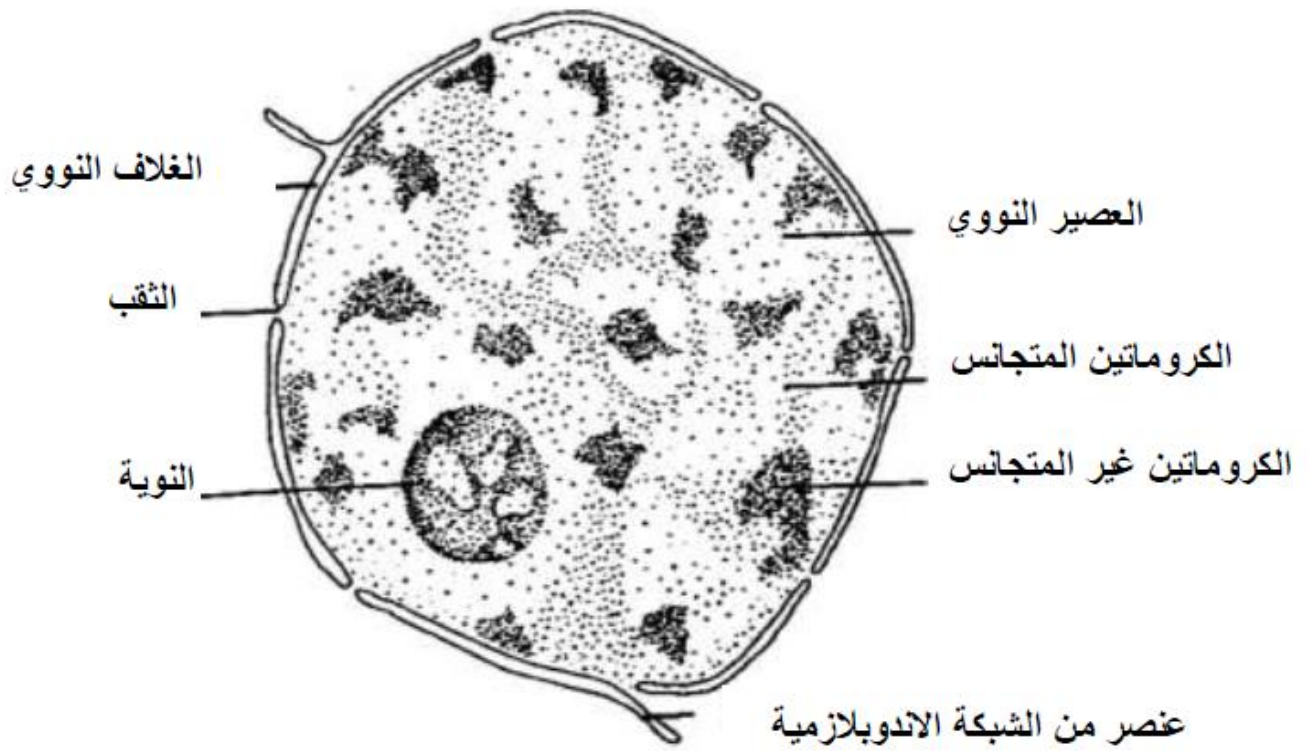
يسبب نمو الخلايا البنوية (Daughter cells) تغيراً في التوازن بين الحجم النووي والساييتوبلازمية وهذا التغير يمكن ان يؤدي الى تكاثر الكروموسوم وبالتالي تبدأ دورة اخرى كما ويزداد حجم النواة في العضو الواحد بتقدم الخلايا في العمر. ان النواة كغيرها من العضيات الخلوية الاخرى تركيب ديناميكي معرض للتغير في شكله وموقعه. ان الانوية تحتل عادة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنينية والمرستيمية وكذلك الخلايا التي تمتلك فجوات قليلة او صغيرة حيث يعمل تكون الفجوات الكبيرة في الخلية على تحريك النواة من موقعها في الخلية بالاضافة الى ان الانسياب الساييتوبلازمي cytoplasmic streaming يعمل على تغيير موقع النواة والعضيات الاخرى وان افضل مثال لحركة الانوية يتمثل باتحاد انوية الكاميات اثناء عملية الاخصاب للببيضة والخلايا المركزية للكيس الجنيني. ان معظم انواع الخلايا تحتوي عادة نواة واحدة ويشذ عن هذه الحالة انواع اخرى من الخلايا حيث توجد خلايا ثنائية النواة كما هو الحال في بعض انواع خلايا الكبد والخلايا الغضروفية وتوجد خلايا اخرى تحتوي على اكثر من نواتين . فالخلية التي تحتوي على نواة واحدة تسمى بالخلية احادية النواة Mononucleate

وتدعى الخلية التي تحتوي على نواتين بالخلية ثنائية النواة Binucleate اما الخلية التي تحتوي على أكثر من نواتين فتدعى بالخلية متعددة النوى Polynucleate كالخلايا الناقضة للعظم Osteoclasts ويصل عددها في بعض الخلايا ١٠٠ نواة في الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts وكذلك الحال بالنسبة للليف العضلي المخطط والطحالب.

نواة الطور البيني The Interphase Nucleus

في النماذج المثبتة والمصبوغة يمكن تمييز النواة بتركيبها المعقد الذي يختلف باختلاف الخلايا المدروسة وبنوع المثبت المستعمل وعلى العموم يمكن تمييز التراكيب التالية في نواة الطور البيني الشكل رقم (٩-١) باستعمال المجهر الضوئي:

- ١- الغلاف النووي Nuclear envelope: الذي يظهر كحد فاصل بين النواة والساييتوبلازم.
 - ٢- البلازما النووية Nucleoplasm (أو الخلط النووي Nuclear sap): الذي يملأ معظم فراغ النواة وتوجد ضمن هذا الجزء مناطق غير كثيفة من الكروماتين chromatin التي تمثل الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات بحالتها المنتشرة (غير المكثفة) ان هذه المناطق تقابل ما يطلق عليه بالكروماتين الحقيقي Euchromatin .
 - ٣- المراكز الملونة chromocenters او النويات الكاذبة False Nucleoli الذي يمثل مع خيوط الكروماتين الملتوية اجزاء من الكروموسومات التي تبقى كثيفة في الطور البيني أي ان الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات في هذه المناطق تكون متجمعة بكثافة وان هذه المناطق الكثيفة من الكروماتين التي تسمى بالكروماتين المتباين Heterochromatin تلاحظ مراراً قرب الغلاف النووي وتكون ايضاً ملاصقة للنوية Nucleolus .
 - ٤- النويات Nucleoli : التي تكون عموماً دائرية الشكل تلاحظ جيداً في الخلايا العصبية وخلايا البنكرياس وخلايا اخرى وتكون فعالة جداً في بناء البروتين وتكون مكونات النوية غير معزولة عن مكونات النواة بغشاء وتحتوي النواة على نوية مفردة او عدة نويات كما انها عادة حامضية التفاعل وتحتوي على البروتينات النووية الرايبوزية Ribonucleoproteins .
- ان المعلومات التي يحصل عليها عن التراكيب الاربعة السابقة باستعمال المجهر الضوئي هي معلومات قليلة مقارنة بما يحصل عليه عند استخدام المجهر الالكتروني حيث تظهر هذه التراكيب بشكل واضح وهذا ما ساهم في الحصول على معلومات تفصيلية عن تركيب النواة .



الشكل رقم (٩-١) رسم تخطيطي يبين المظهر العام لنواة الطور البيني

التركيب الدقيق للنواة في الطور البيني

Ultrstructure of the interphase nucleus

توجد البروتينات النووية اما في حالة مكثفة (كروماتين متباين Heterochromatin) او بصورة مشتتة (كروماتين حقيقي Euchromatin) يعطي كلا نوعي الكروماتين تفاعل موجب لصبغة فولكن Feulgen stain الخاصة بالـ DNA. يحتل الكروماتين الحقيقي عادة المساحات الفاتحة (المضيئة) من البلازما النووية ويشكل الكروماتين المتباين المراكز الملونة المصبوغة بشدة. تحتوي النواة على مكونات اخرى اضافة الى التراكيب الحاوية على DNA مؤلفة بصورة رئيسية من البروتينات الرايبوزية Ribonucleoproteins وان اكثر هذه المكونات وضوحاً هي النوية Nucleolus والتي سنتناولها لاحقاً. توجد عدة تراكيب مكونة من البروتينات النووية الرايبوزية ممتزجة بين مسامات الكروماتين هذه التراكيب التي تم تمييزها بالمجهر الالكتروني وخلال استخدام ايونات اليوراسيل Uracil ions وطرق استخلاص معينة امكن تمييز المناطق الحاوية على DNA عن المناطق الحاوية على RNA في نواة الطور البيني فكل النوعين من الحوامض النووية يصطبغان بشدة ولكن يكون الـ

DNA أكثر وضوحاً بالصبغات النووية كذلك بخلات اليوراسيل Uracil acetate وعوملت بعد صبغها بمادة ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) الذي يزيل ايونات اليوراسيل من الـ DNA على نحو مميز تعتبر EDTA مادة قلوية التي ترتبط بمجاميع الفوسفات للـ DNA وبالتالي تزيح ايونات اليوراسيل بهذه الطريقة تصبح الترايبس الحاوية RNA للنواة والرايبوسومات في الساييتوبلازم أكثر وضوحاً وبعبارة أخرى تصبح الترايبس الحاوية على RNA أكثر كثافة من الترايبس الحاوية على DNA لقد ساهمت طرق تقنية منها استخلاصات خاصة او معاملات انزيمية في معرفة التركيب الدقيق للنواة .

النوية The Nucleolus

تعتبر النوية احدى مكونات النواة التي تظهر بصورة حبيبات كثيفة ضمن النواة الشكل رقم (٩-٦) وقد وصفت من قبل فونتانا Fontana في عام ١٧٨١ وفي عام ١٨٩٨ استعرض العالم مونتجومري Montgomery هذا الموضوع معتمداً على ٧٠٠ مرجعاً وقد تمكن من وضع الاستنتاجات التالية:

١- وجود النويات في جميع النوى تقريباً (ويعبر عن هذا الان بان جميع نوى خلايا حقيقية النواة تقريباً تحتوي نويات).

٢- يختلف عدد النويات من واحدة الى عدة مئات للنواة الواحدة غير ان العدد الناتج يكون اما واحدة، اثنتان، ثلاثة او اربعة نويات في النواة الواحدة.

٣- يكون تركيب النوية ديناميكي يتغير اثناء عملية الانقسام وكذلك خلال الطور البيني.

٤- لا تصطبغ بنفس طريقة صبغ الكروموسومات.

٥- تكون نامية بصورة جيدة في الخلايا النشطة جداً في النمو والبناء وتختلف النويات في

شكلها وحجمها فهي غالباً دائرية الشكل يتراوح قطرها بين ٢-٤ مايكرومتراً كما قد

تكون بشكل مجسم ناقص يصل محوره الطولي تقريباً (٦) مايكرومتراً كما في خلية

الفلق حيث يعتبر هذا النوع من الخلايا مثال جيد لخلايا تكون نواتها محتوية على نوية

كبيرة الحجم وكذلك وفي الوقت نفسه تكون هذه الخلايا نشطة في البناء الكثيف للبروتين

كما قد تكون النوية غير منتظمة الشكل ويلاحظ هذا الشكل غير المنتظم في انوية الخلايا

التي تكون في الطور التمهيدي prophase من الانقسام. ان النوية تظهر عند فحصها

بواسطة المجهر بانها غامقة اللون بالاضافة لكونها كثيفة وتحتوي على فجوات غير

غشائية تسمى Nucleolar vacuoles وفي نهاية القرن التاسع عشر تم اثبات بأن

هنالك علاقة ما بين حجم النوية والفعالية البنائية للخلية وقد لوحظ بأن النويات كانت

صغيرة او مفقودة في الخلايا ذات الفعالية القليلة في بناء البروتين مثل خلايا النطف

والبلاستوميرات Blastomeres وغيرها بينما كانت كبيرة في الخلايا المولدة للبيوض

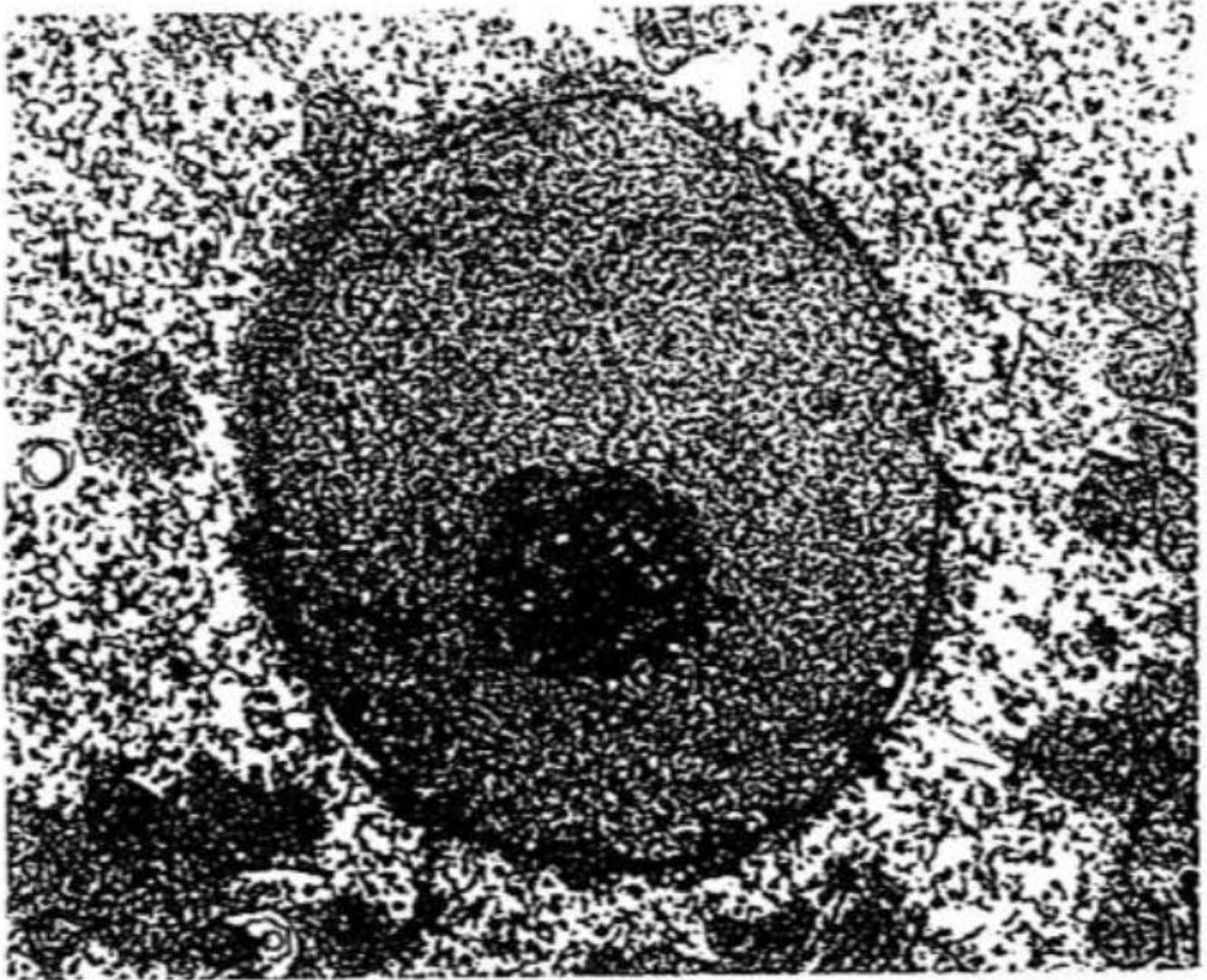
والخلايا العصبية وخلايا الافراز حيث يعتبر بناء البروتين في هذه الخلايا الصفة المميزة

والدائمة فيها. تظهر النوية في الخلية الحية بصورة اجسام عالية الانكسار وسبب ذلك

هو نتيجة التركيز العالي للمادة الصلبة التي يمكن قياسها بالمجهر متداخل الاطوار

Interference microscopy والتي تشكل حوالي ٨٠% من الكتلة الجافة. وخلال

المجهر الضوئي تظهر النوية عموماً متجانسة من حيث التركيب ولو ان قطيرات وفجوات صغيرة يمكن ملاحظتها وتتصل عادة بغشاء النواة الداخلي وبعض هذه الفجوات تبدو وكأنها تعبر في الساييتوبلازم. يلاحظ في بعض الخلايا الحية خصوصاً بعد تثبيتها وصبغها بالصبغات الفضية تركيب خيطي يسمى بخيط النوية Nucleonema.



الشكل رقم (٩-٦) صورة بالمجهر الالكتروني تظهر نواة فيها حاوية على نوية (عن حيدر والحاسي ، ٢٠٠٤)

التركيب الكيميائي للنوية Chemical structure of nucleolus

لقد عزلت النويات من خلايا البيوض غير الناضجة Oocytes للحيوانات المائية ومن خلايا الكبد وتحتوي في الغالب على الحامض النووي RNA بنسبة ٣%-٥% ان هذه الكمية اقل من الكمية المشار اليها في الدراسات الكيميائية الخلوية حيث يحصل بعض الفقدان خلال الاستخلاص. يصل محتوى نويات اجنة الباقلاء من الحامض النووي RNA ١٠%-٢٠% من مجموع RNA النواة وان القواعد النيتروجينية المكونة للحامض النووي RNA الموجود في

النوية تشابه تلك القواعد المكونة للحامض النووي RNA في الرايبوسوم وتشكل البروتينات النسبة العالية من المكونات الكيميائية للنوية وتشير بعض الدراسات الى ان المكونات البروتينية الرئيسية في النوية هي البروتينات المفسفرة phosphoproteins ولم يلاحظ وجود بروتينات من نوع الهستونات Histones في النويات المعزولة حيث يكون اختبار صبغة الاخضر السريع fast green سالباً توجد ادلة على مستوى الكيمياء الخلوية حول وجود تركيز عالي من Orthophosphate الذي يعمل كمادة مكونة لفسفور الحامض النووي RNA. واما مايخص المحتوى الانزيمي للنوية فقد اكدت الطرق التقنية الخاصة بعزل الانزيمات الى وجود الانزيمات التالية في النوية:

- 1- acid phosphatase,
- 2- Nucleoside phosphorylase
- 3- synthesizing enzymes.

دورة النوية Nucleolar cycle

تعاني النويات خلال الانقسام المايئوزي تغيرات دورية. حيث اظهرت الدراسات المبكرة ان النويات تختفي في بداية الانقسام الخلوي وتعاود الظهور في نهايته وان العلاقة بين دورات

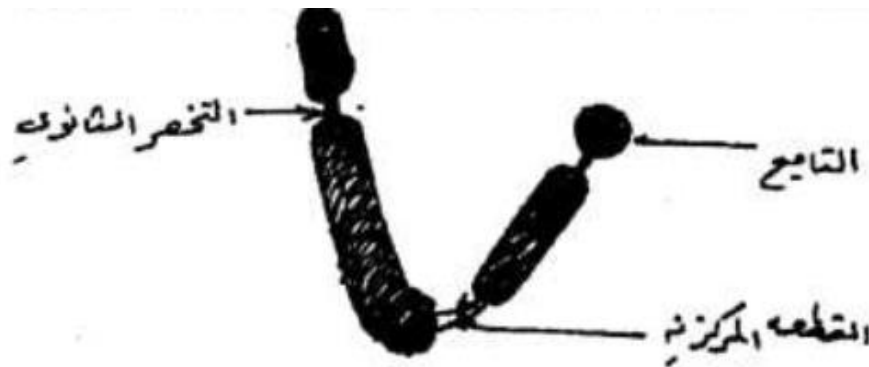
النوية والدورات الكروموسومية قد وضحت بشكل جزئي خلال البحوث التي اجريت على الخلايا النباتية حيث وجد ان للنويات علاقة وثيقة بكروموسومات معينة حيث تتصل كل نوية بزواج من الكروموسومات وتسمى منطقة الاتصال بمنطقة تنظيم النوية. ولقد لوحظ بانه في الخلايا المرستيمية للبصل *Allium cepa* ان النوية تحتوي على حلقة من الكروماتين (DNA) التي تمتد من كروموسوم النوية خلال الطور التمهيدي المتأخر late prophase وتبدأ هذه الحلقة الكروماتينية بالتقلص والحلزنة يتبعها تفرق اجزاء النوية الاخرى وانتشارها في البلازما النووية وخلال الطور النهائي تبدأ النوية بالتكوين على مرحلتين: فخلال بداية ومنتصف الطور النهائي تتصل النوية بالحلقة الكروماتينية الممتدة من كروموسوم النوية وتظهر الى الداخل منها المادة الليفية والحبيبية وتكتمل النوية في المرحلة المتأخرة من الطور النهائي وهذا يدعو الى الاستنتاج ان الحلقة الكروماتينية من كروموسوم النوية تحتوي على المعلومات الوراثية او الجينات الخاصة ببناء مواد النوية.

الكروموسومات Chromosomes

تعد الكروموسومات اجسام خيطية تظهر عند صبغها غامقة اللون منتشرة في العصير النووي والكروموسومات كلمة مشتقة من اللغة اليونانية القديمة (مصطلح يوناني) مؤلفة من مقطعين هما Chroma وتعني اللون و soma وتعني جسم وقد استخدم هذا الاسم لأول مرة من قبل الباحث والديير Waldyer عام ١٨٨٠ للإشارة الى التراكيب الخيطية الموجودة في النواة. لقد درست هذه التراكيب بصورة كبيرة مقارنة ببقية العضيات الخلوية ففي العام ١٩٠٣ اشار الباحث سوتون Sutton الى ان الموروثات (الجينات Genes) محمولة على هذه التراكيب. وقد اثبت الباحث موركان Morgan خلال تجاربه على حشرة الدروسوفيلا وجود الجينات على الكروموسومات. ومما يميز هذه التراكيب عن غيرها قابليتها على التكاثر الذاتي والحفاظ على صفاتها الوظيفية والشكلية اثناء انقسام الخلية.

المظهر الخارجي Morphology

تظهر الكروموسومات على شكل خيوط ملتوية داخل النواة وان طول الكروموسوم وحجمه يتغيران اثناء مراحل دورة الخلية. وان اطوار انقسام الخلية هي افضل المراحل لدراسة شكل الكروموسوم وخصوصاً الطور الاستوائي والطور الانفصالي حيث تظهر على شكل اجسام اسطوانية ذات كثافة عالية وتصطبغ بشدة بالصبغات القاعدية. يحوي كل كروموسوم منطقة (تخصر) تعرف بالقطعة المركزية centeromere أو Kinetochore والتي تقسم الكروموسوم الى ذراعين الشكل رقم (٩-٨).



الشكل رقم (٩-٨) أ. صورة بالمجهر الالكتروني لكروموسوم الانسان في مرحلة الطور الاستوائي. ب. الشكل العام لكروموسوم (عن الجنابي ، ٢٠٠٩)

تصنيف الكروموسومات Chromosomes classification

يمكن تصنيف الكروموسومات على اساس موقع القطعة المركزية الى اربعة اصناف الشكل رقم (٩-٩) وهي:

١- كروموسوم وسطي التمرکز Metacentric

حيث يكون موقع القطعة المركزية في وسط الكروموسوم تماماً حيث يقسم الكروموسوم الى ذراعين متساويين في الطول ويظهر على شكل حرف (V) باللغة الانكليزية اثناء الطور الانفصالي.

٢- كروموسوم تحت وسطي التمرکز Submetacentric

وفيه يكون موقع القطعة المركزية قريباً عن الوسط ويقسم الكروموسوم الى ذراعين غير متساويين في الطول ويظهر اثناء الطور الانفصالي على شكل حرف (L) وحرف (J) باللغة الانكليزية.

٣- كروموسوم نهائي التمرکز Telocentric

وفيه تقع القطعة المركزية عند احدى نهايتي الكروموسوم ويكون الكروموسوم مؤلفاً من ذراع واحد.

٤- كروموسوم تحت نهائي التمرکز Subtelocentric

وفيه تقع القطعة المركزية قرب احدى نهايتي الكروموسوم حيث ينقسم الكروموسوم الى ذراع طويل وذراع قصير ويطلق عليه ايضاً Acrocentric.



Metacentric



Submetacentric



Telocentric



Subtelocentric

الشكل رقم (٩-٩) انواع الكروموسومات حسب موقع القطعة المركزية

الصفات التركيبية لكروموسومات خلايا حقيقة النواة

Structural properties of the eukaryotic chromosomes

يتألف الكروموسوم كيميائياً من الحامض النووي DNA والبروتينات من نوع الهستونات Histones واللاهستونات Nonhistones لتكون ما يسمى بالليف البروتيني النووي Nucleoprotein fiber.

١ - بروتينات الكروموسوم

الهستونات Histones وهي بروتينات قاعدية أي انها تحمل شحنة موجبة عند الاس الهيدروجيني الفسلجي. تحمل هذه الشحنة بواسطة مجاميع NH_3^+ للحامضين الامينيين Arginine و Lysine اللذان يشكلان نسبة (٢٠-٣٠)% من المجموع الكلي للحوامض

الامينية في كل جزيئة هستون ويميل الحامضي الاميني الى التجميع باتجاه احدى نهايتي جزيئة الهستون وبالتالي تكون احدى نهايتي البروتين عالية الشحنة الموجبة. ان جزيئة DNA تحمل شحنات سالبة بكثافة بواسطة مجاميع الفوسفات PO_4^- السالبة الشحنة والتي تمثل العمود الفقري للـ DNA ويعتقد ان هذه الشحنات السالبة تتفاعل مع النهايات الموجبة الشحنة للهستونات لتكون مركب متماسك يطلق عليه عادة الهستون النووي Nucleohistone وكل نوع يختلف عن الاخر من حيث نسبة الحامضين الامينيين اللايسين والارجنين كما يملك كل نوع رئيسي عدة انواع ثانوية جدول رقم (٩-١). توجد الهستونات والحامض النووي DNA بنسب متساوية تقريباً في كروماتين اللبائن ويحافظ على هذه النسبة خلال دورة الخلية عن طريق التلازم في بناء الهستون وتضاعف الـ DNA. تبني الهستونات فقط خلال طور (S-phase) من دورة الخلية وقد اثارت التجارب الى ان اي خلل في تضاعف الـ DNA يتبعه هبوط في بناء الهستون والعكس صحيح.

الكروموميرات Chromomeres

عندما تبدأ عملية تكثيف الكروموسومات خلال الطور التمهيدي من الانقسام المايوتوزي او المايوزي تتوضح تراكيب تشبه الخرز على طول الكروموسومات في المجاهر الضوئية. كل من هذه الخرز اكبر بكثير من النيوكليوسوم. ويشار الى هذه الخرز بالكروموميرات

٢- الحامض النووي DNA للكروموسوم

يعتبر الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين (DNA) المادة الوراثية لجميع خلايا كائنات حقيقية وبدائية النواة وهو عبارة عن خيوط مزدوجة متحلزنة. يتألف كل خيط من نيوكليوتيدات متعددة polynucleotides وتتألف النيوكليوتيدة Nucleotide من:

اولاً: قاعدة نايتروجينية: وتكون هذه القواعد على نوعين هما:

أ- البيورينات purines واكثر انواع هذه القواعد شيوعاً في جزيئة DNA هي الادنين Adenine والكوانين Guanine وهي اكبر حجماً من الصنف الثاني.

ب- البيريميدينات pyrimidine وهي اصغر حجماً من الصنف السابق واكثر انواعها شيوعاً في الـ DNA هي الساييتوسين Cytosine والثايمين Thymine.

ثانياً: سكر خماسي الكربون يسمى رايبوز منقوص الاوكسجين Deoxyribose.

ثالثاً- مجموعة الفوسفات PO_4 .

الانقسام الخلوي

ان قدرة الكائن الحي (او الخلية) على التكاثر تعد من الخصائص الاساسية للحياة فان لم يتكاثر هذا الكائن فانه سينتهي سواء كان هذا الكائن احادي الخلية **Monocellular organism** او متعدد الخلايا **Multicellular organism** حيث يعاني النوع الثاني من موت او استهلاك عدد كبير من الخلايا يوميا وهذا يتطلب استبدالها او تعويضها بخلايا جديدة لابد ان تنتج عن انقسام الخلايا الاصلية فضلا عن هذا فان انقسام الخلايا تعد احدى العمليتين اللتين تحققان استمرار النوع من جيل الى جيل حيث تمثل العملية الثانية اندماج الخلايا ففي العملية الاولى تنقسم الخلايا (في الانقسام الاختزالي) وينصف عدد الكروموسومات لتكوين الكاميتات ثم يعاد اتحادها (في عملية الاخصاب) لتكوين الكائن الذي يحمل العدد الكامل من الكروموسومات وهكذا فان عملية انقسام الخلايا موجودة في جميع الكائنات الخلوية سواء اكانت احادية الخلية او متعددة الخلايا وعملية الانقسام تتباين في حدوثها حسب نوع الكائنات الحية وهي :-

- ١ - الانقسام المباشر
- ٢ - الانقسام الخيطي (غير المباشر)
- ٣ - الانقسام الاختزالي

١ - الانقسام المباشر Direct division or amitosis

يحدث هذا النوع من الانقسام في بعض البروتوزوا ونادرا وما يحدث في الكائنات العديدة الخلايا تحت بعض الظروف الشاذة جدا والمرضية وفيه تستطيل النواة ثم تضيق تدريجيا في الوسط حتى تصبح بشكل Dumbbell ثم ينفصل النصفان ويضيق الساييتوبلازم بالمثل وتنقسم الى قسمين وبذلك تتكون خليتان جديدتان.

ولا يحدث أي تغير في هذا النوع من الانقسام أي لا يحدث أي تغير في النواة ولا تتكون كروموسومات وتتكون النواة وهي تقريبا في دور سكون، وإذا اختلفت النواتان الجديدتان في الحجم بشكل واضح فتسمى بتبرعم النواة Nuclear budding وإذا حدث الانقسام بحيث زاد عدد الانوية الجديدة في الخلية الواحدة عن نواتين فيسمى Nuclear Fragmentation وذلك عند عدم انقسام الساييتوبلازم بعد انقسام النواة.

٢ - الانقسام الخيطي (غير المباشر)

في عام ١٨٨٢م وصف Flemming تفاصيل الانقسام الميتوزي كما اطلق اسم كروماتين على اجزاء النواة القابلة للاصطباج. وهو الذي اكتشف حقيقة ان الكروموسومات تنشق بطريقة طولية اثناء انقسام الخلية، وهذا النوع هو النوع المعتاد لانقسام النواة في كل من الحيوانات والنباتات الراقية لغرض زيادة عدد خلايا الجسم اثناء النمو او لتعويض الخلايا المستهلكة او التالفة وترميم الانسجة.

ويلاحظ ان الاصطلاح mitosis يطلق اساسا على انقسام النواة ولو ان الكثيرين يطلقونه على عملية انقسام الخلية بأكملها ويمكن تعريفه بانه العملية التي ينفصل فيها النصفين المتماثلين الناتجين من انشقاق الكروموسومات طوليا الى مجموعتين جديدتين تكون كل منهما نواة جديدة، كما يمكن تعريفه بانه العملية التي تقوم بها نواة واحدة لانتاج نواتين جديدتين متماثلتين في الشكل والتركيب لبعضهما وللنواة الاصلية. والتغيرات الطبيعية الكيماوية المعقدة التي تحدث للنواة في الانقسام العادي تحدث عادة في وقت قصير نسبيا.

وتنقسم عملية الانقسام الخيطي الى قسمين هما

١ - انقسام النواة Karyokinesis .

٢ - انقسام الساييتوبلازم Cytokinesis .

اما اذا حدث انقسام النواة دون ان يتبعه انقسام الساييتوبلازم ينتج عن ذلك خلية عديدة الانوية يطلق عليها coenocyte كما في slime mold وهي تختلف عن syncytium وذلك ان الاخيرة عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عديدة الانوية تنشأ من اندماج عدة خلايا مثل الخلايا العضلية المخططة stratified muscles .

يختلف الانقسام الخلوي في الكائنات الحية من نوع لاخر في عدة نواح غير ان العمليات والنتائج الجوهرية هي في اساسها متماثلة في جميع الكائنات ولتسهيل دراستها يمكن تقسيم العملية الى عدد من الادوار لغرض تحديد المسار الزمني للاحداث المستمرة في عملية الانقسام الخلوي وكما تختلف الفترة الزمنية في كل دور باختلاف الخلايا المختلفة.

تعد الزيادة في حجم النواة اول علامات الانقسام حيث تبدأ الكروموسومات في الظهور في نفس الموضع الذي كانت تشغله في نهاية الانقسام السابق للخلية شكل (١٢-١ أ). وتكون الكروموسومات مزدوجة طوليا ويسمى كل نصف منها كروماتيد Chromatid ويكون النصفان ملتصقان وملتقيان على بعض ويسمى بالالتفاف النسبي ثم تزداد الكروموسومات في القصر والسمك نتيجة تحلزن Coiling كل كروماتيدة، كما ان النوية تتناقص في الحجم حتى تختفي عادة قبيل بدء الدور الاستوائي (بعض علماء الخلية يفسرون تجمع مادة Matrix حول الكروماتيدات الى هذا الحدث) ويحدد انتهاء هذا الدور اختفاء الغشاء النووي وانطلاق الكروموسومات.

وفي الخلية الحيوانية ينقسم الجسم المركزي centrosome (الذي يكون ملاصقاً للغشاء النووي في بداية هذا الدور) وذلك بابتعاد (الكريتين centrioles عن بعضهما واتجاه كل منهما الى احد قطبي الخلية حيث يقف تحركهما عندما تبلغ الزاوية بينهما 180 درجة تقريباً. وان مكانهما يحدد موضع قطبي المغزل. تم تتكون نبيبات دقيقة microtubules من هاتين الكريتين لتعطيها شكلاً نجمياً لتسمى بذلك الاشعة النجمية Aster rays ولا نشاهد هذه الاشعة النجمية في الخلايا النباتية لعدم وجود الجسم المركزي.

ب- الدور الاستوائي Metaphase

يميز بدء هذا الدور ظهور المغزل spindle or achromatic figure الذي يختلف كثيرا من حيث التركيب او المنشأ حيث تبدأ الكروموسومات في التجمع في المستوى المتوسط equatorial or metaphase plate بين قطبي المغزل وتتوزع الكروموسومات بالتساوي تقريبا في هذا المستوى فاذا كانت الكروموسومات قصيرة جدا فيبقى كل كروموسوم في هذا المستوى، اما اذا كانت الكروموسومات طويلة فيكون وضعها بحيث يوجد جزء او نقطة معينة ثابتة في كل منها في هذا المستوى تسمى نقطة الاتصال بالمغزل Centromere وقد يطلق عليها Kinetochore or spindle- Fiber attachment region

وقد قسم Darlington سنة ١٩٣٧ تحركات الكروموسومات الى ثلاث تحركات تحدث تقريبا في نفس الوقت وهي:-

١- تجمع Congression الكروموسومات من اوضاعها المتفرقة المتباعدة داخل النواة الى وضع متوازن بين القطبين.

٢- توجيه Orientation اذ تترتب نقطة الاتصال بالمغزل بحيث يصبح كل نصفي كل كروموسوم عند هذه النقطة على محور المغزل.

٣- توزيع distribution اذ تكون نقطة الاتصال بالمغزل بالمستوى المتوسط تماما. وفي الكائنات الراقية وجد نوعين من توزيع الكروموسومات بالمستوى المتوسط للمغزل هما:-

١- تكون نقطة الاتصال بالمغزل على حافة المستوى المتوسط وتوجد اجسام الكروموسومات في الساييتوبلازم تاركة وسط المغزل خاليا ويوجد هذا في بعض الخلايا الحيوانية.

٢- تكون نقطة الاتصال بالمغزل موزعة بالتساوي في المستوى المتوسط وهو شائع في النبات.

يعد وصول مجموعتي الكروموسومات الاختية الى قطبي الخلية بداية هذا الدور، وينتهي بتكوين نواتين جديدتين ومعظم التغيرات التي حدثت في الدور التمهيدي تحدث في اتجاه عكسي فتدخل مجموعة الكروموسومات في غشاء نووي جديد وتستطيل الكروموسومات تدريجيا وتنفك حلزنتها وتصبح اقل اصطباغا وتظهر النويات شكل رقم (١٢-١-د). وتختلف التغيرات التي تحدث بالنواة باختلاف النسيج وسرعة انقسام الخلايا، ففي الانسجة القديمة نسبيا في اطراف الجذور حيث تكون الانقسامات بطيئة نسبيا ويكون عادة دور سكون بينما في الاجزاء التي بها الانقسام نشط وسريع فانه قد يبدأ دور تمهيدي جديد قبل تقدم الدور النهائي كثيرا.

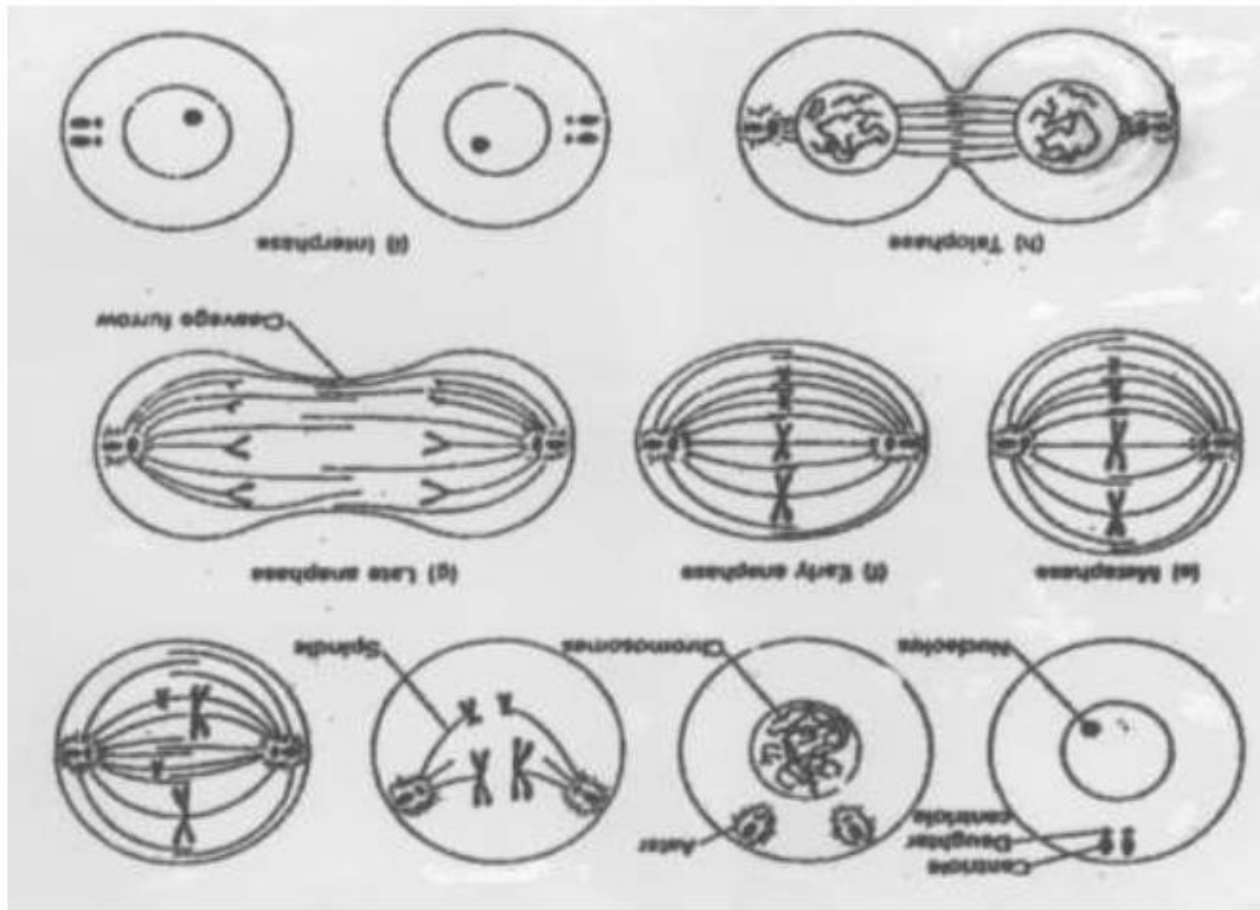
انقسام الساييتوبلازم Cytokinesis

وبعد انقسام النواة يحدث انقسام الساييتوبلازم، ويختلف ميعاد انقسام الساييتوبلازم بالنسبة لميعاد انقسام النواة وفي الكائنات المختلفة توجد اختلافات كبيرة، ففي الخلايا النباتية يختلف عنه في الخلايا الحيوانية، حيث يلاحظ في الخلايا النباتية ان انقسام الساييتوبلازم يبدأ بتكوين الصفيحة الخلوية cell plate في وسط الخلية المنقسمة ثم تتوسع الى ان تصل الجدران الجانبية للخلية الام وبذلك يكون الساييتوبلازم قد انقسم الى قسمين.

اما في الخلايا الحيوانية فأن انقسام الساييتوبلازم يبدأ بتخصر الغشاء البلازمي في منطقة الاستواء ويأخذ هذا التخصر بالتعمق حتى تنفصل الخليتان الجديدتان عن بعضهما ثم تبدأ كل منهما بالنمو كما في الشكل رقم (١٢-٢) وبهذا فأن انقسام الخلية خيطياً ينتهي بتكوين خليتين جديدتين تحتوي كل منهما على عدد مساوٍ ومشابه لكروموسومات الخلية الام وبعدها تبدأ الخلايا الشقيقة الناتجة من الانقسام بالنمو الى ان تصبح قريبة من حجم الخلية الام.

الدور البيني Interphase

يقع هذا الدور بين الانقسامات والذي يعرف بدور الراحة وفيه تكون النواة غير واضحة التركيب البنائي وتظهر النوية واضحة وكذلك الشبكة الكروماتينية، وتنمو الخلية ويزداد حجمها في هذا الدور، ويفترض انه يحدث خلاله ازدواج الكروموسومات والتي تكون مفردة في نهاية الدور النهائي ومزدوجة (مكونة من كروماتيدين) في أوائل الدور التمهيدي، وهناك اجماع على ان تضاعف الـ DNA في الخلايا الجسمية يحدث في هذا الدور كما تتضاعف الهستونات ومراكز حركة الكروموسومات kinetochores.



الشكل رقم (٢-١٢) مخطط يبين ادوار الانقسام المايئوزي وانقسام السايئوبلازم في الخلية الحيوانية

ويتكون الكروموسوم في الدور الاستوائي من كروماتيدين متضامني الحلزنة مرسلتين جنباً الى جنب ومتصلتين بالمغزل عند طريق القطعة المركزية centromere ولا يكون السنتروميير منقسماً واما اذا كان منقسماً فان شطريه يكونان داخل حويصلة واحدة تسلك كجسم واحد، ويلاحظ في بعض الحشرات ان نشاط السنتروميير يكون معبراً عنه ليس بنقطة واحدة ولكن بكثير من النقط على طول الكروموسوم، ويمكن عد الكروموسومات بصورة اسهل وذلك من خلال النظر للخلية من جهة القطب polar view. شكل رقم (١٢-١ ب).

وتتكون خيوط المغزل من اعادة ترتيب المواد النووية والسايتوبلازمية ويحتمل انها تتركب من سلاسل بروتينية protein chains وبروتينات دهنية lipoproteins وكمية صغيرة من DNA على هيئة خيط عالي المطاطية، وبعض هذه الخيوط تكون مستمرة من قطب الى القطب الاخر للمغزل وتسمى Continuous fibers في حين يكون البعض الاخر متجهاً من القطب الى القطع المركزية للكروموسومات التي تتصل به .chromosomal Fibers

ج- الدور الانفصالي Anaphase

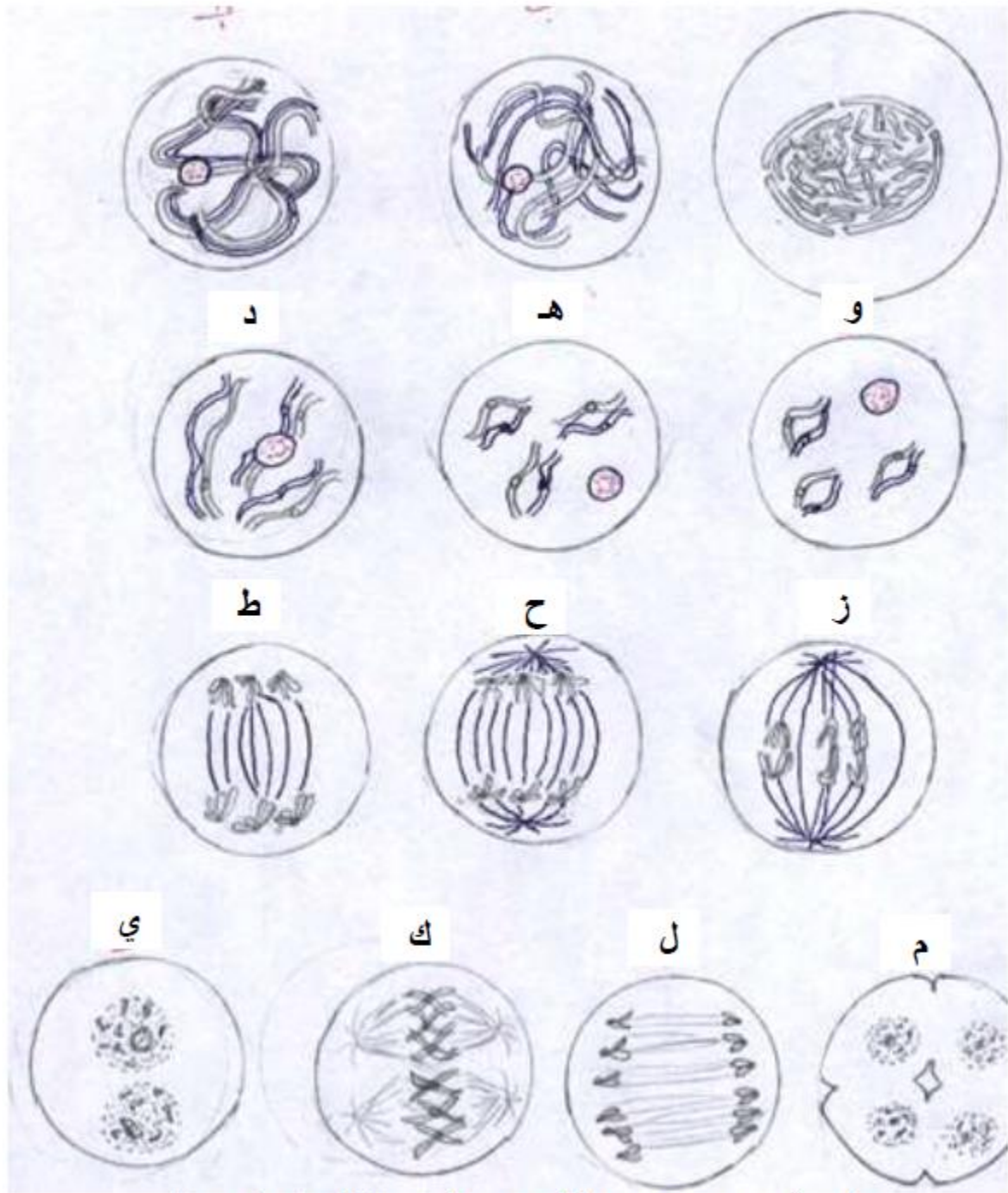
بعد ان يصل الدور الاستوائي الى ذروته metaphase climax بانقسام القطعة المركزية والذي يعد بداية الدور الانفصالي وحدث البدء له the initiating event of anaphase حيث يفصل كل كروماتيد عن شقيقه (اصبحت الان كروموسومات) ويتجهان الى قطبي المغزل، ويبدأ النصفان في الانفصال دائماً عند نقطة الاتصال بالمغزل حيث تكون هذه النقطة دائماً في المقدمة نحو قطبي المغزل وتجر ورائها ذراعي الكروماتيدة والتي لايمكنها التحرك من دونها، واذا تصادف وجود كروموسوم خال من السنتروميير على المغزل فاما ان يتبع حركة سيل التيارات على طول المغزل واما ان يفشل في التحرك ويبقى lagging كجسم خامل بالقرب من الصفيحة الاستوائية، واذا منع انقسام السنتروميير بأي طريقة فسوف يقف انقسام النواة ويتضاعف عدد الكروموسومات بها، وبانفصال نصفي كل كروموسوم عن بعضهما يمكن ان نطلق على كل منها كروموسوم وتظهر في هذا الدور نقطة الاتصال بالمغزل واضحة تماماً ويمكن معرفة مكانها، وبعد انتقال الكروموسومات الى منطقتي القطبين تقف حركتهما. شكل رقم (١٢-١ ج).

ان عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب الى احد القطبين يساوي تماماً عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب الى القطب الثاني والذي يعد بمثابة الدليل البارز على انشقاق الكروموسومات طولياً الى نصفين متماثلين في الانقسام العادي وان كل من هاتين المجموعتين تساوي او تماثل الكروموسومات التي كانت بالنواة الاصلية في العدد والشكل والتركيب الوراثي.

٣- الانقسام الاختزالي Reduction division or meiosis

هو طراز خاص من انقسام الخلية وتعتبر عملية مضادة للاخصاب حيث انها تختزل الكروموسومات وقد اظهرت الدراسات الخلوية لاطوار الانقسام الاختزالي عدة حقائق من التغيرات في المظهر الطبيعي للكروموسومات وترتيبها داخل غلاف النواة والتغيرات السيتوكيمياوية التي تحدث بالكروموسومات والمكونات الخلوية الاخرى.

ويتكون الانقسام الميوزي Meiosis أساساً من انقسامين نووين يحدث الواحد منهما بعد الآخر في تتابع سريع ويشمل الانقسام الاول انفصال الكروموسومات بعد تزاوج كل كروموسوم مع شقيقه خلال الدور التمهيدي والتي يكون احد الكروموسومين في كل زوج منها ابوياً والآخر امياً ويؤدي هذا الانفصال الى تكوين نواتين احاديتي المجموعة الكروموسومية Haploid. ويشمل الانقسام الثاني الانفصال الطولي لكروماتيدي كل كروموسوم في كل من هاتين النواتين الاحاديتين مما ينتج عنه تكوين اربع انوية احادية المجموعة تكون الكاميتات الجنسية gametes or meiospores بعد انقسام السايوتوبلازم والتي قد يكون جزء منها عاملاً او قد تكون كلها عاملة في الكثير من الانواع.



شكل رقم (١٢-٣) مخطط يبين اطوار الانقسام الاختزالي.

١- الدور التمهيدي الاول

أ- الطور القلاذي Leptotene

يؤشر حلول الدور القلاذي نهاية الدور البيني قبل الانقسام الاختزالي. وخلال فترة S (فترة تصنيع الحامض النووي DNA) يكتمل تكرار الكروموسومات- وهو تكرار يبدو للجميع

ب- الطور التزاوجي Zygotene

يعرف الدور التزاوجي Zygonema بأنه الدور الذي يكتمل فيه ترافق المجاميع المتشابهة من الكروماتيدات الاختية جنباً إلى جنب وهذا الترافق يدعى بالاقتران Synapsis (وهي كلمة من الإغريقية Syn وتعني معا وكلمة Apsis وتعني ربط) ويظهر أن الاقتران يبدأ من نقطة اتصال طرف الكروموسوم Telomere بالغشاء النووي والتي وضحت سابقاً، وعلى نطاق واسع يفترض أنها تبدأ من موضع اتصال طبيعي Physical attachment ولفترة قصيرة بين العناصر الجانبية المتشابهة.

معنى كلمة الضام Pachynema (الحبل السميك) Thick Strand وتعني استمرار قصر وتثخن الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent والذي يحصل خلال هذه المرحلة من الانقسام الاختزالي. أن تكوين معقد الاقتران واقتران الكروموسومات المتشابهة يتم في بداية الدور الضام، وأن التبادل الطبيعي الحقيقي والذي ينتج عنه العبور الكروموسومي Chromosomal crossing over يحدث خلال هذه المرحلة. ويصاحب اتمام عملية الاقتران تشتت الألياف الكروموسومية في باقة الزهور للدور التزاوجي Zygoten bouquet.

د- الدور الانفراجي Diplonema

أن التنافر بين الكروماتيدات الأربعة في الوحدة الثنائية الكروموسوم يُعد من علامات نهاية الطور الضام وبداية هذا الطور حيث يصبح واضحاً (الانفراج) بين أزواج الكروماتيدات الاختية وكذلك يظهر انفراج بين الكروموسومات المتشابهة في كل مجموعة وعند الفحص بواسطة المجهر يلاحظ اندثار أغلب مادة معقدة الاقتران خلال الطور الانفراجي. ويفترض أن التنافر يكون نتيجة هذا الاندثار.

و- الطور التشبتي Diakinesis

خلال فترة الدور التمهيدي الأول Prophase-I تستمر الكروموسومات في التحلزن (الالتفاف) وتكون أقصى كثافة لها في الطور التشبتي Diakinesis. وتظهر الكيازما تحت المجهر الإلكتروني خالية من مادة معقد الاقتران وتحتوي بدلاً منها على خيوط كروماتينية ممتدة وغير معوقة ثم تدخل الكيازما خلال هذا الطور عملية تعرف بالانزلاق Terminalization، حيث يظهر أنها تتحرك من خلال الكروماتيدات حتى تصل إلى نهايات الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent. ترتبط الوحدات الثنائية الكروموسوم وبصورة مخصوصة بواحدة أو اثنين من الكيازما الطرفية (أو جزئياً طرفية) وهي في طريقها لتدخل الدور الاستوائي الأول Metaphase I. أن ميكانيكية الانزلاق وفعاليته غي معروفة بشكل واضح.

٢- الدور الاستوائي الأول Metaphase-1

يتميز هذا الدور من الانقسام الاختزالي بتكوين المغزل Spindle كما هو الحال في الدور الاستوائي المايئوزي حيث أن كل وحدة ثنائية الكروموسوم تشمل على اثنين من القطع

المركزية المتميزة وكل منها يمسك باثنين من الكروماتيدات معا. وتترتب القطع المركزية باتجاه المستوى الذي يناظر الصفيحة الاستوائية **Metaphase plate** اما الانقسام الاختزالي الذي يشمل اكثر من وحدة واحدة من الوحدة الثنائية الكروموسوم فيرى مظهر واضح للدور الاستوائي وذلك من معرفتنا لامتلاك كل وحدة ثنائية الكروموسوم على سنتروميير من الام وسنتروميير من الاب، ففي احد الوحدات الثنائية الكروموسوم فمن الممكن ان يقع سنتروميير الام فوق صفيحة الاستواء وسنتروميير الاب تحتها. ويمكن في وحدة ثنائية الكروموسوم ثنائية ان نشاهد ان سنتروميير الام يقع فوق الاستواء ايضا وسنتروميير الاب في الاسفل هذا من ناحية ومن ناحية اخرى هناك احتمال مساو في حصول العكس أي سنتروميير الاب فوق وسنتروميير الام تحت وبعبارة اخرى فان ترتيب السنترومييرات المتشابهة **Homologous** للام والاب بالنسبة لموقعها من صفيحة الاستواء مستقل بصورة كلية عن ترتيب المجموعات الاخرى، ولذلك ممكن الحصول على جميع التوافقات الممكنة الاخرى وبتكرار متساو عند دراسة عدد كبير من الخلايا في الدور الاستوائي الاول. ان لهذه الحقيقة نتائج وراثية مهمة جدا.

٣- الدور الانفصالي الاول والدور النهائي الاول

Anaphase- I and Telophase-I

يستمر امساك الوحدة الثنائية الكروموسوم **Bivalent** معا بواسطة كيازما طرفية حتى الدور الانفصالي الاول **Anaphase 1** حيث تقطع هذه الارتباطات وتتحرك سنترومييرات الوحدة الثنائية الكروموسوم الى قطبي الخلية. ولغرض المقارنة مع الدور الانفصالي المايتوزي. فان الانفصال الاختزالي يشمل فقط على انفصال السنترومييرات المستقلة. ولا يحدث انقسام للسنترومييرات في الدور الانفصالي الاول.

وخلال هذين الدورين يتحلل الغشاء النووي. ويمكن ان يعاد تكوين النشاء النووي حول المجموعات المنفصلة من الكروموسومات المتشابهة (ويعتمد ذلك على نوع الكائن) خلال الدور النهائي الاول. او تدخل الكروموسومات مباشرة الى الانقسام الاختزالي الثاني. وبالمثل فقد تنقسم الخلية اولا تنقسم الى خليتين بنويتين بواسطة اخدود.

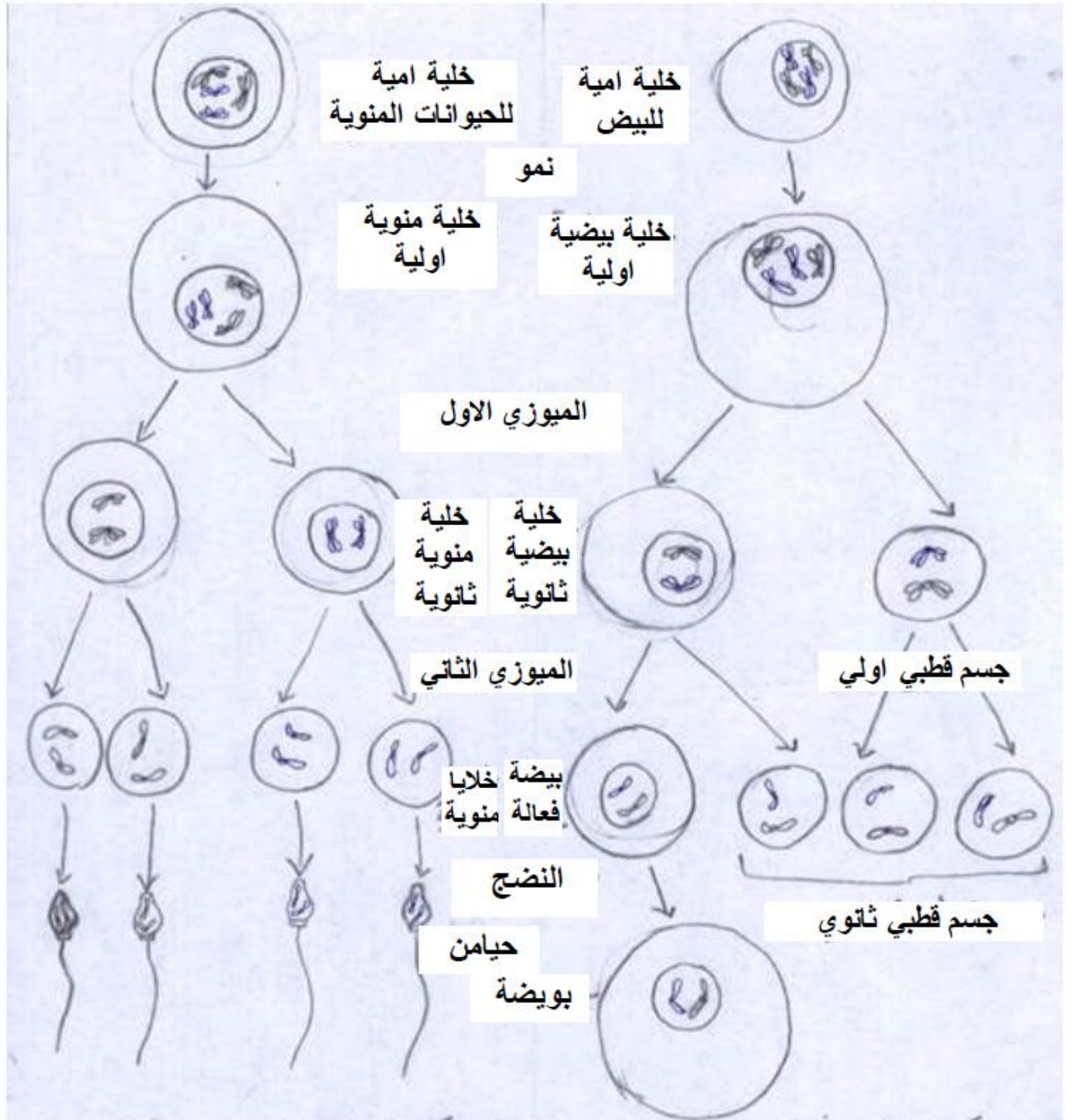
وتمر الخلايا الجرثومية لاغلب اناث الحيوانات في انقسامات اختزالية غير متناظرة **Asymmetric meiotic division**، وتعني وجود صفيحة الدور الاستوائي قرب احد اطراف الخلية وليس عند خط استوائها وخلال الدور الانفصالي الاول، تتحرك احدى مجاميع الكروموسوم الى الطرف الضيق من الساييتوبلازم، بينما تبقى المجموعة الاخرى على شكل خلية بيضة كبيرة الحجم **enormous egg cell** والتي تعرف في هذه المرحلة بخلية البيضة الامية **Oocyte** وعند الدور الثاني الاول تنفصل المجموعة الكروموسومية الموجودة في الزاوية الصغيرة عن الخلية بواسطة اخدود والنااتج يكون خلية صغيرة تدعى بالجسم القطبي الاول **First polar body** شكل (١٢-٧).

Interphase

٤- الدور البيني

قد يكون الدور البيني الذي يفصل بين الانقسامين الاختزاليين قصيرا. وفيه لا يتضاعف الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNA) وهذا ما يميزه عن الدور البيني في الانقسام المايتوزي أو الدور البيني الذي يسبق الانقسام الاختزالي الأول.

٥- الأدوار (التمهيدي الثاني، الاستوائي الثاني، الانفصالي الثاني النهائي الثاني). لا يكون للخلايا التي تجتاز الدور التمهيدي الأول وتدخل الانقسام الاختزالي الثاني دور تمهيدي ثان حقيقي 11 Trueprophase فالانقسام الاختزالي الثاني لا يتميز من الناحية المورفولوجية عن الانقسام المايتوزي.



شكل رقم (١٢-٧) تكوين البويض والحيامن

تتحرك السنتروميترات التي تربط أزواج الكروماتيدات الى صفيحة الاستواء ثم تنقسم الى اثنين (وهو انقسام يجري لأول مرة خلال عملية الانقسام الاختزالي). بعدها تتحرك الى الاقطاب المضادة عند الدور الانفصالي. وبعد اكمال الدور النهائي الثاني Telophase II نحصل على

اربع خلايا احادية haploid تسمى بالرباعية tetrad وهي مشتقة من الخلية الثنائية الاصلية وتعود كل خلية احادية الى حالة الدور البيني.

وفي خلية الببضة الامية Oocyte يكون كل من الدور الانفصالي الثاني والدور النهائي الثاني غير متناظرة مرة اخرى ويتكون بذلك الجسم القطبي الثاني Second polar body شكل (١٢-٧) وقد ينقسم الجسم القطبي الاول ايضا انقساما اختزاليا ثانيا بحيث نحصل على اربعة نواتج احادية وهي ثلاثة اجسام قطبية وببضة Ovum وبدل عن هذا الانقسام يمكن ان لاينقسم الجسم القطبي الاول في هذه الحالة سيكون هناك ثلاثة نواتج اختزالية احدها ثنائي Diploid واثنين من الاحاديات Haploid وفي كلتا الحالتين تكون الببضة الاحادية الكاميت الحي الوحيد مقارنة مع عملية تكوين الحيامن Spermatogenesis في ذكر الحيوان والذي تكون فيه النواتج الاختزالية الاربعة حية. الشكل رقم (١٢-٨) يبين مراحل الانقسام الاختزالي في الجرادة.

تعريف علم الخلية

يعرف علم الخلية cytology بأنه العلم الذي يهتم بدراسة تركيب الخلية ووظيفتها وتكاثرها والتركيب الجزيئي لها ويهتم أيضاً بوراثة الخلية ويعرف أيضاً بأنه العلم الذي يهتم بدراسة انواع الخلايا وتخصصاتها ووظائفها وتركيبها وان علم الخلية والذي يعرف حالياً بعلم حياة الخلية (بايولوجية الخلية) Cell Biology هو احد الفروع الفتية لعلوم الحياة يتناول دراسة تركيب ووظيفة العضيات الخلوية Organelles ودورها في وحدة بناء الكائن الحي

وان الخلية Cell هي الوحدة الأساسية للكائن الحي والتي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر او الانتاج Reproduction والتي تتكون من الساييتوبلازم والنواة [او منطقة نووية] ومحاطة بغشاء خلوي .

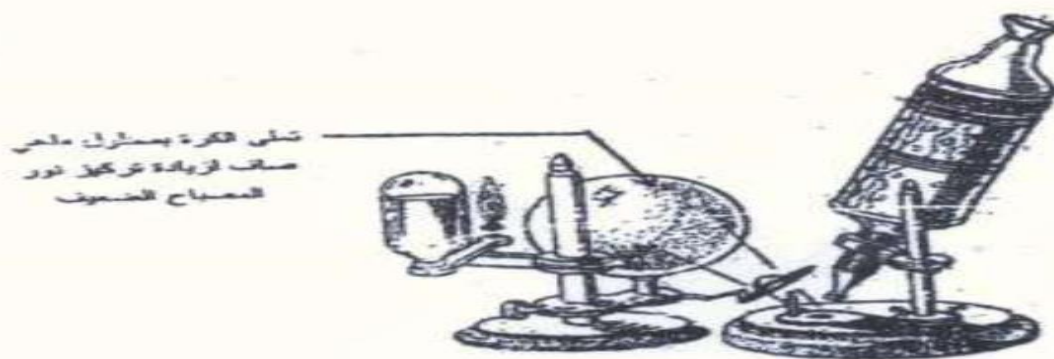
كان علم حياة الخلية يضم ثلاثة اتجاهات: الاتجاه الاول هو علم الخلية الكلاسيكي الذي يهتم بدراسة التراكيب الخلوية المشاهدة بواسطة المجهر الضوئي والاتجاه الثاني هو علم وظيفة الخلية والذي يهتم بالكيمياء الحيوية والفيزياء الحيوية ووظائف الخلية في حين كان علم حياة الخلية يكون الاتجاه الثالث والذي يفسر الخلية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

نبذة تاريخية Historical Background

أن الفلاسفة الاغريق القدماء امثال ارسطو Aristotle (٣٨٤-٣٢٢) ق.م و Paracelsus أوضحوا ان جميع الحيوانات والنباتات على الرغم من تعقيدها فأنها تتألف من عناصر قليلة متكررة في تلك المجاميع وقد كانوا يشيرون الى التراكيب الانكلوسكوبية لتلك الكائنات مثل الجذور والاوراق والازهار والشائعة في مختلف النباتات وكذلك القطع والاعضاء في عالم الحيوان وبعد قرون وبسبب اختراع العدسات المستعملة في التكبير فان الابعاد الانكلوسكوبية قد اكتشفت من الباحث Davinci عام ١٤٨٥ وأشار الى استخدام العدسات في مشاهدة الاشياء الصغيرة وفي عام ١٥٥٨ فان عالم الاحياء السويدي كونراد جسر نشر نتائج دراساته حول تركيب مجموعة من الطليعيات الي تدعى foraminifera وقد كانت مخططاته للبروتوزوا تتضمن العديد من التفاصيل لايمكن ان تظهر الا اذا استخدم مجموعة من العدسات المكبرة وربما هي السجل الاول او المبكر لاستخدام الاجهزة المكبرة في الدراسات البايولوجية لذلك فان النمو والتطور في علم حياة الخلية مبدئياً قد اشترك مع تطور العدسات البصرية واستخدام هذه العدسات في تركيب المجاهر المركبة لذلك فان اختراع المجهر وتطوره كان يجري جنباً الى جنب مع التطور في علم حياة الخلية. ان اول مجهر مركب قد اخترع عام

ثم جاء بعد ذلك العالم الانكليزي روبرت هوك وهو اول من استخدم مصطلح الخلية وقد ارتبط اسمه باستخدام مصطلح الخلية في عام ١٦٦٥ وقد فحص شرائح رقيقة مأخوذة من قطعة من الفلين الجاف بواسطة استعمال مجهره المركب الذي صنعه بنفسه (شكل رقم ١-١) وقد نشر هوك مجموعة من المقالات تحت عنوان Micrographia وقد كان وصفه البسيط للفلين كبيوت النحل وقد كانت الخلايا فارغة من المكونات الحية وكان يعتقد بأن الخلايا التي شاهدها تشابه الاوردة والشرابين في الحيوانات وانها ممتلئة بالعصير في النباتات الحية ولكن مجهره

هذا لم يظهرها. وقد استخدم عدساته في بناء مجاهر عديدة منها قد يصل تكبيرها الى ٣٠٠× ويعد الاول في مشاهدة الخلايا الحية الحرة وفي العام ١٦٧٥ وصف كائنات مجهرية في ماء المطر جمعها بواسطة انابيب مغروسة في التربة اثناء هطول المطر وان رسوماته تتضمن انواع من البكتريا كما يعد العالم ليفنهوك الاول في وصف خلايا النطفة للانسان والكلاب والارانب والضفادع والاسماك والحشرات وفي مشاهدة حركة خلايا الدم في اللبائن والطيور والبرمائيات والاسماك وقد لاحظ ان هذه الخلايا في الاسماك والبرمائيات كانت بيضوية في شكلها وتحتوي جسم مركزي (النواة) في حين كانت الخلايا للانسان وبقية اللبائن دائرية كما لاحظ العضلات المخططة. وكما نشر عالم النبات الانكليزي N. Grew مجموعة من الفحوص المجهرية كمقاطع مأخوذة من الازهار والجذور والسيقان للنبات والتي تشير بوضوح انه قد حدد الطبيعة الخلوية للانسجة النباتية. وخلال القرن التاسع عشر كانت هناك العديد من الاختراعات والملاحظات وقد صيغت معالم عدد من النظريات مثل نظرية الخلية ونظرية البروتوبلازم وفي عام ١٨٠٧ الباحث ميربيل صرح بأن جميع الانسجة النباتية مكونة من خلايا وفي العام ١٨٢٤ فان العالم الفرنسي R. Dutrochet اوضح بان جميع الانسجة النباتية والحيوانية هي عبارة عن تجمع من خلايا كروية وفي العام ١٨٣١ فان العالم الانكليزي روبرت براون قد اكتشف النواة في الخلايا وسماها بهذا الاسم وقد اشار الى ان النواة من المكونات الرئيسية والثابتة في الخلايا.



شكل رقم (١-١) صورة توضيحية للمجهر الذي استعمله هوك (عن Verma & Agarwal , 2005)

نظرية الخلية Cell Theory

في العام ١٨٣٨ وضع عالم النبات الالماني شلايدن فكرة ان الخلايا هي وحدات التركيب في النبات وفي العام ١٨٣٩ وضع عالم الحيوان الالماني شوان فرضيات شلايدن على الحيوان وكلاهما قد افترض بأن الخلية هي الوحدة الاساسية للتركيب والوظيفة في الحياة وهذا مايعرف حالياً بمبدأ الخلية وفي الحقيقة فأن شلايدن وشوان قد استندا في فرضيتهم هذه على ما توصل اليه باحثين اخرين امثال Oken (١٨٠٥)، Mirbel (١٨٠٧)، Lamarck (١٨٢٤)، Dutrochet (١٨٢٦)، Turpin (١٨٠٩).

وتضمنت هذه النظرية البنود الآتية:

- ١ - الخلايا هي الوحدات الاساسية للحياة على الارض ولايوجد هناك كائن على الارض له صفة الحياة وليس مكوناً من الخلايا.
- ٢ - جميع الكائنات الحية مبنية من الخلايا وكل كائن حي على الارض مكون اما من خلية واحدة او من خلايا متعددة.
- ٣ - نشأت جميع الخلايا السابقة (او السلف) من انقسام الخلايا الحية وليس بتجميع اجزاء الخلية وموادها الكيميائية أي ان المبدأ هو من الحياة تأتي الحياة.
- ٤ - الخلايا هي الوحدات الوظيفية للحياة حيث تتم فيها كل التفاعلات الكيميائية لادامة حياتها وتكاثرها.
- ٥ - ان الخلايا المتعددة للكائنات الحية ترتبط احياناً لتكوين الانسجة التي تقوم بوظيفة وحدات منفردة.
- ٦ - ان الخلايا في الكائنات متعددة الخلايا تتجمع وتترابط باحكام لكي تتمكن من الانقسام فتأخذ شكلاً متميزاً وتقوم بالوظائف الضرورية. ان نظرية الخلية Cell theory هي اشبه بحجر الزاوية للعلوم وكما ان الوحدات الاساسية للمادة هي الذرات والوحدات الاساسية للمركبات هي الجزيئات فالوحدات الاساسية للحياة هي الخلايا ولكن ليست الخلايا بتلك الدرجة من البساطة لكي نعددها المادة البنائية للحياة كالجزيئات التي تبني من الذرات وانما هي المادة الحية من الكائن الحي التي تتضمن جميع الاجزاء الحية وتجعل الحياة ممكنة وتؤدي وظيفتها كالتنظيم Organization والحركة Movement واستخدام الطاقة Energy use والانتاج Reproduction والاستجابة للمحفزات Response to stimuli والنمو Growth وغيرها وعليه فلا يمكن ان نفهم حقيقة الكائنات الحية مالم ندرس وحداتها الحية البسيطة (الخلايا) فنظرية الخلية اشارت الى نقطة جوهرية من خلال التركيز على الخلايا ثم قام العلماء بوضع اسئلة محددة حول كيفية عمل الحياة واكتشفوا الكثير من الاجابات والاسرار ذات الاهمية الكبيرة.

علاقة علم الخلية بالعلوم الأخرى

Relation of cytology with other sciences

بالنظر لتعدد الفروع والمجالات العلمية والتشعب للاختصاصات فقد وجدت بينها علاقات متطورة ودقيقة إذ أن العلم الواحد لا يؤدي مهامه بكفاءة عالية بمعزل عن العلوم الأخرى والتقنيات الأخرى. ولذلك فقد اضحى لعلم الخلية اتصالات وثيقة ومباشرة مع العديد من

الفروع والمجالات العلمية كعلم الوراثة وعلم الكيمياء الحياتية وعلم الحيوان وعلم النبات وعلم التشريح وعلم الأنسجة وعلم الفسلجة وعلم الأمراض وعلم الاجنة فعن علاقته بعلم الاجنة فأن هناك مشاكل علمية متعلقة بالخلية وهي مشاكل متعلقة بنمو الجنين والانقسام الخلوي هي مسائل حيوية وضرورية بالنسبة الى نشوء ونمو الجنين وهي أيضاً الأساس المعتمد لتنظيم نمو الكائن الحي لذلك على علماء الاجنة ان يكونوا على معرفة جيدة بالتركيب الاساسي للخلية واهمية وتوزيع كل من العضيات الموجودة فيها.

اما العلاقة بعلم الوراثة فإن التقاء علم الوراثة وعلم الخلية يأتي بعد ان أصبح انقسام الخلية في اواسط القرن التاسع عشر الظاهرة الرئيسة لتكاثر الكائنات الحية واعتبر الباحث ولسون Wilson ان الوراثة هي نتيجة لأستمرارية صفات الخلية بواسطة الانقسام اما بالنسبة للباحث وايزمان Weisman في عام ١٨٨٥ فقد ابتكر نظرية البلازما الجرثومية Germplasm أي ان انتقال العوامل الوراثية من جيل الى آخر يحدث عن طريق جراثيم

الانقسام الخلوي Meiosis وقد تمكن مورجان Morgan سنة ١٩١٠ من تحديد العديد من الطفرات وأحد هذه الطفرات (العين البيضاء) في حشرة الدروسوفيل كانت مرتبطة بالجنس لذلك اكد مورجان وآخرون نظرية الجينات وعدوا وجود وحدات او مواضع Loci على الكروموسومات مسؤولة عن الصفات الوراثية كما برهن مورجان Morgan على ان زوجين من الجينات المرتبطة جنبا تغطي اتحادات وراثية جديدة Recombination في الانثى وان عملية اعادة الاتحاد هي عملية غير عشوائية أي ان الجينات المرتبطة جنبا تكون مرتبطة مع بعضها في الانثى. هذه البحوث والتجارب والدراسات الوراثية المنفصلة عن باقي فروع علوم الحياة ادى الى ظهور علم منفصل سمي بعلم الوراثة Genetics من قبل الباحث باتيسون Bateson عام ١٩٠٦ ولكون هذه الابحاث تختص بالخلية لذا بقي علم الوراثة ذو علاقة وطيدة مع علم الخلية ونشأ فرع من علم الوراثة سمي بعلم الوراثة الخلوية Cytogenetics كما ارتبط علم الوراثة فيما بعد بعلم الكيمياء الحياتية لان الدراسة وصلت الى مستوى الجزيئات المكونة للعوامل الوراثية مما ساعد في ظهور حقول علمي جديد سمي علم الوراثة الجزيئي Molecular genetics.

اما علاقته بالكيمياء الحياتية Relation of cytology with biochemistry فهناك علاقة وثيقة ما بين علم الخلية وعلم الكيمياء الحياتية وتظهر هذه العلاقة من خلال اكتشاف علماء الكيمياء الحياتية للبروتين ومنهم فيشر Fischer سنة ١٩٢٠ واكدوا على ان جزيئة البروتين تتكون من وحدات صغيرة تسمى بالاحماض الامينية ومن التطورات الاخرى اكتشاف الانزيمات ودورها كعوامل مساعدة واهميتها في تحويل الطاقة وفي الفعاليات الحياتية الخلوية المختلفة. وقد تمكن العالمان بنسلي Bensley وهوفر Hover عام ١٩٣٤ من عزل المايتركوندريا Mitochondria من الخلية بكميات تكفي للتحليلات الكيميائية والفيزيائية وهذه هي الطريقة التي ادت فيما بعد الى معرفة المايتركوندريا على انها مركز تفاعلات الاكسدة والاختزال في الخلية وانها تحتوي على جميع الانزيمات الخاصة بهذه التفاعلات.

واما علاقته بالعلوم الاخرى فلا يمكن دراسة علم الحيوان Zoology او علم النبات Botany او علم التشريح Anatomy او علم الانسجة Histology او علم وظائف الاعضاء

الخلية Cell

تعرف الخلية Cell بأنها الوحدة الاساسية للكائن الحي التي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر الخلوي او الانتاج Reproduction والتي تتكون من الساييتوبلازم والنواة (او منطقة نووية) ومحاطة بغشاء خلوي.

وتعرف الخلية ايضاً بأنها وحدة unit محاطة بغشاء مكون من طبقتين مزدوجة Bilayer من الدهون المفسفرة Phospholipids وتحتوي هذه الوحدة على الانزيمات enzymes وعناصر اخرى تمكنها من القيام بالعمليات الايضية metabolism والتكاثر الخلوي reproduction المستقل واما الايض فانه يستند الى اساس توليد المركب الغني بالطاقة الكيميائية وهو ادنوسين ثلاثي الفوسفات ATP واما التكاثر الخلوي فهو يستند الى المادة الجينية الوراثية DNA الحاملة للمعلومات الوراثية.

الخواص المشتركة للخلايا

تختلف الخلايا فيما بينها من حيث الحجم والشكل والذي يعتمد على نوع الكائن الحي ووظيفته وبالرغم من هذه الاختلافات الا ان لمعظم الخلايا خواص اساسية مشتركة وهي :

- ١ - امتلاك الخلية الية ايضية Metabolic machinaries تمكنها في الحصول على الطاقة من المحيط كالاستفادة من الضوء كما في النباتات الخضراء ومن تقويض Catabolism المواد الغذائية الى مواد كيميائية أبسط Metabolite وتدعى هذه الطاقة الكيميائية ادنوسين ثلاثي الفوسفات ATP.
- ٢ - قابلية الخلية لاستعمال هذه الطاقة لغرض دعم وادامة حياتها حيث تتضمن حركة مكونات الخلية من جزء الى آخر ضمن الخلية وكذلك قابلية انتقال هذه المركبات الى داخل وخارج الخلية وكذلك قابلية الخلية على تحويل الجزيئات من شكل الى آخر لتعويض المركبات المفقودة لغرض النمو والانتاج Reproduction.
- ٣ - امتلاك الخلايا مجموعة من الجينات في DNA تعمل على تصميم او تخطيط بناء المركبات المختلفة .
- ٤ - امتلاك الخلية حدوداً مثبتة بينها وبين الخلايا الاخرى الا وهو غشاء الخلية Cell membrane.

شكل وحجم الخلية Shape and Size of the cell

ان الخلايا توجد باحجام واشكال مختلفة تتكيف وفقاً الى الاجواء المختلفة او نتيجة للوظائف المتخصصة ضمن الكائن المتعدد الخلايا multicellular organism فالخلايا تتراوح في الحجم من اصغر خلية للبكتريا وهي ٠,٢ مايكروميتر الى بيوض الطيور واكبرها بيضة النعامة والتي تبلغ قطرها ما يقرب من ٦ انجات ويمكن ان تكون الخلية ذات شكل متغير Variable حيث تتحول باستمرار الى اشكال مختلفة كالاميبا Amaeba وكريات الدم البيض Leucocytes وهناك الخلايا ذوات الشكل الثابت (او المحدد Fixed) وهذه الاشكال هي:

- ١ - المسطحة Flattened ومن امثلتها طبقة البشرة العليا والسفلى .
- ٢ - الجيبية Cuboidal ومن امثلتها خلايا الغدة الدرقية Follicles.
- ٣ - العمودية Columnar ومن امثلتها الخلايا التي تبطن الامعاء.
- ٤ - المقعرة Discoidal مثل كريات الدم الحمر.
- ٥ - الكروية Spherical مثل بيض عدد كبير من الحيوانات.
- ٦ - المغزلية Spindle-Shape مثل الياف العضلات الملساء.
- ٧ - الطولية Elongated مثل الخلايا العصبية.
- ٨ - المتشعبة Branched مثل الخلايا الصبغية للجلد.

مجاميع الخلايا Cell categories

يمكن تقسيم الخلايا الحية الى مجموعتين على اساس الحجم والتركيب الداخلي والتركيب الجيني والحيوي:

- ١ - خلايا بدائية النواة Prokaryotes وتشمل البكتريا Bacteria والمايكوبلازما mycoplasma والبكتريا الزرقاء. blue-green bacteria.
- ٢ - خلايا حقيقية النواة Eukaryotes وتشمل الحيوانات والنباتات الراقية والحيوانات الابتدائية Protozoa والبيض Eggs والحيامن sperms والفطريات Fungi.
- ويوضح الجدول رقم (١-١) الاختلافات بين كلا النوعين من الخلايا.
- ٣ - خلايا الاصليات (العنائق) Archaea وتشمل مجموعة من الاحياء لا تحتوي نواة خلوية الا انها اقرب الى حقيقية النواة منها الى بدائية النواة.

الجدول رقم (1-1) يبين المقارنة بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة

الخواص	بدائية النواة	حقيقية النواة
المجاميع	البكتريا والطحالب الخضراء والمايكوبلازما	الطحالب والفطريات والنباتات والحيوانات
حجم الخلية	حوالي ٢ مايكرومتر او اقل	حوالي ١٠٠ مايكرومتر
الغلاف النووي	لا يوجد	يوجد
النوية	لا توجد	توجد
DNA	حلقة مفردة لا تحتوي على الهستون	موزع على عدد من الكروموسومات وتحتوي على الهستون
الانقسام	لا يوجد انقسام اختزالي	يوجد انقسام خيطي واختزالي
الغشاء البلازمي	خالي من الستيرول	حاوي على الستيرول
الاعشيه الداخليه	بدائية بسيطة وموجودة في انواع قليلة منها	معقده مثل الشبكة الاتدوبلازمية
الرايبوسوم	70 S	80 S
صبغات البناء الضوئي	في الاعشيه الداخليه المحوره	في البلاستيدة الخضراء
التنفس الخلوي	في الاجسام الوسطية	في الماييتوكوندريا
جدار الخلية	موجود ويتركب من الليبتيدوكلايكان وسكريات متعددة وبروتينات سكرية	موجودة في النباتات والفطريات ويتركب من سكريات متعددة
السبورات الداخليه	موجودة	غير موجودة
الفجوات والحويصلات الغازية	موجودة	الفجوات موجودة في الخلايا النباتية
الانبيبات الدقيقة	غير موجودة	موجودة

اولاً: خلايا بدائية النواة

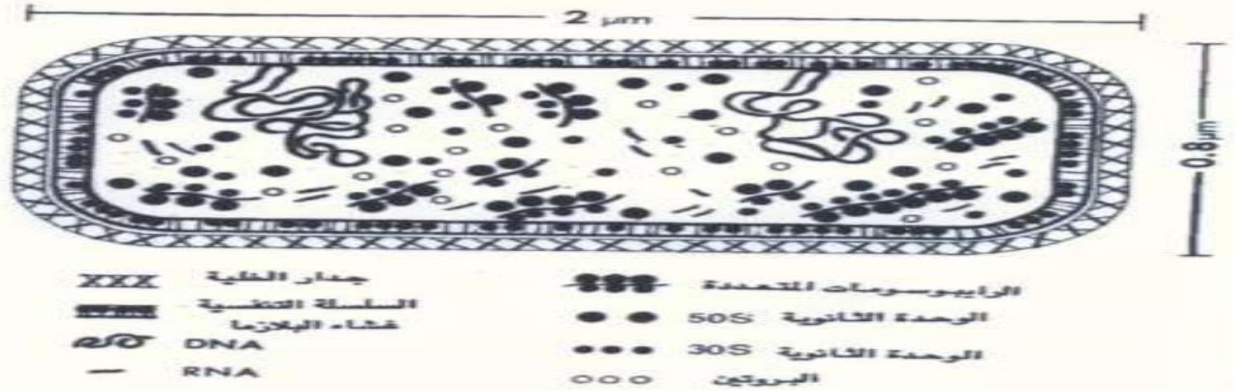
The Prokaryotic cells

تشمل الخلايا البدائية النواة انواع متعددة كالبكتريا Bacteria والطحالب الخضراء المزرقه Blue green algae فضلاً عن المايكوبلازما Mycoplasma وتتميز هذه الخلايا بعدم احتوائها على العضيات الخلوية Cellular Organelles بالاضافه الى انعدام وجود الغلاف النووي فيها لذلك تكون المادة النووية مبعثرة في سايتوبلازم الخلية.

الخلية البكتيرية The bacterial cell

تشكل البكتريا اكبر مجموعة من مجاميع الكائنات البدائية النواة ويمكن ان نميزها من الناحية التركيبية عن الكائنات الدقيقة حقيقة النواة مثل البروتوزوا Protozoa اذ تحتوي على عدد من العضيات الخلوية الفريدة وتتميز بسهولة نموها في البيئات السائلة والصلبة وتبدأ خلاياها بالانقسام في مثل هذه البيئات بفترة لا تتجاوز ٦٠ دقيقة ثم تختزل الزمن الى حوالي ٢٠ دقيقة فيما لو اضيف البيورين purine والبايريميدين Pyrimidine بالاضافة الى الاحماض الامينية الى بيئاتها الغذائية ويبلغ طول الخلية البكتيرية حوالي ٢,٠ مايكروميتر

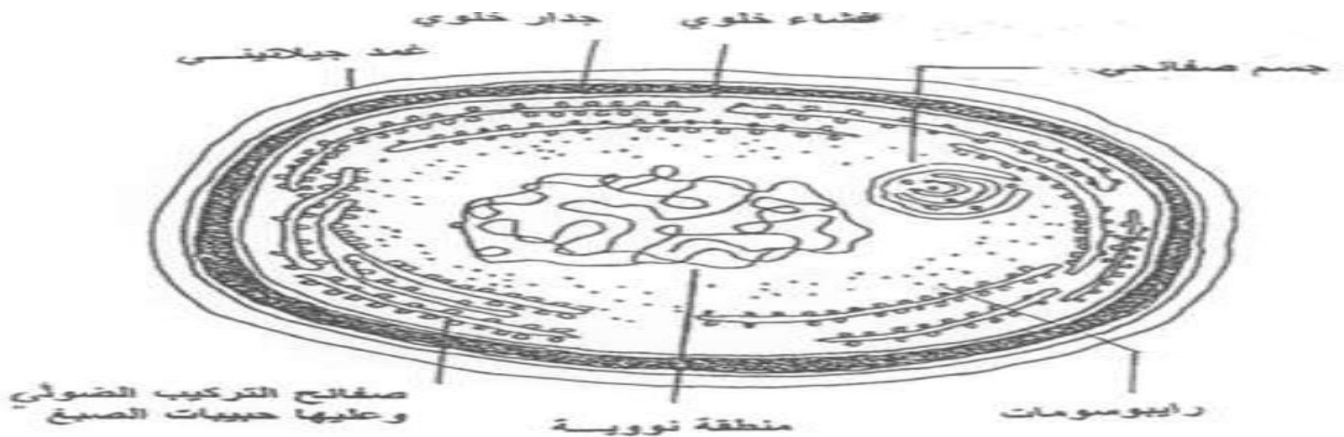
الشكل رقم (٢-١) يبين الرسم التخطيطي لتركيب الخلية البكتيرية



Blue green algae

الطحالب الخضراء المزرقة

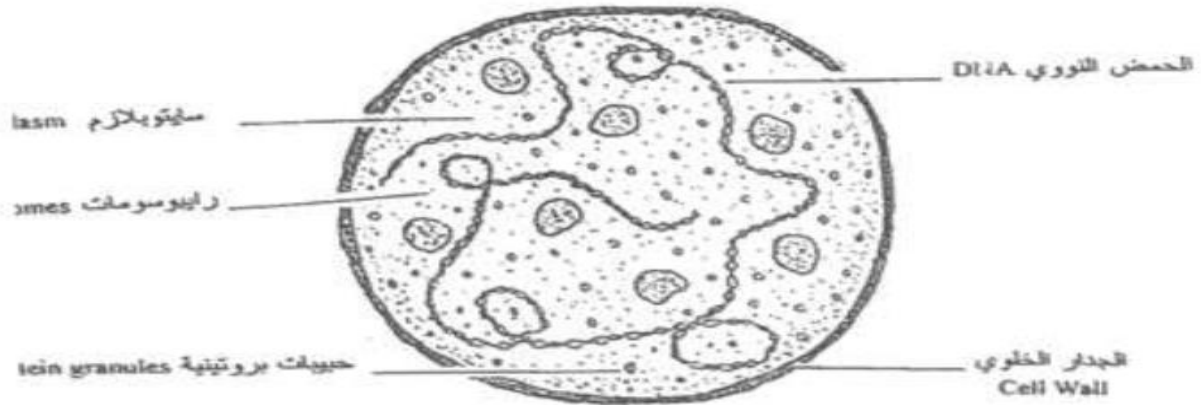
يعود هذا النوع من الطحالب الى صنف Cyanophyceae وتشبه البكتريا الى حد كبير في تركيبها الخلوي حيث تفتقد للنواة الحقيقية. الغشاء البلازمي لخلية الطحالب الخضراء المزرقة قد يكون محاط بغلاف يتكون من سكريات واحماض امينية ويتميز الغشاء البلازمي بافتقاره الى الستيروولات ايضاً وعلى الرغم من ان معظم الطحالب في هذه المجموعة ذات لون اخضر مزرق فأنها تظهر في عدة ألوان وهذا يرجع الى اختلاف في نسبة وجود الصبغات مثل: الكلوروفيل-Chlorophyll-A والكاروتين Carotene والبلبروتين Biliproteins وترجع تسميتها لكون اول نوع عرف من هذه المجموعة كان ذو لون اخضر مزرق وهذه الطحالب قادرة على القيام بعملية البناء الضوئي Photosynthesis الشكل رقم (٢-٦). توجد الطحالب الخضراء المزرقة بأشكال مختلفة اما وحيد الخلية unicellular او على هيئة تجمعات ومستعمرات او خيوط طويلة ومن مميزات الاخرى هو عدم احتوائها على عضيات للحركة وتتميز باحتوائها على صفائح البناء الضوئي Photosynthetic lamellae مغطاة بحبيبات صبغية تسمى حبيبات الصبغ Phycobilosomes ومن الطحالب التي تقع ضمن هذه المجموعة طحالب Ulothrix ، Nostoc ، Anabena ، Oscillatoria.



Mycoplasma

٤ - المايكوبلازما

هي اصغر خلايا الكائنات حجماً حيث يتراوح قطرها بين (٠,٢٥-٠,١) مايكروميتر فهي اصغر من الخلية البكتيرية بحوالي الف مرة ومليون مرة اصغر من الخلية حقيقية النواة كما انها في بعض الاحيان تكون اصغر من بعض الفيروسات الكبيرة مثل الفاجات او الملتهمات البكتيرية Bacteriophages ويمكن لها ان تمر من خلال المرشحات وتطلق على المايكوبلازما ايضاً اسم (Peuopneumonia Like organisms) ppLO ويحيط خلية المايكوبلازما غلاف بروتيني دهني وتتميز باحتوائها على جزيئة حلقيه مزدوجة ومفردة من DNA ورايبوسومات وحبيبات دهنية وبروتينية ولا تحتوي على عضيات خلوية الشكل رقم (٧-٢) ويمكن للمايكوبلازما ان تتكاثر مثل البكتريا وباستخدام اوساط غذائية. كما انها تسبب عدداً من الامراض للانسان وللحيوان.



الشكل رقم (٧-٢) يبين التركيب الدقيق لخلية المايكوبلازما

Eukaryotic cells

ثالثاً: خلايا حقيقية النواة

تشمل جميع انواع الخلايا التي تحتوي على أنوية حقيقية وتتميز باحتوائها على العضيات الخلوية Cellular organelles ومن امثلتها الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية.

Animal cell

الخلية الحيوانية

تختلف الخلايا الحيوانية فيما بينها من حيث الحجم والشكل والتخصص الا انها جميعاً تكون متشابهة من حيث التركيب كما في الشكل (٩-٢) وتتكون الخلية الحيوانية من التراكيب التالية:

الخلية النباتية

تحتوي الخلية النباتية على جميع التراكيب التي تحتويها الخلية الحيوانية فضلاً عن احتوائها على بعض التركيب الخاصة بها كما هو موضح في الشكل (٢ - ١٠) وهذه التراكيب هي:-

الفايروسات Viruses

لقد اشارت دراسة العالم باستير Pasteur وغيرها من الدراسات خلال القرن التاسع عشر ان الاصابة المرضية التي تصيب النباتات الحيوانات تكون بسبب وجود البكتريا غير ان دراسة مرض التبقرقش في نبات التبغ mosaic disease Tobacco ومرض Hoop disease في المواشي اثبتت وجود عامل اخر غير البكتريا يسبب هذه الامراض وقد لوحظ على سبيل المثال ان العصير Sap المنقول من النبات المصاب الى النبات السليم له القدرة على احدث نفس الاصابة للنبات السليم بالرغم من خلو العصير من أي نوع من انواع البكتريا اثناء الفحص بالمجهر الضوئي. ولوحظ ان العصير يبقى حاملاً للاصابة حتى بعد ترشيحه من خلال ورقة الترشيح الذي يمنع مرور اصفر انواع البكتريا من خلال ثقوبه ولوحظ ان العامل المسبب للاصابة لا ينمو على المزارع او البيئات الغذائية Nutritional media الا بوجود الخلايا النباتية الحية ولقد استنتج الباحثون وجود عامل اخر صغير جداً وبسيط تركيباً من البكتريا يسبب هذه الامراض سمي باسم الفايروسات Viruses وفي عام ١٩٣٥ اكد الباحثان ويندل Wendell وروكييفيلر Rockefeller ان الفيروس المسؤول عن مرض التبقرقش في نبات التبغ يكون متبلوراً وهذه البلورات هي المسبب الاساسي للعدوى والفيروسات ليست خلايا حية حسب المفهوم التقليدي للخلية فهي لا تمتلك سايتوبلازم ولا غشاء خلوي وليس لها القدرة على القيام بالفاعليات الايضية وهناك انواع كثيرة من الفيروسات تختلف فيما بينها اختلافاً كبيراً من حيث الشكل والحجم والتركيب ولكن جميعها تشترك في صفة واحدة الشكل رقم (٢ - ١٤) وهي انها متطفلة اجبارياً Obligate Parasite حيث تنمو وتتكاثر فقط داخل خلية العائل Host Cell والتي قد تكون خلية نباتية او حيوانية او بكتريا حسب نوع الفيروس وعندما تكون خارج الخلية الحية تظهر على هيئة تراكيب بلورية تسمى الفريون Virion.

والفريون يحتوي على كمية قليلة من المادة الوراثية Genome والتي تكون على هيئة سلسلة مفردة او مزدوجة حلقيه من DNA او RNA وليست كما في خلايا الكائنات الحية حيث يتواجد كل من DNA و RNA وقد يحتوي Genome الفايروس لانواع معينة لمئات الجينات. تحتوي الفيروسات النباتية على RNA اما الفيروسات التي تصيب خلية البكتريا فهي تحتوي على DNA في حين ان الفايروسات الحيوانية تحتوي على RNA او DNA.

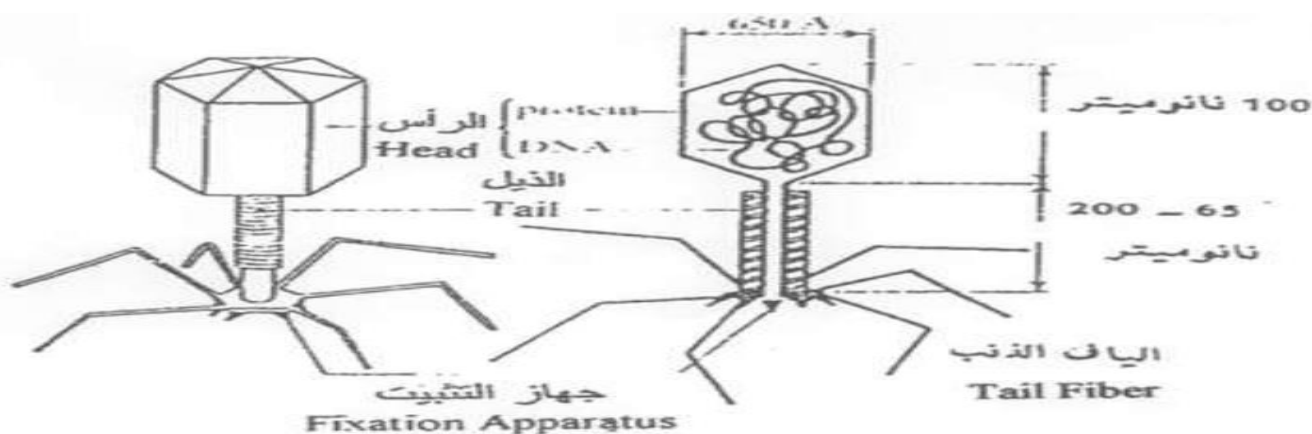
وتحاط المادة الوراثية للفايروس بغطاء بروتيني يسمى الكابسيد Capsid يتكون من عدد من الوحدات الثانوية البروتينية الخاصة تسمى الكابسوميرات Capsomeres وان مجموع المادة الوراثية والغطاء البروتيني يكون ما يعرف بالنيوكليوبروتين Nucleoprotein وهي اما عارية Naked او مغلقة Enveloped.

تسبب الفايروسات العديد من الامراض للانسان مثل الجدري Smallpox والانفلونزا Influenza وشلل الاطفال Polio وداء الكلب Rabies ومرض نقص المناعة المكتسبة AIDS وقد تكون السبب في حصول بعض الامراض السرطانية الخطرة حيث تعزى هذه الامراض الى بعض الفايروسات التي يطلق عليها بالفايروسات العكسية Retroviruses .

اما حجم الفايروسات فيتراوح بين ٢٠ - ٢٠٠ نانوميترًا وان الفايروسات التي تصيب البكتريا (Bacteriophage) فهي اكبر حجماً ومنها مجموعة فايروسات T وكذلك QX174 وقد اكتشفت الفاجات او ملتهومات البكتريا سنة ١٩١٧ من قبل العالم الغربي فليكس دي هيرل Felix DeHerelle وهي لا تختلف في الاساس عن باقي انواع الفايروسات وانما تختلف في اختيار الخلية العائل (Host cell) واما من حيث التركيب فهي تشبه بقية انواع الفيروسات فهي تحتوي على المادة الوراثية المحاطة بغطاء بروتيني والغطاء البروتيني يمثل منطقة الرأس وتكون بأشكال مختلفة منها الكروية Spherical والضمية Comma-shaped وتحتوي على ذنب Tail وتعد الفايروسات البكتيرية نموذجاً مثالياً لدراسة الظواهر البيولوجية مثل دراسة تركيب الفيروس وتضاعفه Replication وطريقة التوارث فضلاً عن دراسة اصابة الخلية بهذه الدقائق الفايروسية.

توجد ستة اشكال خارجية مختلفة من الفايروسات البكتيرية وقد اختلفت الدراسات في اكثر الفيروسات شيوعاً هي مجموعة الفايروسات التائية T التي تصيب بكتريا القولون Escherichia coli وهي سبعة انواع رقمت من T1 الى T7 وجميع هذه الفايروسات تحتوي على المادة الوراثية DNA ولها أشكال يرقعة الضفدع Toad Pole ورأس سداسي Hexagonal وذنب مجوف محاط بجزيئة بروتينية حلزونية منضغطة Spring like Contractile Protein Sheath طولها يتراوح بين ٦٥ الى ٢٠٠ نانوميترًا وعرضها ٥٠ الى ٧٠ نانوميترًا كما تحتوي على عنق قصير يربط منطقة الرأس بالذنب وطوق Collar وتوجد في نهاية الذنب الصفيحة Plate التي تحمل ستة الياف تسمى الياف الذنب Tail Fiber كما في الشكل (٢-١٥). ويحتوي الفايروس على شريط مزدوج Double-Strand

من الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA الذي يكون ملتفأ داخل الرأس السداسي المكون من غطاء بروتيني ويحتوي DNA الفايروس على اكثر من ٧٥ جين ويوجد على سطح كل فيروس بروتين معين قابل للاتحاد مع مكونات سطح خلية العائل الخاص به فمثلاً يوجد نوع من البروتينات من الفايروس الذي يسبب مرض الايدز AIDS الشكل (٢) - (١٦) ويكون على هيئة بروتينات سكرية بوزن جزيئي ١٢٠,٠٠٠ دالتونا "Dalton". تتفاعل مع بروتين منتشر على سطح كريات الدم البيضاء للانسان يسهل آلية او ميكانيكية دخول الفايروس الى خلية العائل.



الشكل رقم (٢-١٥) يبين تركيب الفاج البكتيري T

كيمياء الخلية The chemistry of cell

ان الخلية هي الوحدة الاساسية للنسيج الحي سواء أكان هذا النسيج حيوانياً ام نباتياً وتختلف الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية في الشكل والحجم والوظيفة ولكنها تشترك في صفات اساسية من حيث التركيب والطبيعة الكيميائية سواء اكانت الخلايا بدائية ام حقيقية النواة وتتميز الخلايا ايضاً باحتوائها على نفس المكونات ولكنها تختلف باختلاف الخلايا. ان المواد الكيميائية الاساسية التي تكون الخلية هي الماء والبروتينات والدهون والاملاح والاحماض النووية والكاربوهيدرات فضلاً عن بعض المركبات المعقدة التركيب كالفيتامينات والهرمونات وتختلف نسبة وجود هذه المواد في الكائنات المختلفة والخلايا المختلفة كما في الجدول رقم (٣-١).

جدول رقم (٣-١) يبين المواد المكونة للخلايا ونسبها في الخلايا والكائنات المختلفة

المكونات	خلايا كبد الفئران	خلايا عضلات الفئران	بكتريا القولون <i>E. coli</i>	بذرة الذرة
الماء	٧٢-٦٩	٧٦	٧٣	١٣
البروتين	٢٢-١٦	٢١	١٩	٩
السكريات المتعددة	١٠-٢	٠,٦	١,١	٧٣
الدهون	٥	١١-٤	١,١	٤
الاحماض النووية	٥-١	٢-١	٣,٥	١
الاملاح	١	١	٢,٣	١

توجد البروتينات والدهون والاحماض النووية والكاربوهيدرات على شكل جزيئات كبيرة نسبياً تدعى الجزيئات الكبيرة Macromolecules اما الماء والاملاح فتوجد على شكل ايونات ولكن الفيتامينات والهرمونات فانها قد تندمج مع الجزيئات الكبيرة مكونة معقداً Complex او تبقى على شكل جزيئات صغيرة Micromolecules واحد الطرق المبتكرة لدراسة المكونات الكيميائية للخلية هي التحليل الكيميائي للانسجة بأكملها مثل الكبد والدماغ والجلد او الخلايا المرستيمية Meristematic cells النباتية ولهذه الطريقة معاني محددة في علم الخلية Cytology وذلك لان المادة التي يجري تحليلها هي عموماً خليط من مختلف انواع الخلايا وبالإضافة الى احتوائها على مواد خارجية وفي السنوات الاخيرة ادى تطور طرق تجزئة الخلية Fractionation وكذلك طرق اخرى دقيقة ادت الى فصل المكونات الخلوية بشكل نقي وبالتالي الحصول على معلومات اكثر اهمية حول التركيب الكيميائي للخلية.

Inorganic Components

المكونات اللاعضوية

Water الماء (١)

يشكل الماء اعلى نسبة بين المركبات الكيميائية الموجودة في الكائنات الحية حيث يمثل حوالي ٦-٩٥% من الوزن الكلي لمختلف الخلايا والانسجة مع بعض الاستثناءات كما في عظام الانسان والبذور وكذلك السبورات. ان الماء مذيب طبيعي لايونات المعذية ولا يمكن ان يستغنى عنه في العمليات الايضية التي تتم كلياً داخل محيط مائي كما يكون الماء كوسط انتشار للنظام الغروي للبروتوبلازم حيث ان الماء يمتزج بسهولة مع البروتوبلازم فضلاً عن ان جزيئات الماء تسهم كذلك في العديد من التفاعلات الانزيمية في الخلية ويمكن ان تنشأ نتيجة العمليات الايضية. ويوجد الماء في الخلية على شكلين:

- ماء حر Free Water: هو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية ويدخل في عمليات التحول الغذائي ((الايض)) ويعمل وسطاً للتفاعلات الكيميائية ويشكل نسبة ٩٥% من كمية الماء الموجود في الخلية.

ب- ماء مقيد Bound Water: وهو الماء المتصل بجزيئات البروتين بروابط كيميائية أي انه يدخل ضمن تركيب مكونات الخلية وتقدر نسبته ٤-٥% من كمية الماء الموجود في الخلية.

الاملاح والايونات Salt & Ions

تعد الاملاح ضرورية للمحافظة على الضغط الازموزي والتوازن الحامضي القاعدي لخلية حيث يزداد الضغط الازموزي داخل الخلية بزيادة تراكيز الايونات مما يؤدي الى دخول لماء الى داخل الخلية. ان تراكيز الايونات في السائل الخلوي تختلف حسب نوعية الايونات مثلاً تكون تراكيز ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم داخل الخلية عالية في حين ان ايونات لصوديوم والكلوريد توجد بشكل رئيسي خارج الخلية كما يعد الفوسفات المصدر الرئيسي داخل لخلية كما تحتوي الخلية على ايون البيكاربونات. اما ايونات الكالسيوم فهي موجودة في كل

من الخلايا ومجرى الدم، أما في العظام فإن ايونات الكالسيوم ترتبط مع ايونات الفوسفات الكربونات لتكون ترتيبات بلورية وتوجد الفوسفات في الدم والسوائل النسيجية على شكل بون حر ولكن اكثر الفوسفات يكون مرتبطاً على شكل دهون مفسفرة Phospholipids نيوكليوتيدات Nucleotides وبروتينات مفسفرة Phosphoproteins وسكريات مفسفرة Sugar Phosphate وهناك الفوسفات الاحادية H_3PO_4 والفوسفات الثنائية HPO_4^{2-} لعب دوراً في تثبيت pH الدم وسوائل الانسجة وهناك ايونات موجودة في الانسجة كالكبريتات الكربونات والبيكاربونات والمغنيسيوم والاحماض الامينية وهناك معادن توجد باشكال غير تأينة كالحديد الذي يوجد في جزيئة الفيريتين Ferritin والسايتركرومات Cytochromes بعض الانزيمات مثل الكتاليز Catalase وسايتركروم اوكسيداز Cytochrome Oxidase ما ان هناك اثار قليلة من المعادن منها المنغنيز والنحاس والكوبلت واليود والسلينيوم والنيكل المولبدنيوم والخرصين وهي ضرورية لادامة فعالية الخلية.

المنظمات الحيوية Bio-Buffers

وهي مواد لها القدرة على الاتحاد مع ايونات الهيدروجين مما تعمل على ازالة ايونات الهيدروجين المحاليل زائدة الحموضة وتنقل هذه الايونات من الهيدروجين الى محاليل منخفضة الحموضة وبذلك تظل قيمة pH للسوائل والمحاليل الحيوية في الجسم ثابتة قدر الامكان في مواجهة التغير في مكوناتها الحامضية ويتضح أن وجود مثل هذه المنظمات في الخلايا الحية يؤدي الى ثبات pH الخلايا والسوائل الحيوية في مواجهة التغيرات في المكونات الحامضية. وتوجد ثلاث منظمات رئيسية في معظم الكائنات الحية وهي الفوسفات والبيكاربونات والبروتينات والجدول رقم (٣-٢) يوضح الدور الذي تلعبه بعض الايونات.

الغازات Gases

يحتوي برتوبلازم الخلايا على بعض الغازات ومنها:

أ- غاز الاوكسجين الذي يتم الحصول عليه بفعل عملية التنفس او مع عملية احتراق السكر او المادة الغذائية وهو ضروري لعملية تأكسد الغذاء في خلايا الجسم ((التنفس الخلوي)) لانتاج الطاقة وبالتالي القيام بالاعمال والنشاطات الحيوية المختلفة.

غاز ثنائي اوكسيد الكربون وهو من نواتج عملية الايض في الكائنات الحية الا ان اهميته تظهر في النباتات والطحالب لأهميته في عملية البناء الضوئي لتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية متمثلة في بناء المواد الكربوهيدراتية السكرية في الخلايا

جدول رقم (٣-٢) بعض الايونات واهميتها للكائنات الحية

الايون	الوظيفة
الفوسفات PO_4	منظم طبيعي ويدخل في تركيب الغشاء البلازمي.
حامض الفوسفوريك H_3PO_4	يدخل في تركيب بعض البروتينات والشحوم.
الكربونات HCO_3 CO_3	منظم طبيعي
الحديدوز Fe^{++} الحديديك Fe^{+++}	يدخل في تركيب الهيموكلوبين والسايتوكرومات وكذلك في تركيب بعض الانزيمات
الكالسيوم Ca^{++}	يدخل في تركيب الانزيم المؤكسد لحامض الاسكوربيك.
الخارصين Zn^{++}	يدخل في تركيب المحلل للروابط البيبتيدية وانزيمات الفوسفاتيز.
المغنسيوم Mg^{++}	يدخل في تركيب الكلوروفيل Chlorophyll.

ب- وله دور مهم في النبات في عملية فتح وغلق الثغور Stomata حيث لاحظ العالم ساير Sayer سنة ١٩٢٦ ان الثغور في اوراق النبات تستجيب للتغيرات الحاصلة في درجة حموضة pH الخلايا الحارسة حيث تفتح الثغور عندما تنخفض الحموضة ولقد اقترح ساير ان سبب انخفاض درجة حموضة الخلايا الحارسة يعود الى تجمع غاز ثنائي اوكسيد الكربون ويقل او يزداد هذا الغاز تبعاً لاستعماله من قبل البلاستيدات الخضراء الموجودة في الخلية الحارسة فعندما يكون الضوء موجوداً يستعمل في عملية البناء الضوئي فيقل تركيزه فيصبح محيط الخلية الحارسة قاعدياً «قلوياً» فيزداد pH وفي الظلام يزداد تركيز ثنائي اوكسيد الكربون فيصبح محيط الخلية الحارسة حامضياً نتيجة لتكوين حامض الكربونيك (تقل pH) وتؤثر حموضة محيط الخلية على فعالية انزيمات التحلل المائي Hydrolases والتي تقوم بتحليل النشا الى سكريات بسيطة حيث تزداد فعاليتها عندما يكون الوسط قاعدياً وزيادة نسبة السكريات تقلل الجهد المائي للخلية الحارسة فيدخلها الماء ويحدث العكس في الظلام ومن اهم الانزيمات انزيم Phosphorylase.

المكونات العضوية Organic Components

ان المكونات العضوية هي عبارة عن سلاسل طويلة مكونة من تكرار وحدات معينة متصلة مع بعضها بواسطة روابط كيميائية وتسمى هذه الوحدات البنائية مونومير (احادي الوحدة) Monomer بينما تدعى الجزيئة الكبيرة المكونة من تكرار المونوميرات بال بوليمير (متعدد الوحدات Polymer) ان اختلاف عدد المونوميرات المكونة لجزيئة كبيرة معينة يؤدي الى تكوين جزيئات ذات صفات مختلفة منها ومن المكونات العضوية للخلية الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات Lipids والاحماض النووية.

الكربوهيدرات Carbohydrates

التركيب والوظيفة Structure and Function

ان جميع المواد العضوية على الكرة الارضية مشتقة من عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في محيط الغلاف الجوي Atmosphere وتحويله الى كربوهيدرات CH_2O وذلك من خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis كالنشأ والسليلوز والسكروز وتشترك هذه المواد الاولية في توليد الطاقة اثناء عملية التنفس والطاقة المتولدة ذات فائدة عظيمة.

اهمية الكربوهيدرات Significance of Carbohydrates

تتركز اهمية الكربوهيدرات في:

- ١ - تعد مصدراً اساسياً كبيراً للطاقة.
- ٢ - تخزين الطاقة الكيميائية المشتقة من الكربوهيدرات على شكل مركبات غنية بالطاقة مثل GTP, ATP والكلوكوز - ١ - فوسفات.
- ٣ - تدخل في عملية تكوين بعض محتويات الخلية مثل البروتينات والدهون والاحماض النووية والكربوهيدرات الاخرى.
- ٤ - تدخل في بناء جدار الخلية.

البروتينات Proteins

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

البروتينية غالباً الا في حالات خاصة كما في البقوليات كالفول والعدس وكذلك البومين البيض (زلال البيض) Albumin وتستخدم هذه البروتينات المخزونة في نمو الجنين ويختلف الوزن الجزيئي للبروتينات من ٥٠٠٠ الى عدة ملايين وتتكون من العناصر الآتية:

الكاربون	٥١-٥٥%
الاوكسجين	٢٠-٣٠%
الكبريت	٣,٥-٢,٥%
الهيدروجين	٦-٧,٣%
النيتروجين	١٥-١٨%

وتحتوي بعض البروتينات على الفسفور وبعض العناصر الاخرى مثل الحديد والنحاس والمنغنيز واليود وتختلف نسبة هذه المواد باختلاف مصادر البروتين وتتكون جزيئة البروتين الطبيعي من سلسلة واحدة او اكثر من السلاسل الببتيدية التي تتكون من الاحماض الامينية Amino acid التي ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية وعادة يكون وضع الذرات والمجموعات حول الروابط الببتيدية.

الانزيمات Enzymes

وهي محفزات بروتينية تبني داخل الخلية الحية وتعمل كعوامل مساعدة بايولوجية للتعجيل من معدل سرعة التفاعلات الحياتية وهي تعمل بتخصص عال على جزء (المادة الاساس Substance) معين او على صنف من الجزيئات المعينة وتحوي الخلية الواحدة ما يقارب من (١٠٠٠) من الانزيمات المختلفة وهو السبب الذي يجعل الخلية تعمل بكفاءة عالية

اما تسمية الانزيمات فان اسم الانزيم يتألف من قسمين يشمل القسم الاول على اسم المادة الاساس التي يعمل عليها الانزيم او اسم الناتج واما القسم الثاني فهو يصف نوع التفاعل المحفز فمثلاً " Pyruvate kinase و Glucose phosphate isomerase .

أصناف الانزيمات Classes of enzymes

تقسم الانزيمات الى ستة اصناف حسب طبيعة التفاعل الذي تحفزه وهي كالاتي :

الصنف	العمل الذي يقوم به	مثال
المؤكسدة والمختزلة Oxidoreductase	تعمل في تفاعلات الاكسدة	alcohol dehydrogenase
الناقلة Transferase	تعمل على نقل مجموعة كيميائية من مادة اساسية لاخرى	alanine transaminase
المميئة Hydrolases	تعمل في تفاعلات التحلل المائي	leucine aminopeptidase
الفاصلة Lyases	تعمل على حذف مجاميع كيميائية بدون تميؤ	pyruvate decarboxylase
المناظرة Isomerases	تعمل على تغيير احد متناظرات مركب ما الى متناظر اخر له	triose phosphate isomerase
الرابطة Ligases	تعمل على ربط جزيئين مع بعضهما	citrate synthetase

الليبيدات

Lipids

تؤلف الليبيدات مجموعة من المواد التي توجد في الطبيعة وتتكون من أحماض دهنية ذات الوزن الجزيئي العالي ومواد أخرى مثل الفوسفاتيدات والاستيرولات والكاروتينات وتعرف أيضاً بأنها مجموعة المواد الحيوية التي لا تذوب في الماء ولكن تذوب في المذيبات العضوية وهي مواد غير متصلبة ومن أهم وظائفها أنها مصدر للطاقة في الجسم وقد وجد أنه عند احتراق الليبيدات تنتج كمية كبيرة من الحرارة لكل غرام أكثر من الكمية الناتجة من احتراق ١ غم من الكربوهيدرات ومن وظائفها أنها تعمل عازلة للحرارة في الجسم وتدخل في تركيب الأغشية. إن الجهاز العصبي غني بالمادة الليبيدية وتعد المواد الليبيدية نشطة بيولوجياً ومن وظائفها أيضاً تجهيز الجسم بمواد تعرف بالأحماض الدهنية. وعند ارتباط الليبيدات مع البروتين يتكون ما يعرف بالليبوبروتينات Lipoproteins وهي مكونات هامة لعدد من الأغشية الطبيعية مثل أغشية الخلايا وتوجد المواد الليبيدية في جميع أجزاء النباتات بما في ذلك السيقان والأوراق والجذور والأزهار الشكل (٣-٧).

الأحماض النووية

Nucleic acids

تعرف الأحماض النووية بأنها عبارة عن جزيئات كبيرة تحمل المعلومات الوراثية وتكون مسؤولة عن نقل المعلومات الخاصة ببناء البروتينات وتكون الأحماض النووية على نوعين هما:
النوع الأول:

يحتوي هذا النوع على سكر الرايبوز Ribose لذا يطلق عليه الحامض النووي الرايبوزي (RNA) Ribonucleic acid.
النوع الثاني:

يحتوي هذا النوع على سكر الرايبوز منقوص الأوكسجين Deoxyribonucleic acid (DNA) ويتكون كلاهما بشكل بوليمرات خيطية مكونة من وحدات تعرف النيوكليوتيدات Nucleotides وهذه النيوكليوتيدات ترتبط مع بعضها البعض عن طريق أوأصر فوسفاتية ثنائية الاستر Phosphodiester حيث ترتبط مجموعة الفوسفات المرتبطة مع ذرة الكربون ٥ (C5) للسكر المكون للنيوكليوتيد الأول مع مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة مع ذرة كربون رقم ٣ (C3) للسكر المكون للنيوكليوتيد التالي له.

مكونات الأحماض النووية Components of Nucleic Acids

تتركب النيوكليوتيدة من ثلاث وحدات بنائية هي القواعد النايتروجينية (بيورين وبايريميدين) (Pyrimidine, Purine) والتي ترتبط بجزيئة سكر خماسي قد يكون رايبوز أو رايبوز منقوص الأوكسجين بالإضافة إلى مجموعة فوسفات ترتبط بجزيئ السكر عند ذرة الكربون الخامسة.

Pyrimidines

أ- القواعد البايريميدينية

عبارة عن مشتقات من المركب الحلقي غير متجانس والمعروف باسم البايريميدين ذو الصفة الحلقية وتتضمن القواعد البايريميدينية مركبات اليوراسيل Uracil والساييتوسين Cytocine والثايمين Thyamine الشكل (٣-٨) ويدخل الساييتوسين واليوراسيل في تركيب

الحامض النووي RNA بينما يدخل الثايمين Thyamine والساييتوسين في تركيب الحامض النووي DNA وتتميز قواعد البايريميدين بقدرتها على التحولات الايزوميرية.

Purines

ب- البيورينات

ان مصدر البيورينات يرجع الى مادة البيورين التي تتكون من التحام البايريميدين سداسية الشكل بحلقة اخرى مؤلفة من ذرتي نيتروجين وذره كربون ومن القواعد البيورينية الادنين (Adenine) والكوانين (Guanine) الشكل (٣-٨) واللذان تتواجدان في نوعي الاحماض النووية (DNA و RNA) باضافة الى ذلك فهناك مشتقات اخرى للبيورين وتعتبر اقل انتشاراً منها مثل البيورينات الميثيلية والهيدرانشين والزانفيسن وحامض الاوليك.

Sugars

ج- السكريات

يحتوي الحامض النووي الرايبوزي RNA على سكر خماسي D-ribose في صفته الحلقية الفيورانوزية بينما يحتوي الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA على سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين.

Nucleosides

د- النيوكليوسيدات

النيوكليوسيد هو عبارة عن المركب الناتج عن اتحاد القواعد البيورينية او البايريميدينية مع السكر الخماسي رايبوز او رايبوز منقوص الاوكسجين فعندما تتحد قاعدة الادنين (A) مع الرايبوز تتكون مادة الادينوسين بينما عند اتحاد الكوانين (G) مع الرايبوز فانه يعطي الكوانوسين وهكذا بالمثل عند اتحاد قواعد البايريميدين مثل الساييتوسين (C) واليوراسيل (U) اما النيوكليوسيدات المناظرة والتي تنتج من اتحاد قواعد البيورين او الياريميدين مع سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين فانها يطلق عليها مثلاً ادينوسين منقوص الاوكسجين.

Nucleotides

هـ- النيوكليوتيدات

النيوكليوتيدات ما هي الا استرات تتكون من خلال اتحاد النيوكليوسيدات (Nucleosides) مع حامض الفوسفوريك وفيها يرتبط الرايبوز منقوص الاوكسجين مع مجموعة الفوسفات عند ذرة الكربون رقم ٣ من السكر وينشأ عن ذلك تكوين النيوكليوتيدة وكل نيوكليوتيدة ترتبط مع نيوكليوتيدة اخرى بواسطة الاصرة الفوسفاتية ثنائية الاستر لتكوين شريط الحامض النووي شكل رقم (٣-٩).

Types of RNA

انواع الحامض النووي الرايبوزي

ان جزئ RNA يتكون من سلسلة مفردة من متعدد النيوكليوتيد Polynucleotide وتكون على هيئة خيط مفرد وملتف حول نفسه وهناك عدة انواع من الحامض النووي الرايبوزي RNA ويدخل في تركيبها القواعد النتروجينية الادنين (A) والكوانين (G) والسايروسين (C) واليوراسيل (U) كما في الشكل (٣-١٠) والشكل (٣-١١) وان هذه الانواع من الـ RNA تختلف عن بعضها في الترتيب النيوكليوتيدي والوزن الجزيئي وتختلف ايضاً في الوظيفة التي يؤديها ومن اهم هذه الانواع ما يلي:

١ - الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي Ribosomal RNA

يرمز له بالرمز rRNA ويمثل هذا النوع المكون الرئيسي للـ RNA الكلي في الخلية ويمثل نسبة ٨٠-٨٥% من RNA الكلي يوجد متحداً مع البروتين القاعدي في الرايبوسوم حيث يكون في صورة اجسام كروية تقريباً في اغلب الخلايا ويشكل نسبة ٥٠% من الرايبوسوم.

٢ - الحامض النووي الرايبوزي الناقل Transfer RNA

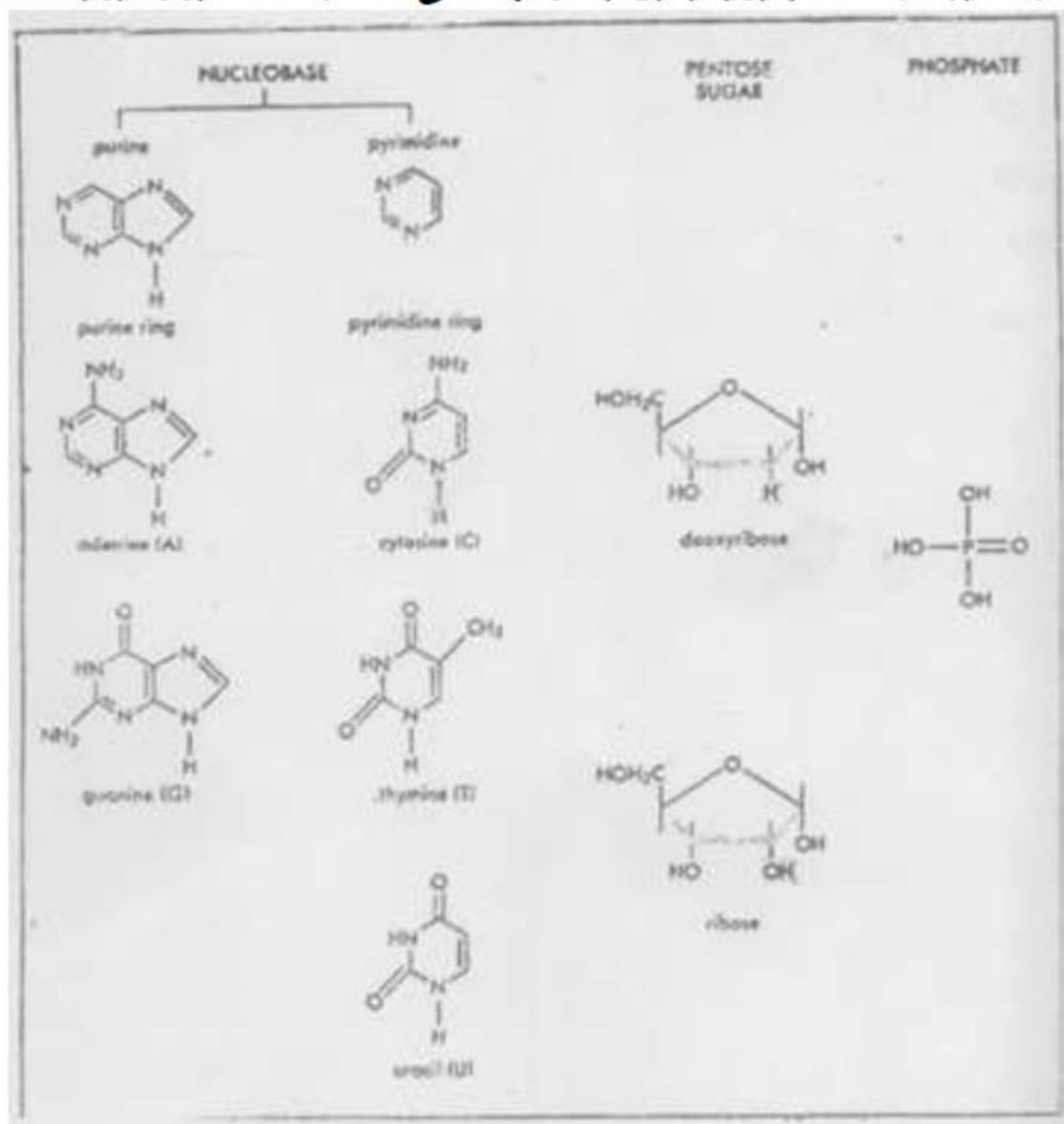
ويرمز له بالرمز tRNA ويقوم بنقل الاحماض الامينية المنشطة من الساييتوبلازم الى الرايبوسومات حيث تحدث عملية بناء البروتين ولذلك سمي الناقل ويكون وزنه الجزيئي

صغيراً ويختص كل tRNA بنقل حامض اميني من الاحماض التي تدخل في تخليق البروتين ويشكل tRNA حوالي ١٠-٢٠% من كمية RNA الكلية في الخلية وهو خليط من عدة انواع يتراوح الوزن الجزيئي لها من ٢٥-٣٠ الف دالتون أي ان الوزن يحتوي على ٥٧ نيوكليوتيدة.

٣ - الحامض النووي الرايبوزي المرسال Messenger RNA

ويرمز له بالرمز mRNA ويوجد اساساً في ساييتوبلازم الخلية والنواة ويمثل نسبة ضئيلة من الكمية الكلية لـ RNA ويتراوح الوزن الجزيئي له من ٣٠ الف الى عدة ملايين ويختلف الترتيب النيوكليوتيدي وعدد النيوكليوتيدات في جزيء mRNA باختلاف نوع البروتين المراد تخليقه ومن الناحية النظرية فان عدد النيوكليوتيدات في جزء mRNA لا يقل عن ثلاثة امثال عدد الاحماض الامينية في سلسلة متعدد الببتيد (البروتين) المراد تخليقه في الخلية. يعد mRNA حاملاً للشفرة الوراثية لذلك يكون وجوده في صورة خيطية مستقيمة حيث يرتبط مع عدد من الرايبوسومات التي تمثل مصنع بناء البروتين ويكون mRNA بوزن جزيئي كبير وهو المسؤول عن نقل الشفرات الوراثية من نواة الخلية الى الساييتوبلازم حيث تقوم الرايبوسومات بترجمة الشفرة الوراثية الى تسلسل من الاحماض الامينية.

ويتم تخليق الانواع الثلاثة السابقة من RNA في النواة من النيوكليوتيدات الحرة حيث يكون احد خيطي DNA بمثابة قالب (Templet) وتتجمع النيوكليوتيدات حسب خاصية الازدواج القاعدي بحيث يقابل الادنين قاعدة اليوراسيل ويقابل الكوانين قاعدة الساييتوسين



تركيب ووظيفة الجدار الخلوي وغشاء البلازما

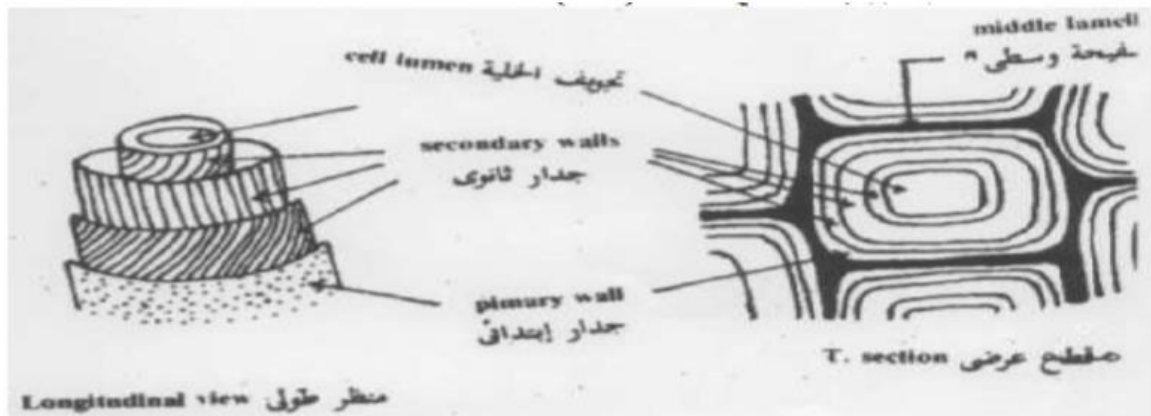
Structure and Function of Cell Wall and Plasma membrane

Plant Cell Wall جدار الخلية النباتية

تحاط خلايا افراد عالم النبات باغلفة او جدران غير حية والتي تحدد شكل الخلية حجمها وتركيب انسجتها وان سمك هذه الجدران يتباين بين خلية واخرى حيث يعد نظام تثخن هذا صفة مميزة للخلايا المختلفة فعلى سبيل المثال فان خلايا النسيج الحشوي Paranchym تكون لها جدران خلوية رقيقة في حين تكون اكثر سمكاً في الخلايا التي سيطر على توصيل ونقل الماء Water Conducting Cells في انسجة الجزء الخشبي لمظهر الخارجي لجدار الخلية.

جدار الاول Primary wall

وهو الجدار الموجود في الطبقة الخارجية للخلية ولا يكون الجدار الاول للخلية لاصقاً تماماً مع مثيله في الخلية المجاورة حيث توجد هناك صفيحة وسطى Middle Lamell تفصل فيما بينها كما في الشكل (١-٥).



شكل رقم (١-٥) رسم تخطيطي يبين جدار الخلية النباتية
أ- مقطع عرضي ب- منظر طولي

الجدار الثانوي Secondary wall

وهو جدار اضافي يوجد في خلايا متخصصة ويوازي السطح الداخلي للجدار الاول ويعزى له تثخن جدار الخلية النباتية في بعض الانسجة وعندما تتم عملية تكوين الصفيحة الوسطى والجدار الاول تبقى فتحات في جدار الصفيحة الوسطى تسمى بالحفر او النقر Pits وهذه النقر تسمح بمرور المواد بين الخلايا النباتية المتجاورة كما ويمكن ملاحظة مواد سايتوبلازمية او خيوط البلازمودزماتا Plasmodesmata تمر من خلال هذه النقر.

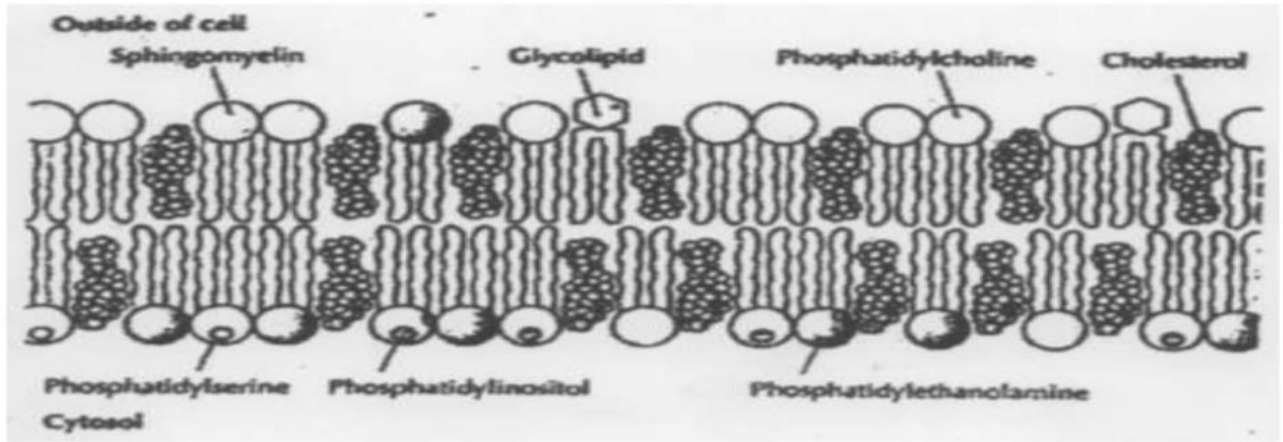
- ١ - يشكل جدار الخلية حاجزاً " فيزيائياً" يمنع اجتياح الفايروسات والبكتيريا المرضية و الابواغ الفطرية .
- ٢ - تعبر من خلاله الجزيئات التي تصل اوزانها الجزيئية الى ٦٠ % .
- ٣ - يمثل الهيكل التركيبي للخلية النباتية بسبب قوته وصلابته .
- ٤ - يمنع انتفاخ الخلية النباتية بعد ان تصل الى حجمها النهائي عند انتهاء الانقسام الخلوي بالرغم من وجود الضغط الاوزموزي والسبب في ذلك يعود الى حصول تغيير في ترتيب الالياف الدقيقة للسليولوز .
- ٥ - يوفر الحماية الميكانيكية للخلايا النباتية ضد الفطريات الممرضة .
- ٦ - تعمل السكريات المتعددة لجدران بعض الخلايا النباتية كمواد كاربوهيدراتية خازنة كجدران بذور نبات التمر هندي Tamarind .

الغشاء البلازمي Plasma membrane

يشكل الغشاء البلازمي حدود الخلية الذي يفصل المحتوى الداخلي للخلية عن محيطها الخارجي اذ ان جميع المواد الداخلة او الخارجة من الخلية يجب ان تمر عبر الغشاء البلازمي . وقد تمر المواد احياناً عبر الغشاء البلازمي عن طريق النقل السلبي passive transport ويسمى الغشاء البلازمي ايضاً بالغشاء الخلوي Cell membrane او يسمى كذلك الاكتوبلاست Ectoplast وهو غشاء نفاذ Permeable يعمل عمل غشاء نصف ناضج وفي نفس الوقت له القابلية الاختيارية للمواد الداخلة والخارجة من خلاله كما تساهم في حالات كثيرة جزيئات ناقلة موجودة ضمن الغشاء البلازمي في عملية نقل المواد عبر الغشاء وتتم هذه العملية بصرف كميات كبيرة من الطاقة الكيميائية. وبالنظر لكون الغشاء البلازمي رقيق جداً لذلك لا يمكن تمييزه بسهولة باستخدام المجهر الضوئي ويلاحظ في بعض الخلايا ان الغشاء البلازمي محاط بطبقات واقية اكثر سمكاً بحيث يمكن تمييزها بالمجهر فمثلاً معظم الخلايا النباتية تمتلك جداراً سليولوزياً سميكاً يغطي ويدعم الغشاء البلازمي والذي يطلق عليه اسم الجدار الخلوي Cell Wall اما خلايا الحيوانات فبعضها محاط بمواد قوية . ان للجدار الخلوي الوظائف المهمة للخلية غير انه لايلعب أي دور في عملية عبور المواد وانتقالها من وإلى الخلية.

التركيب الكيميائي Chemical structure

يتألف الغشاء البلازمي من البروتين Protein والدهن Lipid التي تكون مرتبة مع بعضها البعض بشكل طبقة رقيقة بواسطة اواصر غير تساهمية وتعتمد نسبة الدهن الى البروتين على نوع الغشاء الخلوي بالنسبة للغشاء البلازمي والعضيات الخلوية الاخرى وكما موضحة في الجدول رقم (5-2) كما ويؤثر نوع الكائن الحي فيما اذا كان حقيقي النواة او بدائي النواة على هذه النسبة كذلك يلاحظ وجود الكوليسترول ودهون سكرية Glycolipids وتختلف نسبة هذه الانواع من الدهون الغشائية باختلاف انواع الاغشية البلازمية وقد بينت نتائج الدراسات الحديثة على اغشية كريات الدم الحمراء ان هنالك تبايناً في توزيع هذه الانواع من الدهون وحتى الدهن الواحد على طبقتي الغشاء فمثلاً يوجد Choline Phospholipids والدهون السكرية على الطبقة الخارجية اكثر من وجودها على الطبقة الداخلية للغشاء المواجهة للسايتوبلازم والتي يكثر وجود Amino Phospholipids عليها وقد اقترح الباحثون ان هذا التباين يكون ثابتاً حيث لا يحدث تبديلاً (تبادل) بين طبقتي الدهن ويمكن ان يعزى ذلك الى ان المجاميع القطبية الكارهة للماء Hydrophobic لطبقة الدهن الثانية تتطلب طاقة عالية اذا ما ارادت الحركة خلال المركز.



شكل رقم (5-4) أهم المركبات الليبيدية للغشاء البلازمي

الدراسات المبكرة للغشاء البلازمي وموديلات الاغشية.

.Plasma membrane models

ان معرفة ترتيب المواد البروتينية الغشائية والمواد الدهنية الغشائية في بنية الغشاء البلازمي وعلاقة المواد هذه ببعضها جلبت اهتمام عدد كبير من الباحثين ولكن ما يؤسف له حقاً انه لا يمكن رؤية شكل توزيع الجزيئات (او ترتيبها) حتى في أعلى تكبيرات أفضل انواع المجاهر الالكترونية ولا توجد لحد الان أي طريقة مباشرة للقيام بدراسة من هذا النوع وان توفرت الان بعض المعلومات عن كيفية ترتيب جزيئات هذين النوعين من المواد في الغشاء البلازمي وهذه المعلومات ما هي الا استنتاجات لدراسات غير مباشرة. وفي خلال عام ١٩٠٢ افترض اوفرتون Overton بان الغشاء البلازمي يتألف من طبقة رقيقة من الدهن وقد استند في وضع فرضيته هذه بناءً على ما لاحظته في تجاربه التي اجراها على خلايا الشعيريات الجذرية النباتية حيث لاحظ سهولة انتقال مواد لها القابلية على الذوبان في الدهون عبر الغشاء البلازمي وافترض ايضاً ان الطبقة الدهنية هذه في اغلب الاحوال مزيج من الليسيثينات Lecithins ويسمى كذلك Phosphatidylcholines والكوليسترول Cholesterol وهذان النوعان من الدهون يعتبران في الوقت الحاضر الانواع الاساسية المكونة للدهون الغشائية.

وفي عام ١٩٢٦ تمكن كورتنر Gortner وكريندل Grendel من استخلاص الدهون من أغشية كريات الدم الحمراء لعدد من الحيوانات وقد بينا ان مجموع ما تم استخلاصه من مواد الدهنية من أغشية الكريات الدم الحمراء يكفي لتشكيل سطح سمكه جزئية واحدة مساحته ضعف مساحة سطح كرية حمراء ولقد افترضنا من ذلك الوقت ان الغشاء يتكون من بقعة ثنائية من جزيئات المادة الدهنية Lipid bilayer بحيث تترتب جزيئات هاتين الطبقتين صورة تكون فيها النهايات الكارهة للماء ((او غير القطبية)) متقابلة والنهايات المحبة او ليفة للماء بعيدة عن بعضها كما في الشكل (٥-٩). وفي عام ١٩٣٥ افترض دافسون H.Davoso ودانييلي J.Daniealli ان الغشاء البلازمي مكون من طبقة الدهن الثنائية حاطة بطبقة رقيقة من المادة البروتينية من الداخل والخارج. وقد سمي هذا الموديل باسميهما

قد فسر موديل وحدة الغشاء Model Membrane Unit على المستوى الجزيئي بالاعتماد لى موديل دافسون- دانييلي بالطبقة الوسطى لموديل وحدة الغشاء تقابل طبقة الدهن الثنائية موديل دافسون- دانييلي والطبقتان الخارجيتان المحيطتان بالطبقة الوسطى فتمثلان طبقتي بروتين المحيطة بطبقة الدهن الثنائية في موديل دافسون-دانييلي ونتيجة للاكتشافات الجديدة قد ظهرت عدد من الملاحظات والاراء التي تعارض موديل وحدة الغشاء ومنها:

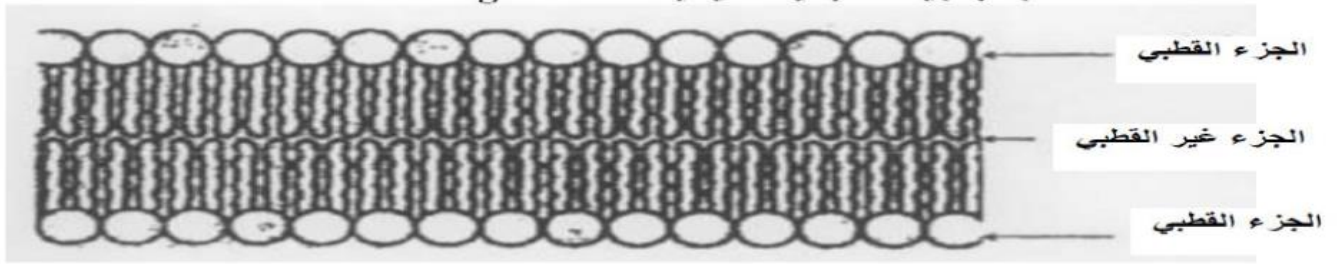
١ - عمومية هذا الموديل حيث من الصعب شموله لمختلف الاغشية الخلوية لاختلافها عن بعضها البعض وحتى لاختلاف اجزاء الغشاء البلازمي المكون للخلية الواحدة.

٢ - لا يوجد دليل قوي حول تطابق تركيب وحدة الغشاء الملاحظ بالمجهر الالكتروني مع ترتيب خاص بجزيئات البروتين والدهن الغشائية.

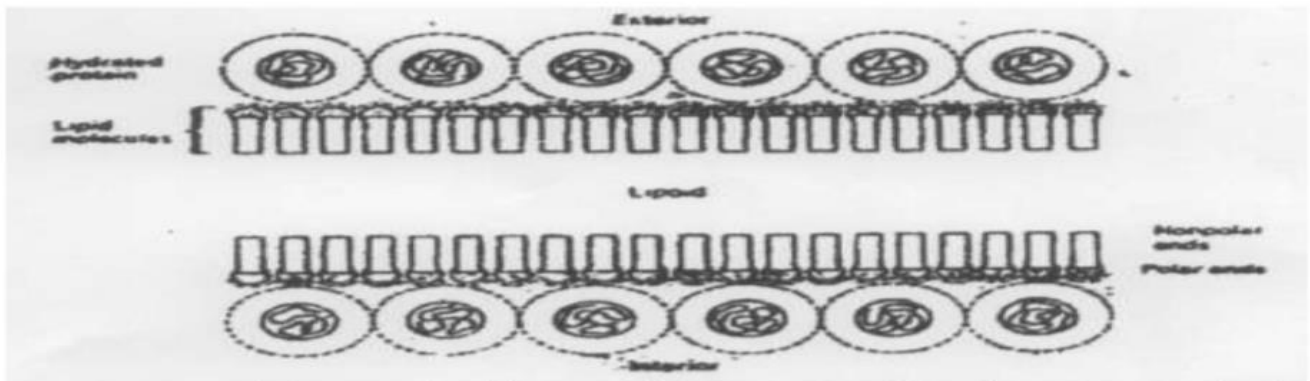
٣ - توفر ادلة حديثة تشير الى ان البروتينات والدهن الغشائية المكونة للغشاء البلازمي لا تبقى ثابتة بل تتغير عند اضافة البروتينات والدهون الى الغشاء او عند ازالتها منه او عند توزيعها على طول الغشاء حيث تتغير نسبة البروتينات والدهون المكونة للغشاء من وقت الى اخر بتغير الظروف ولقد اظهر عدد من المشتغلين في حقل المجاهر ان بعض الاغشية الحية وربما من ضمنها الاغشية البلازمية تمتلك تركيباً اكثر تعقيداً من تركيب وحدة الغشاء وقد فرض هؤلاء الباحثون بان الغشاء (او حتى جزء منه) عبارة عن سطح مرصوف بوحدات ثانوية Subunits صغيرة كروية او مضلعة الشكل بدلاً من ان تكون بصورة طبقة مستمرة وقد قام الباحث Green بنشر موديل مبني على هذا الاساس أي مبني على اساس التداخل بين البروتين والدهن في الاغشية وقد اطلق على هذا الموديل اسم موديل وحدة الغشاء Subunit Membrane model او موديل بلورات البروتين Protein

Crystal Model حيث يكون البروتين في هذا الموديل بصورة كتل منفصلة بين طبقة الدهن الثنائية وقد ادخلت احدى التغيرات على مفهوم الموديل السابق (موديل وحدة الغشاء) من قبل سينكر S.J.Singer ونيكلسون Nicolson في عام ١٩٧٢ الذي سمي بالموديل الموزائيكي السائل **Fluid Mosaic Model** كما في الشكل (١٢-٥) ويظهر هذا الموديل ترابطاً وثيقاً بين الدهن والبروتين كما في الموديل السابق ولكن بترتيب اقل صلابة واتحاداً (أي اكثر مرونة) فبدلاً من ان يكون البروتين مرتباً بصورة منفصلة فانه يطفو بصورة حرة في طبقة الدهن الثنائية يعتبر هذا الموديل اكثر قبولاً في الوقت الحاضر ومن مميزات هذا الموديل هو ان البروتينات البينية والدهون تكون:

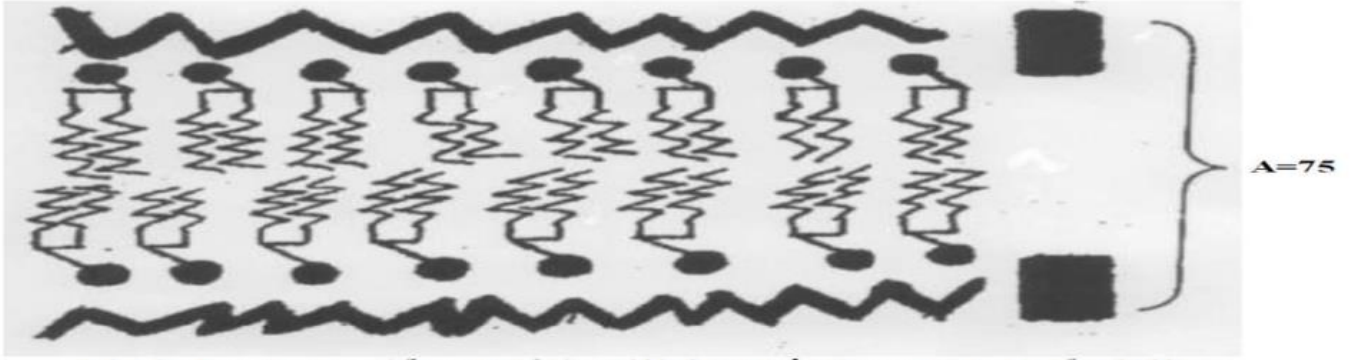
- ١- مرتبة بترتيب يشبه الموزائيك (المبرقش).
- ٢- قادره على انجاز حركات النقل في كل مساحة طبقة الدهن الثنائية وهذا ما يسمى بالسيولة **Fluidity** التي لها علاقة مع قابلية انتقال مكونات الغشاء من الدهون المفسفرة مما يؤيد موديل الموزائيكي السائل في صورة المجهر الالكتروني لاغشية محضرة بطريقة التجميد الكليشية **Freeze Etching method**.



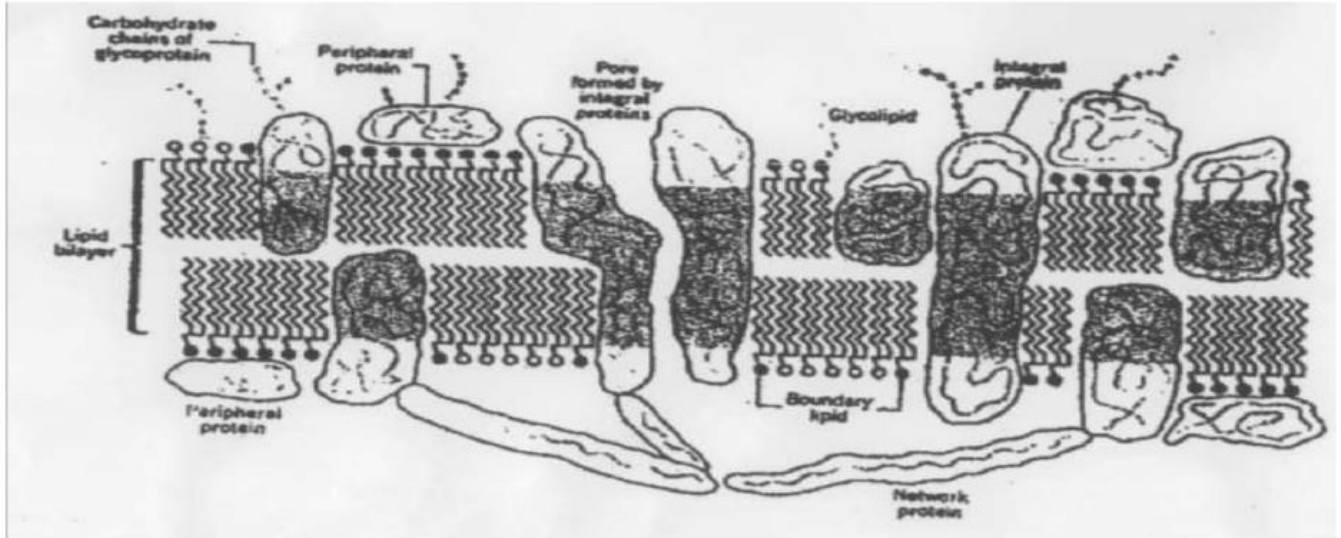
الشكل رقم (٩-٥) نموذج الغشاء البلازمي المقترح من قبل جورتروكريندال ١٩٢٦



الشكل رقم (١٠-٥) نموذج الغشاء البلازمي المقترح من قبل دافسون ودانييلي عام ١٩٣٥



الشكل رقم (١١-٥) يبين نموذج وحدة الغشاء المقترح من قبل روبرتسون عام ١٩٥٩



الشكل رقم (١٢-٥) يبين نموذج الغشاء المبرقش (الموزائيكي) السائل المقترح من قبل سكر ونيكلسون عام ١٩٧٢

النشاط الوظيفي لغشاء البلازما

Functional Activity of Plasma Membrane

يعمل غشاء الخلية على تنظيم مجرى المواد الى داخل وخارج الخلية ويعتمد هذا التنظيم على نفاذية الغشاء وان هذا الغشاء يسمح بحركة الاجسام الصغيرة خاصة، لذا نرى ان الماء يمر بسهولة الى داخل وخارج الخلية بينما لا يسمح بمرور جزيئات كبيرة من خلاله ومع ذلك يلاحظ ان بعض الجزيئات الكبيرة لها القابلية على اختراق الغشاء في وقت محدد من عمر الخلية. وعلى هذا الاساس فانه يمكن وصف غشاء البلازما بانه ذلك الغشاء الذي يختار الاجسام لتمر خلاله. ويكون غير ثابت من الناحية النفاذية ومن الجزيئات التي يكون لها وزن جزيئي عال وتدخل الخلية من خلال غشاء البلازما هي الرايبونوكليز Ribonuclease (الوزن الجزيئي ١٣٠٠٠) والبروتامين والهستونات (الوزن الجزيئي بين ٢٠٠٠-١٠٠٠٠) وهناك عدة طرق يعبر بواسطتها الماء والمواد الاخرى الحواجز الغشائية وهي:-

اولاً: النقل عن طريق تكوين الحويصلات

لأغشية بعض الخلايا القدرة على احاطة بعض المواد وتكوين حويصلات غشائية اذ عن طريقها يتم ادخال واخراج هذه المواد من والى الخلية.

Endocytosis

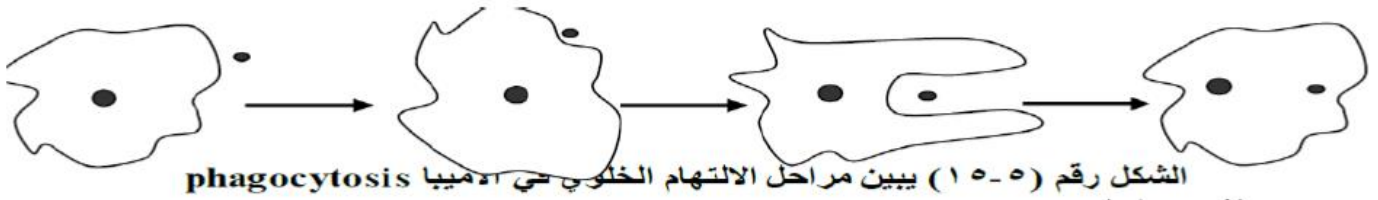
١ - الادخال الخلوي

يتم اخذ الاجسام الى داخل الخلية عن طريق غشاء البلازما بعدة بطرق منها:

Phagocytosis

أ- الالتهام الخلوي (او البلعمة)

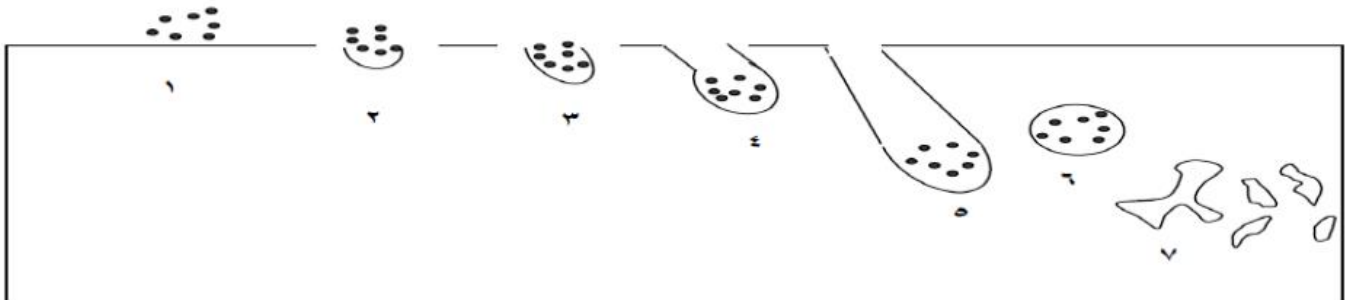
يمثل الالتهام الخلوي هضم الاجسام الصلبة من الخلية بواسطة الفعالية الطبيعية لغشاء البلازما. هذه الظاهرة يمكن ملاحظتها في الاميبا حيث تعمل على مد اقدام كاذبة حول الدقائق المطلوب هضمها ثم تحتوي هذه الدقائق في داخل الخلية الشكل (٥-١٥) وتتكون فجوة كبيرة نسبياً تنطلق الى داخل الخلية وان عمل بعض خلايا الدم البيضاء يكون مشابهاً لعمل الاميبا والتي تساعد الجسم في الوقوف ضد المواد الغريبة اذ ان كريات الدم البيضاء Leucocytes لها القابلية لهضم البكتيريا بواسطة الاكياس الملتهمة وكذلك فضلات الخلية واجسام كبيرة اخرى.



Pinocytosis

ب- الشرب الخلوي

يمثل الشرب الخلوي احتواء المواد السائلة الى داخل الخلية بطريقة تشبه البلعمة وقد يدخل البروتين بهذه الطريقة ايضاً حيث تمتز المواد Adsorbed عند سطح البلازما ثم يحدث لف داخلي Infolding للغشاء ناتجاً في تكوين كيس يحتوي على الدقائق المطلوب هضمها وبعدها فان هذه المواد تتحرر بطريقة ما من الكيس الى داخل الخلية وان الغشاء الذي كان محيطاً للدقيقة قد يصبح جزءاً من الشبكة الاندوبلازمية ويمكن تلخيص العملية وذلك بتكوين اصابع غشائية خارجية تنحني بعدها الى الخلف لتلتحم في النهاية بغشاء الخلية ومرة ثانية مكونة بذلك فجوة غذائية تحتوي بداخلها على المادة الغذائية كما في الشكل (٥-١٦).



ج- اللقف الخلوي Rhopheocytosis

وهذه الآلية في الادخال الخلوي خاصة لنقل كمية كبيرة من المواد مثل الساييتوبلازم مع محتوياته من خلية الى خلية أخرى حيث تتضمن العملية تكوين فجوات في سطح الخلية دون وجود تقديرات سابقة في السطح حيث تظهر الخلية في هذه العملية كأنها تشفط المواد المحيطة

٢ - الافراز الخلوي Exocytosis

ويمكن تقسيم هذه العملية الى عدة اقسام هي :-

أ - الافراز الكلي Holocrine Secretion

ويتضمن هذا الافراز ملء الخلية بالناتج الافرازي ثم تحرر الخلية برمتها كجسم افرازي وبعدها تضمحل الخلية محررة محتوياتها وتمثل الغدد الدهنية لجلد اللبائن انموذجاً لهذا النوع من الافراز.

ب - الافراز الجزئي Eccrine Secretion

وهو عكس الافراز الكلي اذ تبدأ العملية ببناء البروتينات السكرية بواسطة الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (المحببة) Granular Endoplasmic Reticulum ثم ترزم بهيئة اجسام محددة باغشية ثم تحرر محتوياتها داخل تجويف بواسطة التحام الغشاء الموجود حول الجسم بالغشاء الخلوي وتنتج عن هذه العملية انخفاضات مؤقتة تنشأ عند سطح الخلية وفي حالة الافراز الشديد ينشأ خيط من فجوات مرتبطة مع بعضها البعض وبواسطة هذه الوسائل ينبذ الافراز الى الخارج ومن الامثلة لهذا النوع كثير من الغدد ذات الافراز الخارجي والداخلي كالبنكرياس والخلايا الامامية للغدة النخامية والخلايا الدرقية. وان التحام غشاء الجسم الافرازي بالغشاء البلازمي يؤدي الى ان يصبح غشاء الجسم الافرازي جزءاً من الغشاء البلازمي.

ثانياً - الانتشار الحر Free Diffusion

تتحرك الكثير من المواد من خلال الاغشية باسلوب الانتشار الحر، كما تشير الدراسات حيث تتناسب نسبة هذا الانتشار طردياً مع نسبة ذوبان تلك المواد في اللبيد الشكل (٥-١٨). يستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان جزيئاته تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وسرعة حيث اقترح بان الاغشية تحتوي على ثقبوب (٨-١٠) انكستروما" تبطن بجزيئات محبة للماء حيث تكون هذه الفتحات ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء في حين تلاقي جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها.

ثالثاً- الانتشار الميسر واليات النقل

Facilitated Diffusion and Carrier Mechanisms

ان المتأیضات الاساسية التي لا تذوب بالليد (كالكسريات والاحماض الامينية) تدخل الخلية او عضياتها خلال عمليات تتطلب ارتباطات معكوسة مع بروتينات الغشاء وتتم هذه العملية وذلك من خلال تراكيب تسمى النواقل Carriers: والتي هي عبارة عن بروتينات في طبيعتها حيث تكون جزءاً من تركيب الغشاء وتعد متخصصة ولقد افترض وجود موقع ارتباط خاص في كل ناقل والذي يكون مسؤولاً عن ربط نوع معين من الجزيئات فبعد ان تنقل الجزيئة المرتبطة بالناقل الى الجانب الثاني من الغشاء فان الناقل يتحرر وقد يعيد الكرة ليساعد جزيئات اخرى على العبور. ان الذوبان النسبي للايضاات في الليد غير معنوي ولذا فان تفاعلها يكون مع البروتين وليس مع جزيئات الليد الموجودة في الغشاء ان قسم من هذه النواقل يدعى بالـ Permeases وذلك نظراً لتشابهها مع الانزيمات في بعض الصفات وبصورة خاصة ان Permeases تعجل النقل وتمنح الخصوصية الاختيارية للنقل او المرور وتكون هذه الخواص متشابهة مع الانزيم ولكن الـ Permeases والنواقل الاخرى تختلف في جانب مهم جداً عن الانزيمات فالـ Permeases قد تغير نقطة التعادل للتفاعل الكيميائي وفي بعض الوقت الى حد كبير بينما الانزيمات تغير فقط النسبة التي عندها يصل التعادل ولكن لا تغير نقطة التعادل نفسها. تساعد الـ Permeases الجزيئات على عبور الغشاء بطريقتين:

- ١ - من التركيز العالي الى التركيز الواطئ بالنسبة للمواد الايضية أي مع انحدار التركيز.
- ٢ - ضد انحدار التركيز وهنا يتطلب وجود ناقلين يساعدان على موازنة او تنظيم اليات النقل.

أ- الاول الذي يساعد في عملية النقل الفعال الذي يحتاج طاقة بعكس الانحدار التدريجي.

ب- والناقل الثاني يساعد الانتشار الميسر.

وبالنظر لكون الجزيئات لا تستطيع اختراق الاغشية الناضحة اختيارياً بحركة الانتشار الحر فان الجزيئات تعبر بالانتشار الميسر. اما في النقل الفعال فتستطيع المادة بالاستمرار بالتجمع في المناطق التي توجد فيها عادة بتركيز عال فقط اذا ما جهز جهاز النقل بالطاقة وباستمرار توجد هنا دلائل بان عمليات تنظيم النقل في الاغشية بواسطة Permeases تعتمد على كمية بروتين الناقل وانواع النواقل المنتجة ومعدل فاعلية الناقل وفي هذه الحالة فان تنظيم النقل يشبه تنظيم العمليات الايضية بواسطة الانزيمات.

رابعاً- النقل الفعال والضحخ الايوني

Active Transport and Ion Pump

تعتمد الخلايا في الاقل ثلاثة طرائق لتجميع المواد بكميات اكثر من الكميات المتوقعة وهذه الطرائق هي:-

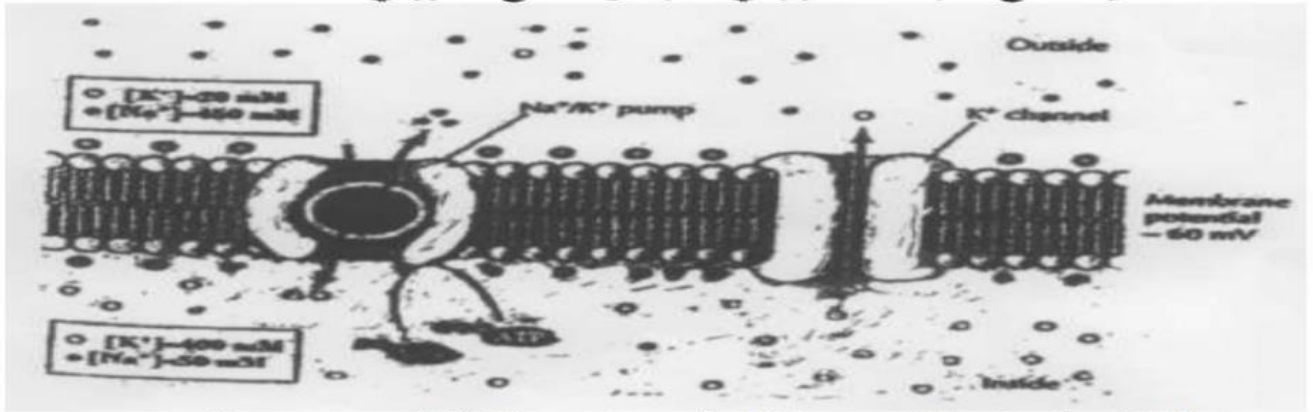
- ١ - طريقة ترسيب المواد من المحلول عندما تكون المواد في داخل الخلية حيث تختزل بفاعلية تركيز المذاب في الماء.
- ٢ - طريقة تغيير الجزيئة كيميائياً بعد ان تدخل الخلية حيث يحدث تغير في تركيز الجزيئة المعينة المطلوب في الانحدار التركيزي.
- ٣ - طريقة نقل المتأيضات **metabolites** التي يمكن ان تزود مباشرة بتفاعل ثان وان فرق الطاقة يستخدم لتسيير تفاعل النقل بعكس الانحدار التركيزي. ان النقل الفعال يقود الى التجمع المستمر للمواد في المنطقة التي يحدث بها تركيز عال لهذه المواد. احد الافكار الموحدة التي بدأت تتبلور في السنوات الاخيره توضح عملية النقل الفعال على اساس عمل المضخة **Pumping actions** حيث يجهر الضخ الفعال لاحدي

المواد خارج الخلية القوة المسيرة للنقل الفعال للمواد الاخرى الى الداخل. ان عملية الضخ تكون اقتصادية او عملية كما انه تكون نظاماً بسيطاً ولهذا فان حركة المواد الى الخارج لنوع واحد من المواد تساعد في حركة كثير من انواع المواد الى الداخل وان المواد المذابة التي تضخ الى داخل الخلية هي ايونات البوتاسيوم والسكريات والاحماض الامينية. ان القوة الدافعة (الحركة) للنقل الى الداخل يعتقد انها التدرج لايون الصوديوم Na^+ عبر الغشاء الخلوي وهذه القوة تخلق بواسطة النقل الفعال لايون الصوديوم الذي يضخ خارج الخلية ان التركيز الخارجي لايون الصوديوم Na^+ يبقى عالياً والتركيز الايوني في الداخل يبقى واطناً كلما استمر ايون الصوديوم بالانتقال خارج الخلية. ان الطاقة المطلوبة لضخ ايونات الصوديوم خارج الخلية تجهز بواسطة **ATP** والتي تحلل بواسطة انزيم **adenosine triphosphatase** المحفز بأيون المغنسيوم ويعتقد ان هذا الانزيم يقع في الغشاء الخلوي. ان هذا الضخ يعمل في الخلايا الحيوانية غير انه غير موجود في الخلايا النباتية او البكتيريا حيث ان كلا النوعين من الخلايا لا يحتاجان الى ايونات الصوديوم للقيام بالفعاليات الايضية. ان ضخ ايون الهيدروجين يكون فعالاً في الخلايا البكتيرية اما عملية الضخ في الخلايا

النباتية فهي ليست مفهومة بشكل كامل لحد الان. وهناك نوعان مميزان من ضخ ايون الصوديوم Na^+ خاصان بالخلايا الحيوانية.

١ - فالنوع الاول يبين ان ضخ ايون الصوديوم الى الخارج مرتبط بقوة مع انتقال ايونات البوتاسيوم K^+ الى الداخل وهكذا فان ايون الصوديوم وايون البوتاسيوم تتبادل بطريقة اجبارية **Compulsory Way** ويدعى هذا النوع من ضخ ايون الصوديوم بالضخ المتبادل للصوديوم و البوتاسيوم او الضخ المتعادل المزدوج **Sodium Pottasium Exchange Pump or the Coupled neutral Pump** كما في الشكل (١٩-٥).

٢ - اما النوع الثاني فان دخول ايونات البوتاسيوم K^+ لا يشترط خروج ايونات الصوديوم Na^+ في عملية ضخ الصوديوم المولدة للالكترونات والذي يسمى بضخ التولد الالكتروني **Electrogenic Sodium Pump** الشكل رقم (٢٠-٥) وذلك بسبب انحدار الجهد الكيميائي الكهربائي عندما لا يعوض خروج ايون الصوديوم بنسبة ١:١ من دخول ايون البوتاسيوم في اغلب الخلايا ويحصل نتيجة ذلك تجمع من K^+ الذي يعوض النقص في Na^+ (او H^+ في البكتريا) وهو واحد من الادلة العملية لضخ التولد الالكتروني اكثر من الضخ الطبيعي.



الشكل رقم (١٩-٥) رسم تخطيطي يوضح مضخة الصوديوم بوتاسيوم

٣ - وتجري داخل الخلية عمليتان حيويتان تتطلبان تركيزاً عالياً من ايون البوتاسيوم الاولى عملية تخليق البروتين في الرايبوسومات والثانية هي احدى الخطوات الانزيمية المهمة خلال عملية تحلل الكلوكوز وغالباً ما يتوازن التركيز الداخلي

العالي من ايون البوتاسيوم بفقدان بعض الايونات الموجبة مثل الصوديوم او الهيدروجين او ان تكون هنالك زيادة في الابتلاع التي سوف تسبب انفجار الخلية وذلك باحداث حالة من الضغط الازموزي الداخلي العالي والنقل الفعال للامحاض الامينية الى داخل الخلايا هو نتيجة اخرى لفعل الضخ الايوني للصوديوم ان خروج الصوديوم من الخلية يولد جهداً داخلياً واطناً وخارجياً عالياً لتركيز الصوديوم. والطاقة اللازمة لهذا الجهد يعتقد انها تدعم القوة الدافعة لانتقال الاحماض الامينية الى الخلية في اتجاه ضد التركيز مؤدية الى تجمع هذه المركبات الضرورية اما جهد الصوديوم نفسه فيكون على حساب الـ ATP. وهناك أنظمة بروتينية انزيمية متخصصة تساعد الاحماض الامينية من عبور الغشاء الخلوي في خطوات النقل الفعال

Controlling mechanism of plasma membrane permability

تحصل الخلية على المواد التي تحتاجها لغرض القيام بالعمليات الحيوية من المحيط الخارجي. حيث تدخل المواد الخلية بالطرائق التي اشرنا اليها في هذا الفصل وتتخلص من المواد التي لا تحتاجها او الضارة وغير النافعة بطرائق الاخراج الخلوي.

ان دخول المواد وخروجها من والى الخلية يتم بفعل الاستجابة لعدد من العوامل عن طريق المستقبلات Receptors الموجودة على السطح الخارجي للغشاء البلازمي فضلاً عن ان بعض العوامل المؤثرة تدخل الى الخلية مباشرة عن طريق الانتشار Diffusion مثل الستيرويدات Steroids وان العوامل المحفزة تأتي من ثلاثة مصادر رئيسة هي الوسط (المحيط) الذي توجد فيه الخلية والخلايا المجاورة عن طريق الاتصالات بين الخلايا والمصدر الاخير هو الحشوة. وما يتعلق بالمصدرين الاول والثاني فان المعلومات تنتقل خلال الغشاء البلازمي الى داخل الخلية ثم الى النواة (مركز القيادة والسيطرة في الخلية)، فالغشاء يحوي المستقبلات على سطحه الخارجي والتي تتعرف على المادة المحفزة ويقوم الغشاء بنقلها الى الساييتوبلازم حيث توجد على السطح الداخلي للغشاء مؤثرات خاصة والتي ترسل الاشارة خلال الساييتوبلازم وهذه الاشارات تحفز الخلية على الاستجابة فمثلاً تعمل على تغيير نفاذية الغشاء بالنسبة لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم او ان تكون الاستجابة في التحفيز على زيادة التعبير الجيني Gene expression لانتاج بروتينات معينة او ايقاف انتاجها وقد يكون التحفيز عن طريق احداث التغيير في نشاط بعض الانزيمات او في تنشيط تضاعف المادة الوراثية خلال دورة الخلية cell cycle.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum

تعرف الشبكة الاندوبلازمية بانها شبكة ثنائية الجدار موجودة في الساييتوبلازم ومنتشرة بصورة كبيرة وتعد الشبكة الاندوبلازمية جهازاً معقداً بحد ذاته اذ يتكون من فجوات منقسمة بدقة وهذه الشبكة ممتدة من الغلاف النووي الى الغشاء البلازمي. تعد الشبكة الاندوبلازمية المكون الاساسي (الرئيسي) للنظام الغشائي الداخلي Endomembrane system والذي

يعرف كذلك بالنظام الفجوي الساييتوبلازمي cytoplasmic vacuoles system او الشبكة الفجوية الساييتوبلازمية cytoplasmic vacuoles net حيث يتألف هذا النظام من المكونات التالية كما في الشكل رقم (٦-١):-

١- الغلاف النووي Nuclear envelope.

٢- معقد كولجي Golgi complex.

٣- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum.

لقد اشتق اسم الشبكة الاندوبلازمية من الحقيقة الاتية وهي ان النظر بواسطة المجهر الضوئي يظهر وكأن هناك شبكة داخل الساييتوبلازم وقد اطلق هذا الاسم الباحث Porter عام ١٩٥٣. يوجد تنوع كبير جداً في الشكل والتركيب الدقيق للشبكة الاندوبلازمية وذلك يعتمد على نوع الخلية ووظيفتها بالإضافة الى تخصصها وفضلاً عن ذلك ان التركيب الدقيق لهذا النظام يبدو على جانب كبير من التبدل والتغير حتى جعل ذلك بعض الباحثين في فترات قبل استخدام المجهر الالكتروني يعتقدون بانها تخيلات تأتي نتيجة التثبيت وتقنيات التحضير الاخرى، الا ان دراسة الخلية تحت المجهر الالكتروني قد دحر فكرة التراكيب التخيلية واثبت وجود الشبكة الاندوبلازمية في ساييتوبلازم الخلية. ان الشبكة الاندوبلازمية قد وجدت في جميع انواع الخلايا التي درست باستثناء خلايا الدم الحمراء البالغة للبانن. تكون الشبكة الاندوبلازمية مظهرياً بثلاثة اشكال هي:

١- الشكل الصفائحي (Cisternae) lamellar form

وهي اكياس مسطحة طويلة تشبه الانابيب غير المتفرعة قطرها حوالي (٤٠ - ٥٠) مايكروميتر وتكون مرتبة بشكل حزم متوازية او على شكل اكداس stacks وتوجد الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER عادةً بهذا الشكل والتي تقع في الخلايا التي لها دور بنائي مثل خلايا البنكرياس والحبل الظهري والدماغ.

٢- الشكل الحويصلي Vesicular form

حيث تكون الحويصلات بيضوية او بشكل تركيب فجوي محدد بغشاء قطرها حوالي (٢٥ - ٥٠٠) مايكروميتر والتي تبقى منفصلة في الساييتوبلازم ويقع هذا الشكل في اغلب الخلايا الا انه موجودة بغزارة في الشبكة الاندوبلازمية الناعمة SER.

٣- الشكل الانبوبي Tubular form

وهي تراكيب متفرعة تكون بالاشتراك مع الحويصلات والاكياس المسطحة الجهاز الشبكي في الخلية وقطرها حوالي (٥٠ - ١٩٠) مايكروميتر وهي تشاهد في جميع الخلايا ولكنها غالباً ما تكون موجودة في SER ويكون هذا الشكل حركياً Dynamic حيث يشترك مثلاً مع حركة الاغشية او في انفصال او التحام الاغشية للنظام الفجوي الساييتوبلازمي، ويمكن ملاحظة هذه الاشكال في الشكل رقم (٦-٢).



الشكل رقم (٦-٢) يبين مكونات الشبكة الاندوبلازمية

انواع الشبكة الاندوبلازمية Types of endoplasmic reticulum

يمكن تقسيم الشبكة الاندوبلازمية الى نوعين هما:

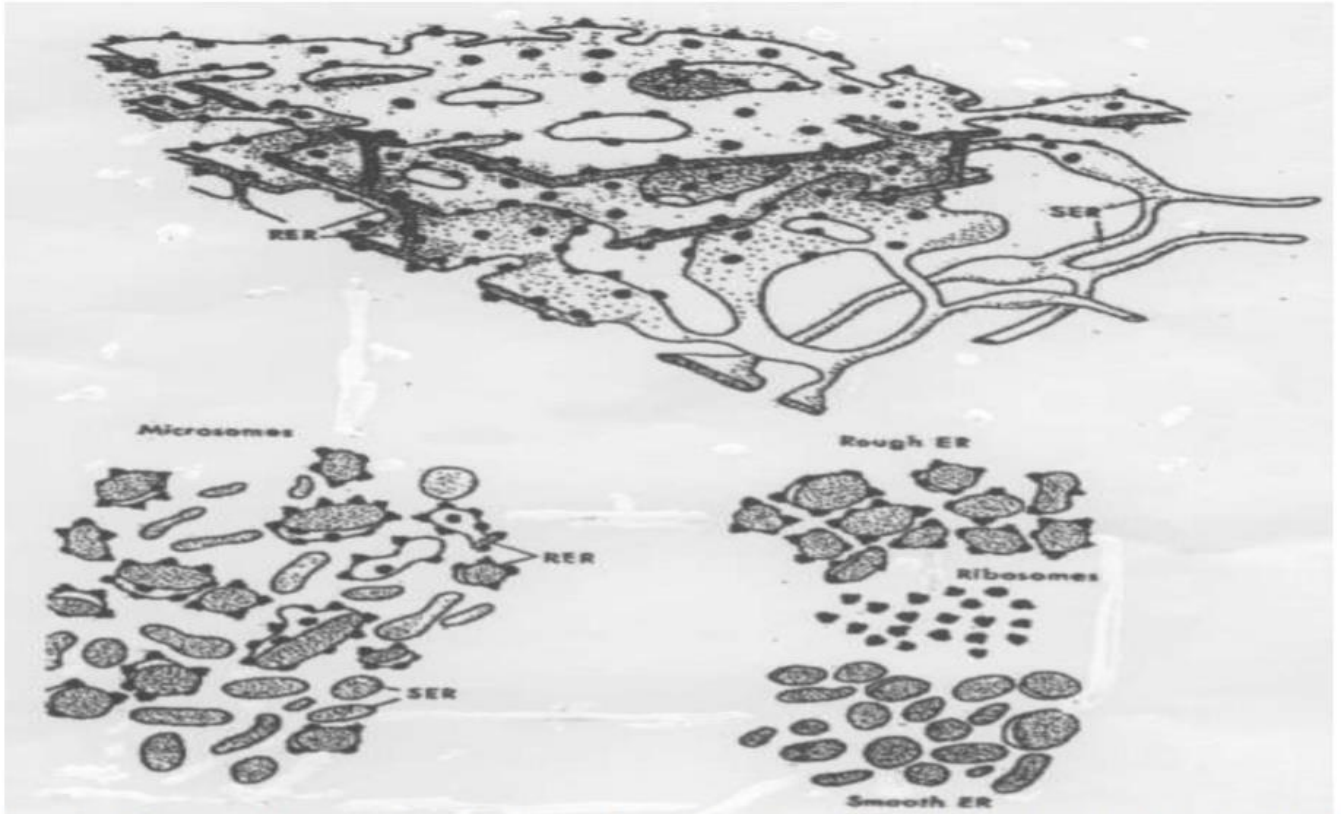
١- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة: Rough endoplasmic reticulum

وتسمى بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة أو المحببة (Granular) الشكل رقم (٦-٣) نتيجة لكون سطحها الخارجي مرصع بحبيبات من الرايبوسومات (او حبيبات بالاد نسبة الى مكتشفها Palade سنة ١٩٥٥) والرايبوسومات تعرف بانها عبارة عن دقائق يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني حيث تتألف من ٦٠% من البروتين و ٤٠% من الحامض النووي الرايبوزي RNA ويتراوح حجم الرايبوسومات بين ١٠٠-١٥٠ انكستروما" ويتكون الرايبوسوم من وحدتين فرعيتين Subunits احدها وحدة فرعية حجمها كبيراً وتدعى الوحدة الكبيرة Large subunit والاخرى صغيرة تدعى الوحدة الصغيرة small subunit وتكون الرايبوسومات مرتبطة بخيط او ظفيرة Strand او جزيئة واحدة من RNA المراسل mRNA ومكونة سلسلة شبيهة بالخرز المتصل بالخيط وتسمى هذه الحالة الرايبوسومات المتعددة Polysomes وان اهمية هذا الرايبوسوم المرتبط بالشبكة الاندوبلازمية انها تسهم في عملية بناء البروتين Protein Synthesis. تصطبغ الشبكة الاندوبلازمية الخشنة بالصبغات القاعدية وان السبب في ذلك يعود الى وجود RNA في الرايبوسومات.

٢- الشبكة الاندوبلازمية الملساء او غير المحببة

Agrnular or smooth endoplasmic reticulum

وهي الشبكة التي يفتقر سطحها الخارجي الى حبيبات الرايبوسوم وبذلك تظهر سطوحها ملساء او غير محببة الشكل رقم (٦-٤) وتكثر عناصر السطح الملس في المادة الاولى لبعض الخلايا مثل الخلايا البيضاء الناضجة والسبيرماتوسايت Spermatocyte والخلايا



الشكل رقم (٦-٦) يبين التركيب ثلاثي الابعاد Three-dimensional structure للشبكة

الكلايكوسوم Glycosomes

على الرغم من ان الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER تكون نظاماً مستمراً مع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER فهناك اختلافات شكلية بينهما فعلى سبيل المثال في خلايا الكبد والتي تحتوي الشكل الانبوبي Tubular form والمنتشر في اجزاء كبيرة من الارضية السائتوبلازمية وهي النبيبات الدقيقة موجودة في مناطق غنية بالكلايكوجين ويمكن ملاحظتها كجسيمات كثيفة تعرف بالكلايكوسوم Glycosomes موجودة في الارضية السائتوبلازمية واقطارها تتراوح بين (٥٠-٢٠٠) نانومتراً حيث تحتوي على الكلايكوجين وانزيمات تتحكم في تخليق الكلايكوجين، وهناك العديد من الكلايكوسومات تلاحظ ملتصقة بأغشية الشبكة الاندوبلازمية الملساء حيث شوهدت بواسطة المجهر الالكتروني EM في خلايا الكبد.

Enzymatic content of E.R. انزيمات الشبكة الاندوبلازمية

لقد وجد ان اغشية الشبكة الاندوبلازمية تحتوي عدة انواع من الانزيمات الضرورية للعديد من الفعاليات التخليقية المهمة واهمها:

- 1-Cytochrome-b3[involved in synthesis of unsaturated fatty acids]
- 2- NADH-cytochrome-b3-reductase.
- 3-NADP-cytochrome-C-reductase.
- 4-Cytochrome-P-450.
- 5-ATP ase.
- 6-5-nucleotidase.
- 7-Nucleoside Pyrophosphate.

- 8-GDP-mannosyl transferase.
- 9- Nucleoside diphosphatase.
- 10-Glucose-6-phosphatase.
- 11-Acetanilide-hydrolysing esterase.
- 12- β -glucoronidase.

وظائف الشبكة الاندوبلازمية

Functions of endoplasmic reticulum

- ١ - الاسناد الميكانيكي: يقسم الساييتوبلازم الى غرف او مخادع بواسطة الشبكة الاندوبلازمية ويعتقد بانه يعمل كسند اضافي للحالة الغروية للساييتوبلازم.
- ٢ - التبادل: يزود السطح الداخلي الواسع جداً من قبل الشبكة الاندوبلازمية حوالي ١١ م^٢ /مل في خلايا الكبد ويلعب دوراً مهماً في التبادل بين ارضية الساييتوبلازم والمخدع الداخلي للشبكة ويعتقد ان هناك ضغط اوزموزي داخل الشبكة او خاص بها وهو سبب انكماش او انفجار المايكروسومات عند عزلها ووضعها في محلول عالي التركيز Hypertonic او واطى التركيز Hypotonic ويعتقد بان غشاء الشبكة الاندوبلازمية مثل الغشاء البلازمي ويشترك في النقل الفعال او الانتشار الميسرعن طريق انظمة Permeases.
- ٣ - خزن المواد المفزة او المصدرة: لا يوجد هناك شك بان تخليق او بناء البروتين هو وظيفة الرايبوسومات الملتصقة بالشبكة الاندوبلازمية وعند اكتمال تكوينها تطلق في

- ٤ - ازالة السموم: يعتقد ان خلايا الكبد وعند تعرض الجسم لمواد سامة فان ذلك يؤدي الى زيادة الشبكة الاندوبلازمية داخل الخلايا وخاصة الشبكة الاندوبلازمية الملساء منها بالاضافة الى تحفيزها لعمل الانزيم المعادل للسمية الموجود في الكبد لازالة التأثير السام.
- ٥ - توصيل الحوافز: ويعتقد ان الشبكة الاندوبلازمية في الخلايا العضلية والتي تسمى Sarcoplasmic Reticulum تعمل على نقل الحوافز من غشاء الخلية العضلية وايصالها الى الالياف في الداخل. كما تعمل على اعادة ايونات الكالسيوم عند توقف الحوافز ولها دوراً مهماً في تحرير ايونات الكالسيوم عند تحفيز العضلة.
- ٦ - ان احتواء اغشية الشبكة الاندوبلازمية للعديد من الانزيمات ذات الانشطة الايضية والتخليقية يعني انها توفر سطوح واسعة للتفاعلات الانزيمية.
- ٧ - تعمل اغشية الشبكة الاندوبلازمية على تكوين الغلاف النووي الجديد بعد كل انقسام.
- ٨ - تعمل الشبكة الاندوبلازمية الملساء على تخليق الدهون مثل الدهون المفسفرة والكوليسترول والبروتينات الدهنية.

لقد بينت اغلب الدراسات عن منشأ الشبكة الاندوبلازمية امكانية تكونها من جدار النواة فمن جملة الدراسات التي قام بها كاي Gay عام ١٩٥٦ وقد لاحظ وجود فقاعات bleds تتكون من جدار النواة متجهة نحو الساييتوبلازم وبانفصالها عن جدار النواة تتحول الى اغشية شبيهة بالاكياس المسطحة وقد اشار الباحثان Seikevitz و Palade عام ١٩٦٠ الى ان الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER تتكون اولاً من الغلاف النووي وبعدها تتكون الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER اما الاحتمال الاخر فيعزى الى نوع من التضاعف الذي يحصل للشبكة الاندوبلازمية.

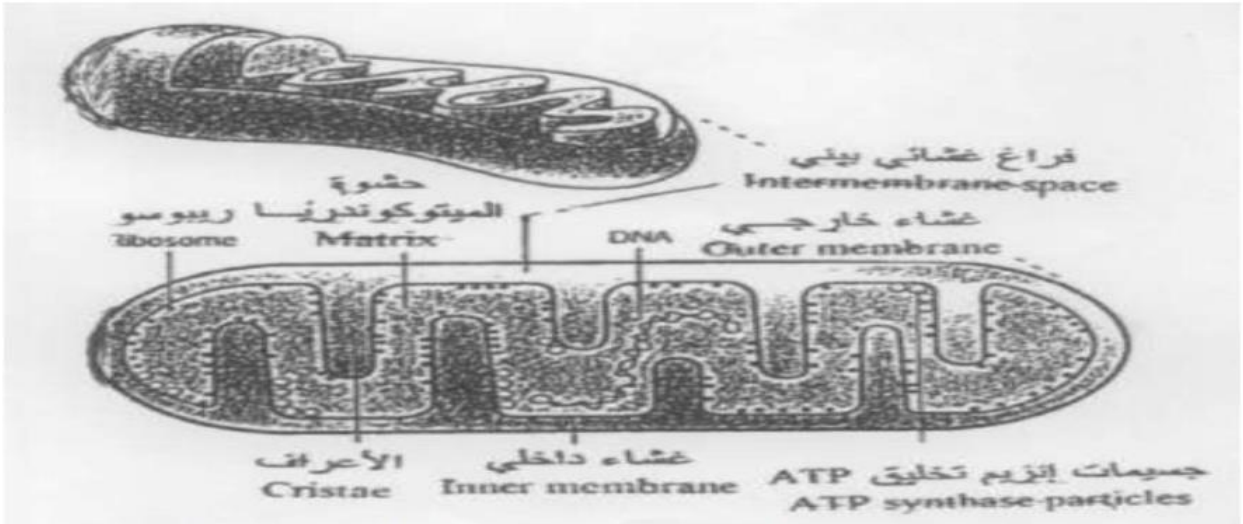
الميتوكوندريا والبلاستيدات Mitochondria & Plastids

الميتوكوندريا Mitochondria

الميتوكوندريا : هي عضيات حبيبية او خيطية موجودة بصورة عامة في الخلايا حقيقية النواة فهي موجودة في السايكوبلازم في الخلايا في الحيوانات الابتدائية والراقية والنباتات ويمكن الاستدلال على وجودها ورؤيتها في الخلية الحية باستعمال الاصباغ الحيوية كصبغة جانس الاخضر Janus Green والتي تصبغ الميتوكوندريا باللون الاخضر المزرق قليلاً وذلك بسبب وجود انزيم Cytochrome-Oxidase والذي يجعل الصبغة بحالتها المؤكسدة ((الملونة)).

تعد الميتوكوندريا ثاني اكبر جزء في الخلية بعد النواة حيث يتراوح قطرها بين (٠,٥ - ١) مايكرومتراً وطولها بين (٢-٣) مايكرومتراً كما في الشكل (٧-١) وان حجمها وشكلها

يختلف من خلية الى اخرى حيث يعتمد على الحالة الايضية للخلية ويمكن ان تندمج نهاية كل واحدة مع الاخرى مكونة بذلك تراكيب اشبه ما تكون بحبة الشعير وان مصطلح الميتوكوندريا (Mito=thread ومعناها خيط) و(Chondrion=Granule ومعناها حبيبية). وقد استخدم مصطلح الميتوكوندريا لأول مرة من قبل العالم بيندا Benda عام ١٨٩٨ تتوزع الميتوكوندريا في اغلب الخلايا بصورة متجانسة في السايكوبلازم وفي قسم من الخلايا تتخذ الميتوكوندريا موقعاً خاصاً مثلاً في خلايا انابيب الكلية توجد الميتوكوندريا في لفات المناطق القاعدية بالقرب من غشاء البلازما بينما توجد الميتوكوندريا في قسم اخر متجمعة حول النواة اما خلال الانقسام الخيطي الاعتيادي Mitosis فانها متساوية العدد تقريباً في كلا الخليتين الشقيقتين ويجب الاخذ بنظر الاعتبار موقعها من ناحية الوظيفة وقد وجدت علاقة بين الموقع والوظيفة كأن يكون نقل المواد من منطقة الى اخرى بواسطة توليد الطاقة لهذه العملية من قبل الميتوكوندريا. وقد لوحظ في بعض الخلايا أن للميتوكوندريا القابلية على التحرك بحرية ناقلة معها الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP عند الحاجة.



الشكل رقم (٧-٢) شكل تخطيطي يوضح التركيب الدقيق لعضية الميتوكوندريا

الاعراف Cristae

ان غشاء الماييتوكوندرىا الخارجي تركيب اكثر ثباتاً من الاغشية الداخلية والعرضية ولقد لوحظت التحورات في تراكيب الماييتوكوندرىا وبصورة رئيسية في الاعراف وعلى الرغم من وجود بعض التغيرات في المادة البينية والحبيبات داخل الماييتوكوندرىا والغشاء الخارجي ويختلف عدد الاعراف لكل ماييتوكوندرىا اختلافاً كبيراً ويعتمد ذلك على نوع النسيج التي توجد فيه فمثلاً تكون الماييتوكوندرىا لخلايا عضلات الطيران للحشرة وللعضلة القلبية لحيوان لبون ذات عدد عال جداً من الاعراف لان الايض التأكسدي يكون عالياً في هذه العضلات بينما يكون عددها قليلاً في الماييتوكوندرىا لخلايا اخرى كالخلايا الهدبية وخلايا الرنتين وخلايا كبد الجرذ. ويتباين ترتيب الاعراف داخل الماييتوكوندرىا شكل رقم (٧-٣) وهي كما يلي:

١ - اعراف موازية للمحور الطولي للماييتوكوندرىا كما في الخلايا العصبية والعضلات و الخلايا المولدة للحيامن في الانسان.

٢ - اعراف عمودية على المحور الطولي وهو اكثر الانواع وجوداً.

٣ - اعراف انبوبية الترتيب كما هو في خلايا الغدة الادريالية وانايب مالبجي في الحشرات.

٤ - وفي قسم من السبيرماتيدات فان الاعراف تترتب على شكل اقراص متحدة المراكز داخل الحشوة Matrix ومهما اختلفت الاعراف في ترتيبها فانها تؤدي الى زيادة المساحة السطحية للغشاء الداخلي وهناك نوعان رئيسيان من الاعراف وهما.

١ - الاعراف الحاجزية (Septate Cristae Complete or in Complete)

ويكون هذا النوع على شكل تقسيمات جانبية متوازية تبدو ثلاثية الطبقة وهذه التقسيمات Partition تتكون من وحدتي غشاء منفصلة بواسطة استمرارية الردهة الخارجية كما تكون الاعراف الحاجزية مفردة ومستقيمة.

٢ - الاعراف النيبية Tubular Cristae

حيث تظهر على شكل تقسيمات زغبية او خملية Villi-Like للغشاء الداخلي وقد وجدت في ماييتوكوندرىا الابدائيات وخلايا الكبد والعصب.

الانزيمات الموجودة في الماييتوكوندرىا Mitochondrial Enzymes تحتوي الماييتوكوندرىا على اربعة مكونات رئيسية وهي:

١ - الغلاف الخارجي .Outer Membrane

٢ - الفسحة بين الغلافين .Inter Membrane Space

٣ - الغلاف الداخلي .Inner Membrane

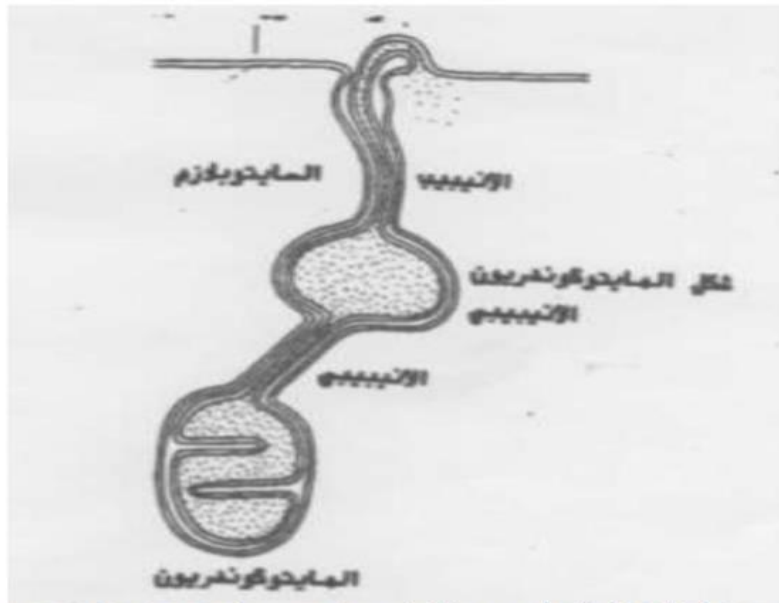
٤ - الحشوة Matrix

ويحتوي كل مكون من هذه المكونات الاربعة على عدد من الانزيمات تقوم بوظائف تحفيزية معينة. ان مجموع وظائف هذه الانزيمات تمثل الوظائف الرئيسية للماييتوكوندرىا.

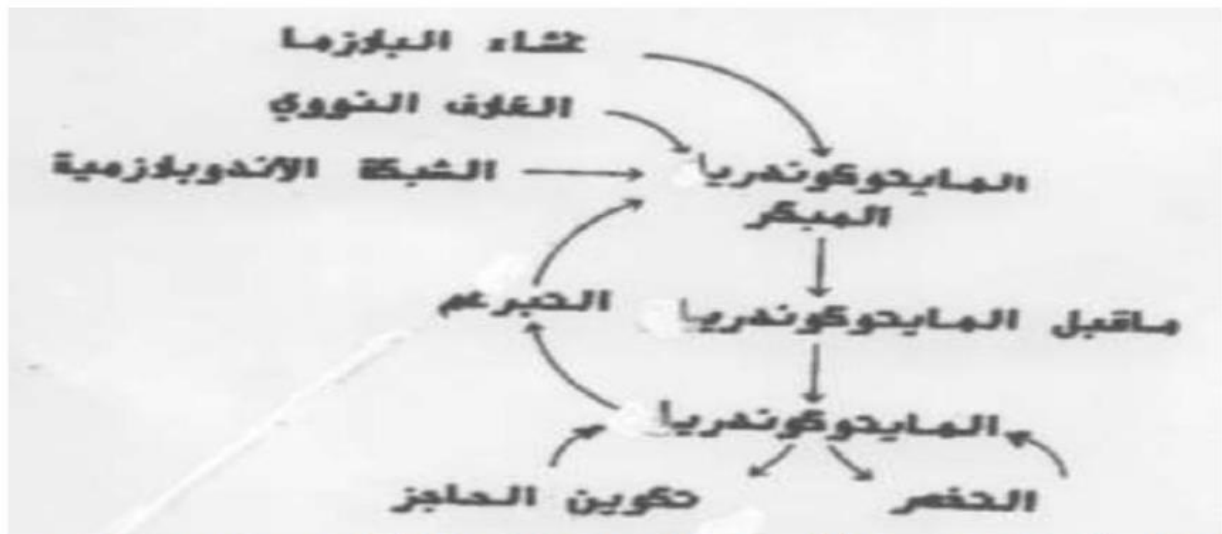
المنشأ Origin

لقد افترضت عدة منشأ للمايتوكوندرية وفيما يلي بعض من تلك المنشأ:

- ١ - على الرغم من التشابه الذي تظهره المايتوكوندرية للبلاستيدات الا انه لا يوجد أي دليل على ان المايتوكوندرية ناتجة من البلاستيدات او انها تولد البلاستيدات وقد دعم هذا القول من خلال دراسة الرايبوسومات في العضيات الخلوية حيث تبين من خلال ذلك ان معامل ترسيب رايبوسومات البلاستيدة الخضراء S_{70} في حين ان معامل ترسيب رايبوسومات المايتوكوندرية تختلف باختلاف الكائنات الحية حيث يتراوح بين S_{50} - S_{60} .
- ٢ - اقترح Robertson مخططه الذي يمكن ان تنشأ منه المايتوكوندرية وقد وضع ثلاثة احتمالات لنشوء المايتوكوندرية فهي تنشأ من:
 - أ- غشاء البلازما. ب- الشبكة الاندوبلازمية. ج- الغلاف النووي. كما هو مبين في الشكل (٧-٥).
 - ٤) والشكل (٥-٧).



الشكل رقم (٧-٤) مخطط للآلية المحتملة في تكوين المايتوكوندرية من غشاء البلازما



الشكل رقم (٧-٥) مخطط يبين المصادر المحتملة لنشوء المايتوكوندرية

المنشأ التطوري Evolutionary origin

ان المنشأ التطوري للمايتوكوندريا كان ذو اهمية متزايدة في الفترات الاخيرة وذلك بسبب حقيقة اشتراك المايتوكوندريا في كثير من خصائصها الشكلية وكيميائيتها الحياتية مع البكتريا والبلاستيدات النباتية في حين ان الخصائص المشتركة مع الخلايا حقيقية النواة قليلة وكما هو موضح في الجدول رقم (٧-١) وعلى اساس هذه الاختلافات فقد قدر ان اسلاف الكائنات الحرة المعيشة الشبيهة بالبكتريا كانت علاقة تعايشية مع خلية سلفية لاهوائية ذات نواة حقيقية التي كانت منذ ذلك الحين تكشف طريقها من تحلل السكر من المادة البينية لسايتوبلازمها واخيراً قد اعطت الكائنات البدائية النواة الهوائية المستقلة من الخلية مايتوكوندريتها عن طريق فقدان بعض خصائصها وقد احتفظت بغشائها الذي اصبح الغشاء الداخلي للمايتوكوندريا اما الغشاء الخارجي فقد اشتق من خلية ذات نوى حقيقية خلال عملية الالتهام الخلوي والشرب الخلوي وهذا يفسر الفروق الواضحة بين غشائي المايتوكوندريا الداخلي والخارجي.

الجدول رقم (٧-١)

يوضح اوجه التشابه بين بدائية النواة والمايتوكوندريا واختلافها عن حقيقية النواة

الصفة	حقيقية النواة	بدائية النواة	المايتوكوندريا
١ - الغلاف النووي	موجود	غير موجود	غير موجود
٢ - الكروموسومات او الصيغيات	موجود، يرتبط الـ DNA بالهستون	غير موجود، لا يرتبط الـ DNA بالهستون	غير موجود، لا يرتبط الـ DNA بالهستون
٣ - النقل الالكتروني والفسفرة التأكسدية	تقع فوق اغشية المايتوكوندريا	تقع فوق اغشية الخلية	تقع فوق الاغشية
٤ - بناء البروتين	لا تثبط العملية باستخدام الكلورمفينيكول وتجري العملية في الفسفرة التأكسدية	تثبط باستخدام الكلورمفينيكول وتعتمد على الفسفرة التأكسدية	تثبط باستخدام الكلورمفينيكول وتعتمد على الفسفرة التأكسدية
٥ - الريبوسومات	S80	S70	S60

وظائف المايتوكوندريا Function of mitochondria

تؤدي المايتوكوندريا جملة من الوظائف الرئيسية الآتية:

- ١ - تمثل المايتوكوندريا المركز التنفسي في الخلية كونها غنية بالانزيمات الضرورية لعملية التنفس الخلوي Cell respiration.
- ٢ - يتم فيها ايض الدهون من خلال الاكسدة بيتا للأحماض الدهنية وفي الانسجة الحيوانية فقط.
- ٣ - بناء جزيئات الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP حيث تقوم المايتوكوندريا بتجهيز الخلية بالطاقة الضرورية وتحرر هذه الطاقة من خلال اكسدة المواد العضوية (الكلوكوز).
- ٤ - بناء اجسام كيتون واستخداماتها.
- ٥ - بناء عدد محدد من البروتينات.

٦ - تجري فيها بعض تفاعلات دورة اليوريا.

ولغرض تحليل المواد العضوية (الكلوكوز) وتحرر الطاقة هنالك سلسلة من التفاعلات هي:

اولاً: الانشطار السكري Glycolysis.

ثانياً: دورة كريبس (دورة حامض الستريك) Kerbs cycle.

ثالثاً: انتقال الالكترونات والفسفرة التأكسدية

Electron transport and oxidative phosphorylation

البلاستيدات Plastids

استخدم مصطلح البلاستيدات لأول مرة من قبل العالم شيمبير Schimper عام ١٨٣٨ على مجموعة من العضيات الساييتوبلازمية التي شوهدت في الخلايا حقيقية النواة Eukaryotes ولم تشاهد في الخلايا بدائية النواة prokaryotes وهي تمثل انواع متعددة ومختلفة من العضيات الساييتوبلازمية التي ترتبط ببعضها بعلاقة تطورية ويطلق على هذه الانواع جميعها في مراحل نموها الاولى بالبلاستيدات الأولية Proplastids. تكون البلاستيدات الأولية صغيرة جداً بحيث يصعب تمييزها بالمجهر الضوئي غير انها تلاحظ باستعمال المجهر الالكتروني وربما تعتبر مصدر نشوء جميع انواع البلاستيدات في النباتات الراقية اما بالنسبة للبلاستيدات الناضجة فيمكن تمييزها على اساس محتوياتها الى انواع مختلفة منها:

١ - البلاستيدات الملونة Chromoplasts

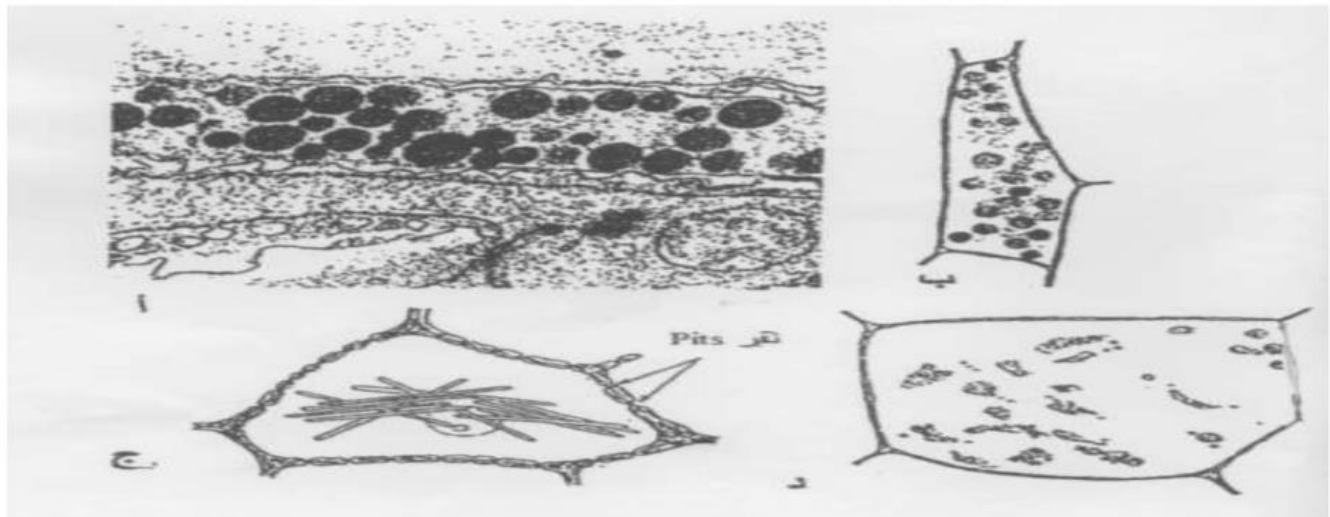
وهي مجموعة البلاستيدات مختلفة الالوان مثلاً الصفراء او البرتقالية والتي تكون موجودة في تويج الازهار والفواكه بالاضافة الى بذور قسم من النباتات الراقية وبصورة عامة تحتوي هذه البلاستيدات على كمية قليلة من صبغة الكلوروفيل Chlorophyll وتكون ذا فعالية قليلة بالنسبة الى عملية التركيب الضوئي ومن الاصباغ الاخرى التي تحملها كذلك هي Lycopene في الطماطة و Phycoerythrin و Phycocyanin في الطحالب والاشنات الملونة. الشكل (٧-٩).

٢ - البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

وتحتوي على صبغات خضراء من الكلوروفيل والتي تكون محجوبة بصبغات اخرى وهذا النوع يعد الاساسي في عملية التركيب الضوئي. الشكل (٧-١٠).

٣ - بلاستيدات عديمة اللون Leukoplasts

وهذه البلاستيدات موجودة في الخلايا الخازنة وغير المعرضة للضوء او في فلق البذور الشكل (٧-١١) وتكون عصوية الشكل او كروية وتشمل انواع مختلفة منها:



الشكل رقم (٧-٩) اشكال مختلفة من البلاستيدات الملونة

(ب) من تويج الزهرة لنبات Galindula

(د) من خلية ثمرة Pyracantha

(أ) من ثمار الطماطم

(ج) من خلية الجزر

منشأ وتكوين البلاستيدات Origin and Development of Plastids

وكذلك الحال في الماييتوكوندريا فإنه ليس من المعروف ان البلاستيدات تتكون من جديد في الخلية او بواسطة نوع من انواع الاستنساخ بطريقة مماثلة لبعض الكروموسومات وهنالك بعض المعلومات غير المباشرة تثبت فكرة الاستنساخ وقد جاءت هذه المعلومات من ملاحظة الاستمرار الوراثي وبقائه في ذرية البلاستيدة فعلى سبيل المثال البلاستيدة التي لسبب ما تفقد قابليتها على انتاج الكلوروفيل تنتج بلاستيدة تعاني من نفس النقص. وقد تتكون البلاستيدة دائماً من بلاستيدة موجودة اولاً وتسمى بالبلاستيدة الاولى Proplastid (وهي اجسام كروية ذات قطر ٠,٥ مايكرون محاطة بغشاء مزدوج محتوية داخلها على سستروما كثيفة) وفي عام ١٩٥٦ درس فون وتستيرين Von Wettsterin تكوين البلاستيدات الخضراء في النباتات الخضراء واقترح عدد من الخطوات يمكن ان تشترك في نشوء البلاستيدة الخضراء وهي:

- ١ - بناء حويصلات داخل البلاستيدة الاولى Proplastid تمتد من الغشاء الداخلي.
- ٢ - تتجمع هذه الحويصلات وتصطف بصورة متوازية في السستروما لتكون سلاسل مفردة.
- ٣ - ثم تتم اعادة ترتيب واندماج هذه السلاسل لتكوين اغشية او صفيحات مزدوجة متوازية ثم يتم تكاثرها.
- ٤ - تنمو بعد ذلك وتحور الى صفيحات الكرانا او السستروما يبقى القليل من الثايلاكويد متصلاً مع بعضها بواسطة صفائح انبوبية او السستروما.

المنشأ التطوري The evolutionary origin

يعتقد الباحثون ان للبلاستيدات الخضراء منشأ تطورياً كالميتوكوندريا حيث يرون انها ناتج تطوري لكائنات حية بدائية النواة ذاتية التغذية اجتاحت خلايا حقيقية النواة Eukaryotes غير ذاتية التغذية Heterotrophic واقامت معها علاقة تعايشية. وقد استند الباحثون في اعتقادهم هذا الى ادلة منها مثلاً احتواء خلايا المحار المائي Nudibranchs الفاقد للصدفة على بلاستيدة خضراء حيث ان المحار يتغذى على الطحالب وعندما يمر سايتوبلازم الخلايا الطحلبية خلال امعاء المحار تمتص البلاستيدات الخضراء وتستقر في خلاياه وقد اثبت باحثون آخرون حصول عملية البناء الضوئي في خلايا المحار عندما لاحظوا تحرر غاز الاوكسجين O_2 عند تعريض المحار الى الضوء.

طرائق دراسة الخلية

طرائق دراسة الخلية

ان الهدف المباشر من دراسة كيمياء الخلية يكمن في تحديد وجود ومواقع المكونات الكيميائية للخلية. ويتضمن هذا الهدف جانبان هما الجانب الكمي والجانب النوعي وان الخطوة التي تلي تحقيق هذا الهدف تتضمن دراسة التغيرات الديناميكية في التنظيم الكيميائي للخلية والتي يمكن متابعتها في المراحل الوظيفية المختلفة وبهذه الطريقة يمكن اكتشاف دور المكونات الخلوية المختلفة في عمليات الايض **methabolism** الجارية داخل الخلية. يوجد ثلاثة مسالك للبحث في كيمياء الخلية يعتمد في احد هذه المسالك على المجهر فقط حيث يتم تشخيص وقياس المكونات الكيميائية المختلفة الموجودة داخل الخلية بواسطة سلسلة من الطرق الكيميائية والفيزيائية. ويعتمد المسلك الثاني الطرق التقنية المعروفة في الكيمياء الحياتية (**Biochemistry**) لعزل الاجزاء المكونة للخلية لغرض بحثها اما المسلك الثالث فيشتمل على تطبيق الطرق التقنية لدراسة كميات صغيرة جداً من المادة المراد دراستها او حتى اجزاء من الخلية الواحدة ويستخدم في علم حياة الخلية انواع مختلفة من النماذج والطرق التقنية في تحليل النظام الخلوي والكيميائي وحل مشكلة من المشاكل المتعلقة بهذا العلم تتطلب استخدام نوع واحد او انواع قليلة من الخلايا العائدة لكائنات حية معينة فمثلاً تعتبر الغدد الجنسية للحشرات مناسبة لدراسة الكروموسومات وسلوكها في خلال الانقسامين الاعتيادي

فحص الخلايا الحية

يمكن فحص الخلايا الحية بصورة مباشرة داخل الكائن الحي (**in Vivo**) ويسمى هذا النوع من الفحص بالفحص الحيوي **Vital examination** او بعد نقلها من المكان الحي مباشرة وخارج جسم الكائن الحي **in Vitro** ويسمى بالفحص فوق الحيوي **Supravital examination** يمكن اجراء هذين النوعين من الفحوصات على الخلايا عندما تكون في وسط غذائي سائل وعندما تكون بشكل خلايا معزولة متكونة من مقاطع نسيجية ويمكن ان تكون على اغشية شفافة او على مستوى اعضاء غير شفافة وتستعمل الاصباغ لتحسين الفحوصات والتي ليس لها تأثير او لها تأثير قليل جداً على الخلايا مثل صبغة الاحمر المعتدل **Neutral red** واخضر جانس **Janes green** وازرق تربيان **Trypan blue** والمثيلين الازرق **Metheline blue** ويمكن دراسة الخلايا الحية بعدة طرق ومن هذه الطرق مزرعة الخلايا **Cell culture** وكذلك الجراحة المجهرية **Microsurgery**.

Cell cultures

مزارع الخلايا

هذه الطريقة يمكن ان تجرى من خلال زرع اجزاء صغيرة متكونة من انسجة خلوية مختلفة وقد تكون جنينية حيث توضع في وسط مناسب والذي يساعد الخلايا على التكيف والنمو فيه تلقائياً ويتألف وسط الزرع بصورة عامة من قطرة بلازما او مصل Serum واخرى من السائل الجنيني وحيث توضعان على غطاء شريحة زجاجية Cover glass بعدها تقلب هذه الشريحة وتوضع فوق شريحة زجاجية تملك في وسطها تقعر دائري ثم تشمع حواف غطاء الشريحة الزجاجية المتصلة بالشريحة الزجاجية بشمع البارافين تحضن هذه الشريحة في درجة حرارة مطابقة لدرجة حرارة جسم الكائن الحي الذي اخذت منه قطعة النسيج المزروعة وعند توفر العناصر الغذائية والاكسجين تنمو الخلايا وتنتشر على المصل او البلازما المتخثرة لتكون منطقة النمو Zone of growth وتمتاز بكونها رقيقة ومناسبة للفحص بواسطة المجهر وهناك ثلاثة انواع من المزارع هي:

١ - المزارع الاولى: Primary Cultures وهي المزارع المأخوذة مباشرة من انسجة الحيوان فيزال العضو ثم يقطع الى اجزاء صغيرة ويعامل مع انزيم التربسين Trypsin الذي يعمل على تفريق الخلايا المتجمعة الى خلايا مفردة عالقة بدون التأثير على فعاليتها بعد ذلك توضع الخلايا في صحون بترى Petri dishes معقمة وبعدها تنقل الى الوسط الزرعي المناسب لتنميتها.

٢ - المزارع الثانوية: Secondary Cultures: وهي تلي المزارع الاولى حيث يحصل عليها بعد معاملة خلايا المزارع الاولى بالتربسين حيث تزرع هذه الخلايا في صحون بترى معقمة وتنقل الى وسط زرعي جديد.

٣ - السلالات الثابتة للخلايا: Established cell line

التجميد والتجفيف Freeze-Drying

تعد هذه الطريقة الحالة الوسطى بين فحص الخلايا الحية او المثبتة بواسطة المثبتات وتتضمن هذه الطريقة غمر الانسجة في سوائل باردة جداً كسائل الهليوم النايتروجيني (-١٦٠م) و

الى (-١٩٠م) وبعدها ينقل النسيج الى جهاز مفرغ للهواء تحت درجة (-٣٠م) الى (-٤٠م) حيث يتحول الماء الموجود في النسيج الى غاز يمكن التخلص منه بواسطة مفرغة الهواء ومن ثم يقطع النسيج ويدرس وأما اهمية هذه الطريقة فتكون:-

- ١ - عدم انكماش النسيج.
- ٢ - التثبيت يكون متماثل في جميع اجزاء النسيج.
- ٣ - الحفاظ على المواد الذائبة للخلايا المكونة للنسيج.
- ٤ - يحافظ على تركيب الخلايا ومكوناتها الكيميائية بصورة عامة عدا بعض التغيرات القليلة جداً تحدثها البلورات الثلجية.
- ٥ - من الممكن تثبيت الخلايا بهذه الطريقة في لحظات حرجة كدراسة خلايا معينة عند فرزها مواد ملونة مثلاً.

التخلل والظمر

Infiltration and Embedding

بعد ان يتم تثبيت النسيج من خلال المرور في سلسلة من الكحولات حيث تكون تصاعدياً (٥٠% ، ٦٠% ، ٧٠% ، ٨٠% ، ٩٠% ، ٩٥% ، ١٠٠% ، ١٠٠% مرة ثانية) بعد ذلك توضح الانسجة او الخلايا وذلك باستعمال مواد مثل الزايلول و التولوين ثم توضع في شمع البارافين الذائب لكي يتخلل البارافين داخل الانسجة والخلايا ثم توضع في قوالب من شمع البارافين وعند تركه يبرد فإنه يتجمد بسرعة حيث تكون هذه القوالب جاهزة لعمل مقاطع مناسبة للفحص بالمجهر الضوئي ويتضمن شمع البارافين انواع عديدة تختلف في درجة انصهارها **Melting point** والتي تتراوح بين ٥٠ °C الى ٦٨ °C وان سمك المقاطع المطلوبة ونوعية الانسجة هي التي تحدد النوع الذي يستعمل فضلاً عن تأثير درجة حرارة المختبر الذي يتم العمل فيه.

ومن الجدير بالذكر مايتعلق بالمجاهر الالكترونية EM حيث للمجاهر الالكترونية يستعمل مواد بلاستيكية Resins بدلاً من شمع البارافين والمواد السليولوزية والسبب يعود الى ثبات هذه المواد البلاستيكية تحت سيل الالكترونات وهناك انواع مختلفة منها وهي: Sparr ,

الصبغ

Staining

يلاحظ ان اغلب الاصبغ المستعملة في صبغ الخلايا هي عبارة عن مركبات عضوية اروماتية Aromatic dyes ويوجد نوعين اساسيين من الاصبغ وهي الاصبغ القاعدية والاصبغ الحامضية وتتألف كل صبغة من جزئين.

Chromophoric group

الجزء الحامل للصبغة

Auxochrome

الجزء المساعد

واسطة الجزء المساعد اتحاد الصبغة بالنسيج ويكون جزءاً "قاعدياً" او حامضياً" بحسب نوع الصبغة فمثلاً Picric acid وهو صبغة حامضية تحتوي على ثلاث مجاميع نايتر (NO₂) ومجموعة (OH)

Cell fractionation Methods

طرق تكسير الخلايا

ان هذه الطرق تتضمن العمل على تجانس او تحطيم الخلايا بطرق ميكانيكية او كيميائية نتيجة فصل الاجزاء الخلوية المكسرة وفقاً لكتلتها ووزنها النوعي وبعدها تحليل هذه الاجزاء الخلوية بطرق الكيمياء الحياتية والكيمياء الدقيقة فضلاً عن دراستها بالمجهر الالكتروني. وان هذه الطرق التقنية مهمة لدراسة التركيب الكيميائي للعضيات الخلوية organelles المختلفة. توجد عدة طرق لتكسير الخلايا ومعظم هذه الطرق تستند على تحضير محاليل او اوساط مائية متكونة عادة من محاليل السكروز Sucrose بتركيز مختلفة تعمل على تحطيم الخلايا ميكانيكياً لحين تجانسها ويمكن ايضاً تكسير الخلايا في اوساط غير قطبية Nonpolar media وكما في طريقة بيهرين Behrene's method التي تستخدم لفصل الانوية ولهذه الطريقة اهميتها لاختزالها كمية المواد الذائبة المفقودة ومنها البروتينات وانزيمات معينة .

ولا بد من التفريق بين مصطلح الاجزاء المكسرة للخلية **cell fractions** والعضيات الخلوية **cell organelles** فمثلاً ان اجزاء المايتركوندريا التي حصل عليها من تحطيم خلايا الكبد تحتوي بصورة رئيسية على المايتركوندريا بينما اجزاء المايتركوندريا التي حصل عليها من تكسير خلايا الدماغ فتكون غير متجانسة حيث تحتوي على النهايات العصبية والنخاع **myelin** اضافة الى مايتركوندريا حرة. أما المايكروسومات **microsomes** فهي ليست عضيات خلوية وان المايكروسوم التي حصل عليها بعد تكسير الخلايا يتألف بصورة رئيسية من الاجزاء المكسرة للشبكة الاندوبلازمية بضمنها الرايبوسومات ومعد كولي و اغشية اخرى. ويمكن ان نوضح خطوات عزل المكونات الخلوية كما يلي: يحصل من تكسير الخلايا بالطريقة القياسية على اربع اجزاء **Fractions** رئيسية وهي كما يلي حسب تسلسل الحصول عليها من الطرد المركزي.

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1 - اجزاء تحتوي على الانوية. | Nuclear fractions |
| 2 - اجزاء تحتوي على المايتركوندريا. | Mitochondrial fractions |
| 3 - اجزاء تحتوي على المايكروسومات. | Microsomal fractions |
| 4 - اجزاء تحتوي على مواد ذائبة. | Soluble material |

التصوير الاشعاعي الذاتي **Autoradiography**

تجري هذه الطريقة وذلك باستخدام مواد معلمة بالنظائر المشعة **Radioisotopes** تعطي النظائر المشعة للخلايا ثم تثبت بعد ذلك ويغطي النسيج بمستحلب التصوير المتكون عادة من بروميد الفضة ثم تطبع الصورة المتكونة طبعاً اعتيادياً وتقارن لتحديد موضع آثار النظير المشع بالنسبة للخلايا وبهذه الطريقة يمكن ان نعرف موضع النظير المشع بالضبط. ومن النظائر المشعة المستخدمة كثيراً النظائر المشعة للحوامض الامينية **3H- 3H-Leucine** **thymidine or** مثلاً المستعملة في دراسة الـ **DNA** و **RNA** او المركبات **C14** المستعملة في دراسة التركيب الضوئي.

Freeze – etching

وتستخدم هذه الطريقة لدراسة الاغشية البايولوجية وتجري هذه الطريقة بالتجميد السريع للنموذج وتقطيعه بعد ذلك في جهاز تفريغ الغازات **Vacumme** عند درجة (-100)م ان سكينه القطع لا تستطيع تقطيع النموذج عند هذه الظروف غير انها تعمل على كسر النموذج على طول خطوط ضعيفة في ترابطها طبيعياً مثل الجزء الوسطي للغشاء البلازمي وتترك القطعة المكسرة في مفرغة الغازات لفترة مناسبة لكي يسمح لبعض الماء من التبخر من السطح المكشوف للخارج وهذا ما يؤدي الى انكماش المساحات الطرية للنموذج قليلاً. وتظل السطوح المكشوفة للخارج بواسطة طبقة رقيقة جداً من عناصر ثقيلة مثل الكربون والبلاطين لتزويده بالتباين المناسب يزال بعد ذلك النموذج بواسطة حوامض تاركة نسخة العنصر **Metal** **copy** التي يتم فحصها بواسطة المجهر الالكتروني الماسح او النفاذ.

الكروماتوكرافيا Chromatography

تستخدم هذه التقنية في فصل الجزيئات لمواد مختلفة تتواجد مع بعضها في المحلول أو في الساييتوسول Cytosol حيث يوضع المحلول في وسط غير ذائب والذي يملك الفة مختلفة لجميع جزيئات المحلول ولذلك فالجزيئات سوف تهجر خلال الوسط بمعدلات مختلفة، ويستخدم من هذه التقنية نوعان هما:

أولاً: Paper chromatography

وهذه التقنية هي طريقة بسيطة لفصل الجزيئات الصغيرة بعضها عن بعض ولذلك توضع على صفيحة من ورقة مناسبة ثم توضع في وعاء يحتوي مذيب مناسب، ويمكن التمييز في هذه التقنية طبقاً إلى هجرات المذيب على الورق من الأسفل إلى الأعلى وأن مكونات المذاب العالية لخليط النموذج سوف تهجر من المذيب في الامام ثم تتحرك بقية المكونات ببطء طبقاً لقابلية ذوبانها ولهذا فإن المذيب المختار سوف يحدد سرعة هجرة الجزيئات المفردة. ان هذه التقنية تستخدم لفصل الاحماض الامينية والنيوكليوتيدات وبعض الجزيئات الناتجة عن الايض.

ثانياً: Column chromatography

في هذه التقنية يوضع وسط غير ذائب في انبوبة زجاجية وان طول وعرض هذه الانبوبة سوف يؤثر على فصل الجزيئات. ولغرض فصل الجزيئات توضع في قمة العمود وعند اضافة المذيب تبدأ بالهجرة. ان اختيار المذيب والمادة الناقلة يعتمد على خصائص الفصل. ان المادة الناقلة للشحنات الموجبة سوف ترتبط بالجزيئات الحاملة للشحنات السالبة. وهناك نواقل اخرى تحتوي فتحتان من خلالها تنفذ الجزيئات الاصغر والتي تنزل إلى الأسفل. ان المحلول الذي يسيل من المحلول يجمع بشكل اجزاء صغيرة والتي تحتوي اصناف مختلفة من الجزيئات هذه التقنية مفيدة في فصل خليط من البروتينات وكذلك في عزل الانزيمات مثل الساييتوكروم سي-او انزيم بلمرة الحامض النووي RNA.

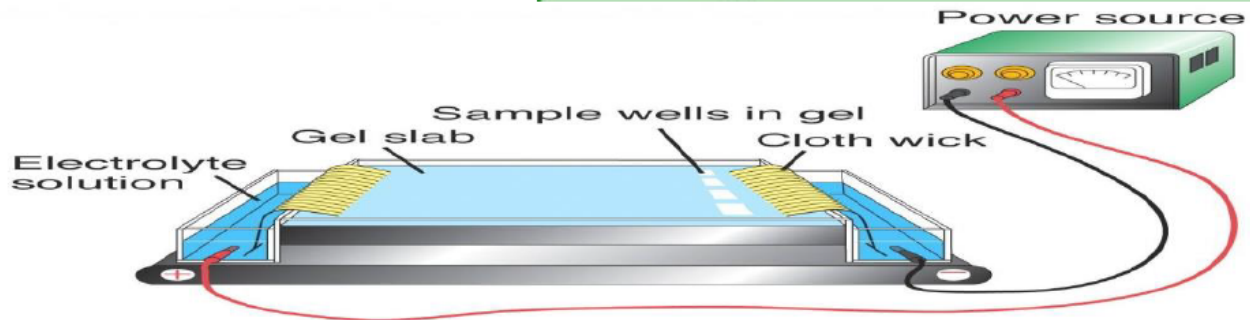
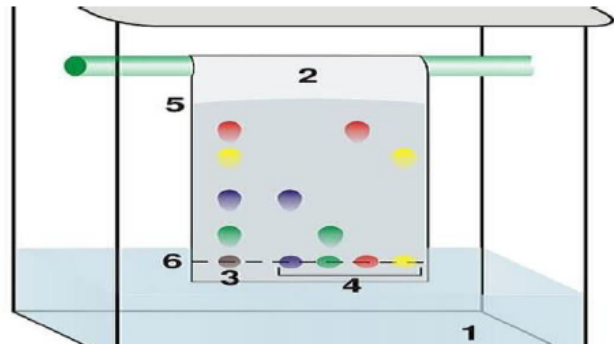
الترحيل الكهربائي Electrophoresis

يمكن فصل الجزيئات والجزيئات الكبيرة في حقل كهربائي اذا احتوت هذه الجزيئات شحنات كهربائية وبمقادير مختلفة، وذلك بوضع الخليط على طبقة رقيقة حيث تغطس في حاويتين مملوءة بمحلول ملحي وان احدى هاتين الحاويتين تحمل القطب السالب في حين تحمل الاخرى القطب الموجب. عند امرار تيار كهربائي مستمر فان الجزيئات ذات الشحنة السالبة تهجر إلى القطب الموجب بينما تهجر الجزيئات ذات الشحنة الموجبة إلى القطب السالب، ويمكن ان تكون الطبقة الرقيقة من الورق او الاكار او النشا. ان معدل هجرة الجزيئات في حقل كهربائي يتحدد بواسطة حجم الجزيئات وعدد المجاميع المشحونة لكل جزيئة. تستخدم هذه التقنية لفصل البروتينات والاحماض النووية ومركباتهما. ومن الانواع الشائعة لهذه التقنية والمستخدمه في علم حياة الخلية هي:-

- ١ - Moving boundary electrophoresis والذي يستخدم لفصل البروتينات.
- ٢ - Gel or Zone electrophoresis ويستخدم أيضاً لفصل البروتينات.
- ٣ - Discontinuous electrophoresis ويستخدم لفصل البروتينات من الغشاء البلازمي
- ٤ - SDS-PAGE ويستخدم لفصل وتحديد حجم الجزيئات الكبيرة كالبروتينات.
- ٥ - Mexam-Gilbert technique ويستخدم لفصل اجزاء متعدد النيوكليوتيدات للـ RNA والـ DNA.
- ٦ - Immuno electrophoresis وتستخدم للمستضدات والاجسام المضادة.

الديليزة Dialysis

وهي طريقة حساسة تستخدم لفصل المركبات ذات الالوزان الجزيئية الصغيرة عن المركبات ذات الالوزان الجزيئية الكبيرة. وفيها يستخدم غشاء رقيق بشكل انبوبة تملأ بالمحلول الحاوي على الجزيئات المراد فصلها. ان حجم الثقوب الموجودة في الغشاء يسمح بانتشار الجزيئات الصغيرة كالاملاح والاحماض الامينية في حين لايسمح بمرور الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات والاحماض النووية لذلك تبقى هذه المواد داخل انبوبة الديليزة.



جهاز كولجي والاجسام الحالة والاجسام الدقيقة

اولا: جهاز كولجي Golgi Apparatus

ويسمى في بعض الاحيان جسم كولجي وصفه لأول مرة العالم كولجي في الخلايا العصبية عام ١٨٩٨م بعد معاملة الخلايا باصباغ تحتوي على معادن ثقيلة كالفضة وفي العام ١٩٥٠م اثبت وجوده في الخلايا الحيوانية ذات الطبيعة الافرازية من قبل العالم بالاد Palade باستخدام

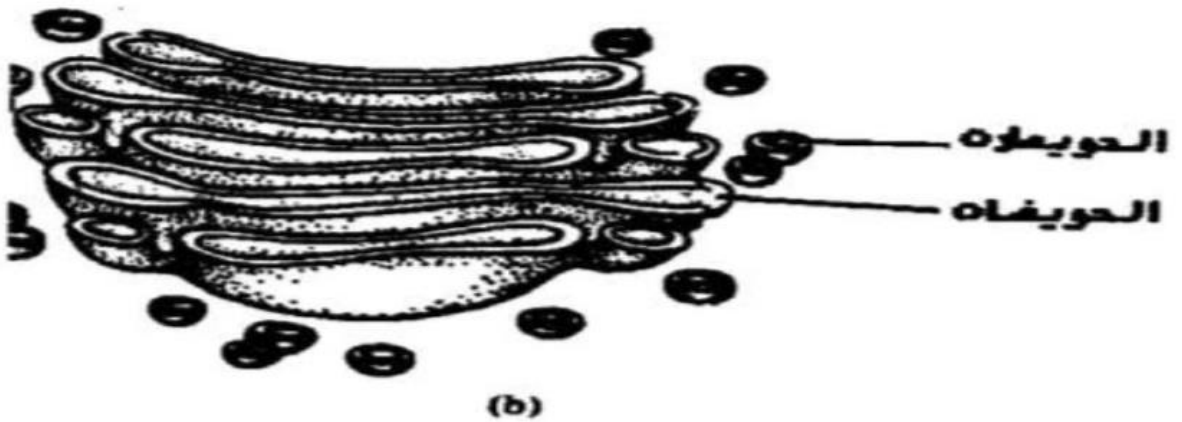
المجهر الالكتروني وهو عبارة عن احواض مسطحة او اكياس ذات اغلفة ملساء مرتبة بحيث يأخذ سطحها الاعلى بالضيق الشكل رقم (٨-١) ويحيط بهذا النظام حويصلات vesicles ويتراوح قطرها ٥٠ نانومتر او اكثر وهي عبارة عن فجوات افرازية secretory vacuoles وتحتوي على البروتين مطروح كان قد تم بناؤه في الشبكة الاندوبلازمية الخشنة RER و انتقل الى جهاز كولجي والفجوات الافرازية ويمكن الكشف عن جهاز كولجي وذلك باعطائه تفاعلا موجبا مع كاشف PAS الذي يدل على بناء السكريات البروتينية glycoproteins في جهاز كولجي والتي تهجر عن طريق الاوعية باتجاه الاجسام الحالة لتكوين غلاف الاجسام الحالة وغلاف الخلية الخارجي

الشكل العام General morphology

لقد تبين من خلال دراسة جهاز كولجي في الخلايا كاملة النضوج تحت المجهر الالكتروني انه يحتوي على تراكيب متعددة ومنها ثلاث تراكيب رئيسية وهي :

flattened sacs or cisterna
vesicles
vacuoles

١ - اكياس أو احواض مسطحة
٢ - الحويصلات
٣ - الفجوات



الشكل رقم (٨-١) يبين جهاز كولجي (عن حيدر والحاسي ، ٢٠٠٤)

الموقع Location

تسمى اجسام كولجي في الخلايا النباتية وفي اللافقریات بالدكتيوسومات Dictyosomes او تسمى كولجي دكتيوسوم Golgi Dictyosomes الشكل رقم (٨-٤) وتحتوي الدكتيوسومات على عدد من الحويصلات يتراوح عددها ما بين ٢-٢٠ حويصلة وقد يصل قطر الاكياس المسطحة في الخلايا النباتية ما بين ٣٠٠-٥٠٠ انكستروما" كما تكون الدكتيوسومات متباعدة جدا بحيث تنتشر بصورة منتظمة في السايٲوبلازم داخل الخلية او تكون متخذة تجمعاً معقداً كما في خلايا اللافقریات.

الوظيفة Function

يقوم جهاز كولجي بوظائف متعددة اهمها :

- ١ - يستقبل البروتين المصنوع من الشبكة الاندوبلازمية ويعمل على تركيزه ورصه بشكل حبيبات متجمعة حيث ينفل ويتجمع داخل الاكياس المسطحة والفجوات الكبيرة لجهاز كولجي و تكون دقائق الخزن محاطة بغشاء ناتج من الجهاز ثم تنطلق بعدها هذه الدقائق من خلال فتحة في غشاء البلازما الى خارج الخلية بالنظام الاتي : الشبكة الاندوبلازمية الخشنة —————> الشبكة الاندوبلازمية الناعمة —————> جهاز كولجي —————> الفجوات —————> خارج محيط الخلية.
- ٢ - يلعب دورا في تكوين البروتينات السكرية glycoproteins من اتحاد البروتينات مع السكريات المعقدة وكذلك يتم تكوين mucopolysaccharides في جهاز كولجي كما يتم ايضا بناء الكربوهيدرات كالكلايكوجين الذي يبدأ بناءه في جهاز كولجي من المادة الاولية يوردين ثنائي الفوسفات الكلوكوز (UDPG)
- ٣ - يقوم جهاز كولجي ببناء خلايا بيتا لجزر لانكرهانز التي تبني وتفرز هورمون الانسولين في الحيوانات
- ٤ - يعمل على تجميع البروتين المطلوب لتكوين غلاف الاجسام الحالة وغلاف الخلية الخارجي
- ٥ - يعمل على بناء الدهون المفسفرة phospholipids
- ٦ - في النباتات تكون وظيفة معقد كولجي في الاشتراك في عملية تكوين الصفيحة الوسطى للخلية اثناء عملية انقسام الخلايا.
- ٧ - ومن الوظائف الاخرى لجهاز كولجي: اثبتت الدراسات الحديثة ان انزيم كيموترپسين وهو انزيم هاضم Digestive enzyme الذي يحلل البروتينات في الامعاء الدقيقة
- ٨ - كما يلعب معقد كولجي دوراً مهماً في تكشف الجسيم الطرفي في النطف، حيث خلال مرحلة نضوج النطفة (الحيمن) sperm يبقى جهاز كولجي بكامله عند استمرار النمو لكي ينتج في الاخير الجسيم الطرفي (Acrosome) والذي يكون محاطاً بغشاء مفرد.

منشأ جهاز كولجي Origin of Golgi Apparatus

هناك العديد من الاحتمالات عن منشأ جهاز كولجي وهي:-

- ١ - ان التشابه الموجود بين غشاء معقد كولجي واغشية الشبكة الاندوبلازمية الناعمة ادى الى الاعتقاد ان منشأ جهاز كولجي ينتج من مكونات الشبكة الاندوبلازمية وان العلاقة بين جهاز كولجي و الشبكة الاندوبلازمية وجدت في كل من الخلايا النباتية والحيوانية على حد سواء . الشكل رقم (٦-٨).



الشكل رقم (٦-٨) يبين مخططاً لكيفية نشوء جهاز كولجي من الشبكة الاندوبلازمية

- ٢ - ان لموقع جهاز كولجي المجاور للنواة وارتباطه بظهور جيوب صغيرة و توصلات للغشاء النووي وانتقالها منه قد ادى الى الاعتقاد الى احتمالية مشاركة الغشاء النووي في تكوين اغشية جهاز كولجي.
- ٣ - هناك اعتقاد يشير الى ان معقد كولجي نتج عن تكسير واعادة بناء الاكياس المسطحة مرة اخرى.
- ٤ - وهناك اعتقاد ان جهاز كولجي قد ينشأ من تضاعف او انقسام معقد كولجي سابق له في التكوين.
- ٥ - يعتقد ان جهاز كولجي يتكون من تراكيب او حويصلات غشائية في السائتوبلازم في منطقة خالية من الرايبوسومات تعرف بمنطقة الاقصاء **Zone of exclusions**.

ثانيا : الاجسام الحالة Lysosome

تمثل الاجسام الحالة احدى العضيات الساييتوبلازمية المهمة حيث وجدت في العديد من الخلايا الحيوانية كالخلايا الحشوية للكبد و قسم من الخلايا النباتية وقد استخدم دي دوف DE duve هذا المصطلح عام 1955 لتسمية مجموعة من الدقائق الخلوية الثانوية Subcellular particles الغنية بالانزيمات. بينت جميع الدراسات اللاحقة وبالاخص تلك التي تهتم بمحتواها الكيميائي الحيوي بانها تمثل مواقع معينة لانزيمات التحلل المائي في الخلية وهذه الانزيمات محاطة بغشاء محكم و تعمل في وسط حامضي من الـ pH و تتميز تحت المجهر الالكتروني باستعمال مختلف التفاعلات الكيميائية الخلوية مثل استخدام انزيم الفوسفاتيس الحامضي acid phosphatase حيث تظهر الاجسام الحالة متعددة الاشكال. الشكل رقم (٨-٧).

الشكل العام General morphology

ان التشخيص الخلوي للاجسام الحالة اكثر صعوبة من التشخيص الكيميائي و يعزى ذلك الى نشأتها المتغايرة الملحوظة و ان الخصائص الشكلية العامة لهذه المجموعة من التراكيب المتغايرة النشأة تشمل وجود غشاء محدد و وجود نواتج تفاعل من انزيمات الفوسفاتيس الحامضي. يتراوح حجم الاجسام الحالة بين ٠,٢ - ٠,٥ مايكرومترا" و قد يصل في كبد اللبائن الى ما يقرب من خمس مايكرونيات الشكل (٨-٨) ومن الطبيعي ان التغيرات الشكلية لمنشأ هذه الاجسام يشير الى نشاطات خلوية كثيرة التنوع تخص الهضم داخل الخلية وخارجها .

التصنيف Classification

يمكن تصنيف الاجسام الحالة الى اربعة انواع اعتمادا على البنية الداخلية لهذه العضيات وهي :-

primary lysosome	١ - الاجسام الحالة الاولى
secondary lysosome	٢ - الاجسام الحالة الثانوية
residual bodies	٣ - الاجسام المتبقية
Autolysosome	٤ - الاجسام الحالة الذاتية

١- الاجسام الحالة الاولى أو الحبيبات المخزونة Storage granule

وهي عبارة عن اجسام كثيفة واصغر اشكال الاجسام الحالة يصل قطرها الى ما يقارب من ٠,٤ مايكرومتر ومحاطة بغشاء مفرد اما المحتوى الانزيمي لهذه الاجسام فانه يصنع بواسطة الرايبوسومات الموجودة في الشبكة الاندوبلازمية ثم تظهر في منطقة اجسام كولجي ويمكن احباط عملية تكوين الاجسام الحالة الاولى بواسطة البيورومايسين puromycin.

٢- الاجسام الحالة الثانوية أو الفجوات الهاضمة Digestive vacuole

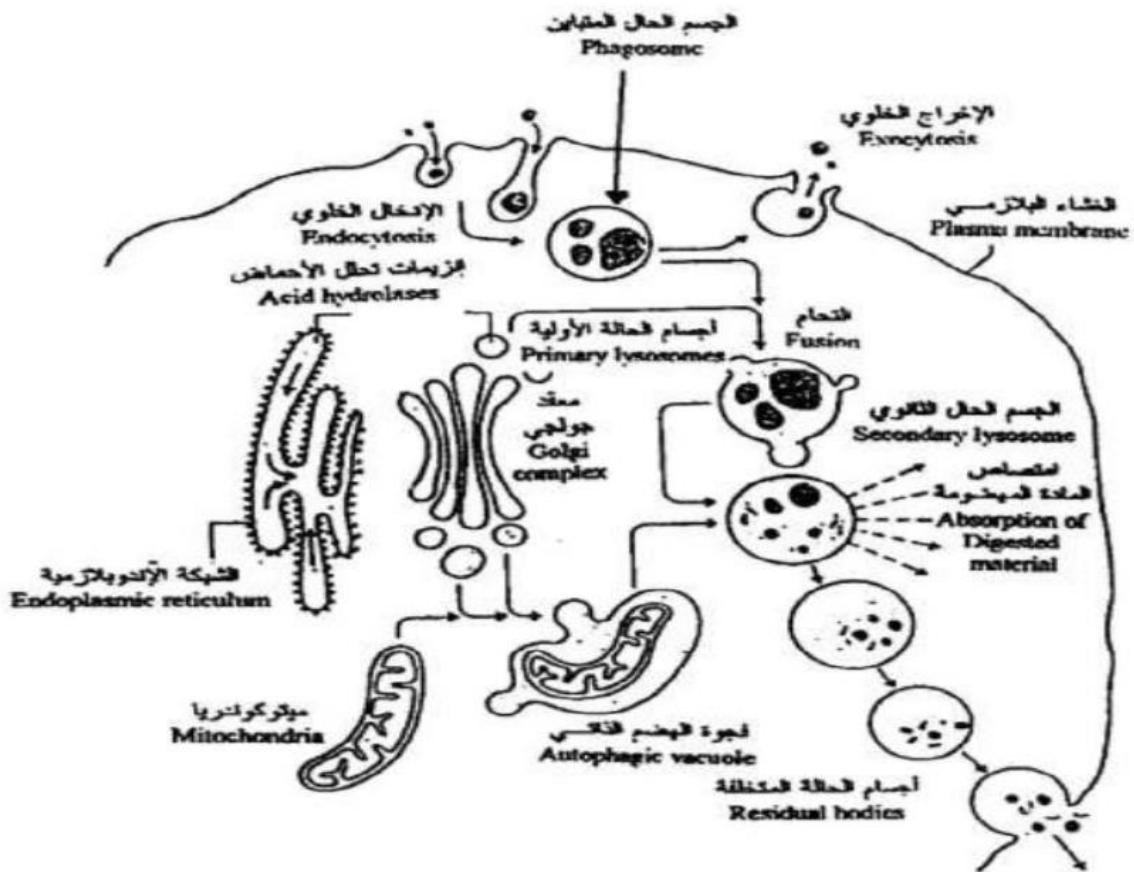
وتنتج من التحام الاجسام الحالة الاولى مع الفجوات الحاوية على مواد ملتهمة تسمى الجسم الملتهم phagosome الذي يلتحم بدوره مع الاجسام الحالة المغايرة heterolysosome ويهضم بواسطة انزيمات التحلل المائي .

٣- الاجسام المتبقية Residual bodies

ان هذه الاجسام هي المراحل النهائية للاجسام الحالة المغايرة والاجسام الحالة الذاتية معا فبعد عملية هضم المحتوى ذات المنشأ الخارجي أو الداخلي تترك في الاجسام الحالة الثانوية متبقيات غير قابلة للهضم و لما كانت الاجسام الحالة الثانوية تستطيع القيام بعدد من الاعمال الهضمية المتعاقبة مستخدمة الانزيمات نفسها ينتج عن الاجسام الحالة الثانوية تجمع المتبقيات.

٤- الاجسام الحالة الذاتية Autolysosomes

تتخصص الاجسام الحالة الثانوية للالتهام الذاتي و الاجسام الحالة الذاتية عموما تتميز بوضوح عن الاجسام الحالة المغايرة و ذلك بسبب وجود عضيات الخلية في مختلف مراحل الاضمحلال وتكتسب بعض الاجسام الملتهممة الذاتية انزيماتها المحللة في اثناء تكوينها وذلك من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة او معقد كولجي، اما الاجسام الملتهممة الذاتية الاخرى فتكون بدون انزيمات محللة و عليه يجب ان يحصل التحام بينها و بين الاجسام الحالة الاولى. الشكل رقم (٨-٩).



الشكل رقم (٨-٩) يبين مخططاً لأنواع المختلفة من الاجسام الحالة وعلاقتها بالادخال والاخراج الخلوي

الوظيفة Function

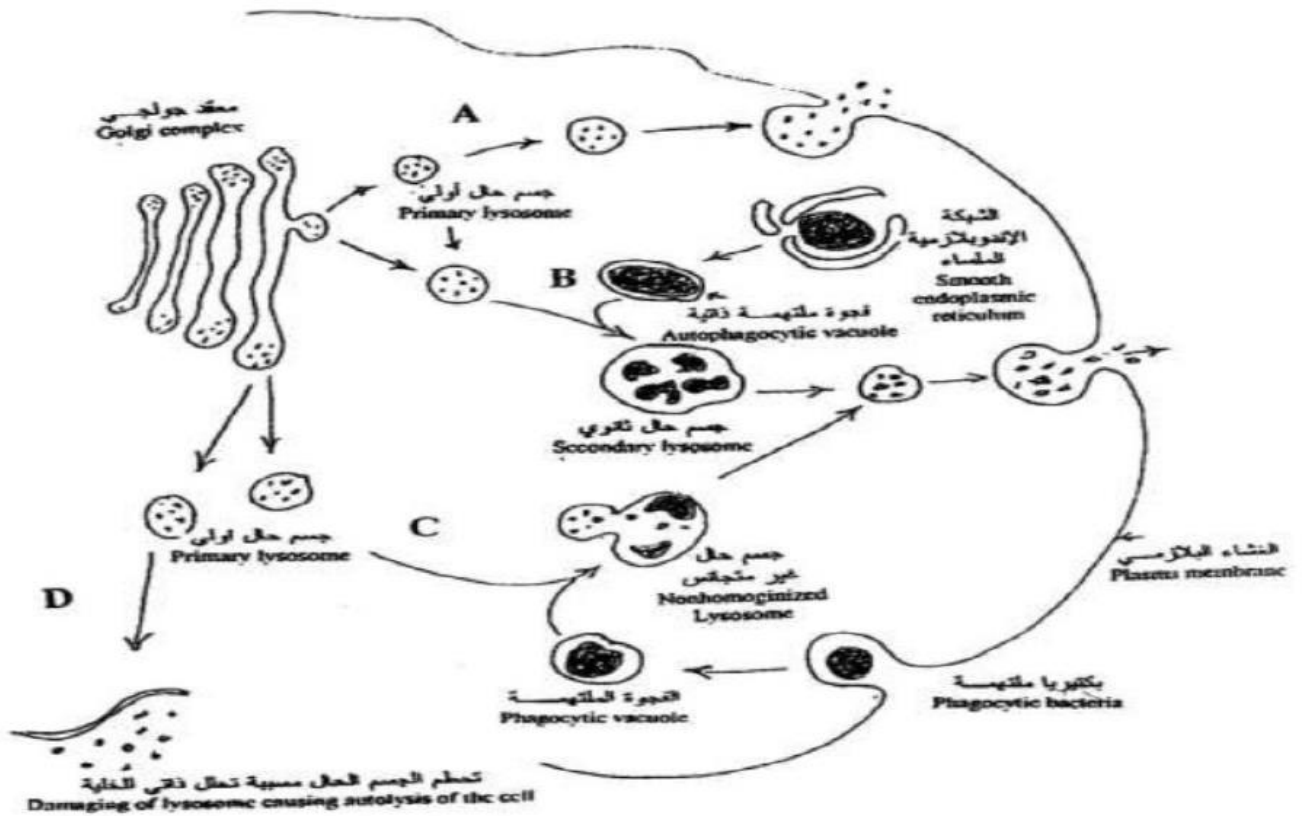
هنالك العديد من الوظائف التي تقوم بها الاجسام الحالة و هي :-

١ - تهضم انزيمات الاجسام الحالة البروتينات وتحولها الى ثنائي الببتيد والكاربوهيدرات الى سكريات احادية monosaccharides بينما لا تهضم بعض السكريات الثنائية (السكروز) والسكريات المتعددة (الدكسترين) والانسولين وتبقى في داخل الاجسام الحالة

٢ - خلال النمو تكون الاجسام الحالة فعالة في اعادة تنظيم الانسجة فعلى سبيل المثال خلال دورة الاستحالة metamorphosis للبرمائيات هنالك اعادة تنظيم الانسجة و ذلك باتلاف العديد من الخلايا و يتم ذلك بواسطة انزيم الاجسام الحالة فمثلا اضمحلال degeneration ذيل الدعوضة tadpole tail ينتج بواسطة انزيم الكاثابيسين cathapsins الانزيم الهاضم للبروتين الموجود في الاجسام الحالة و من الممكن ملاحظة انه مع اختفاء الذيل فان تركيز الكاثابيسين يزداد بالتدرج مع بقاء الكمية الكلية للانزيم ثابتة.

٣ - تعد الجسام الحالة ذات اهمية خاصة في الطب فمثلا لها فعل في التهاب المفاصل الروماتيزي rheumatoid arthritis وفي التسمم السليكي silicosis وداء النقرس gout

٤ - تكون الاجسام الحالة لكريات الدم البيضاء والمونوسايت monocyte اساسية في الحماية والوقاية ضد البكتريا و الراشح . الشكل رقم (٨ - ١٠).



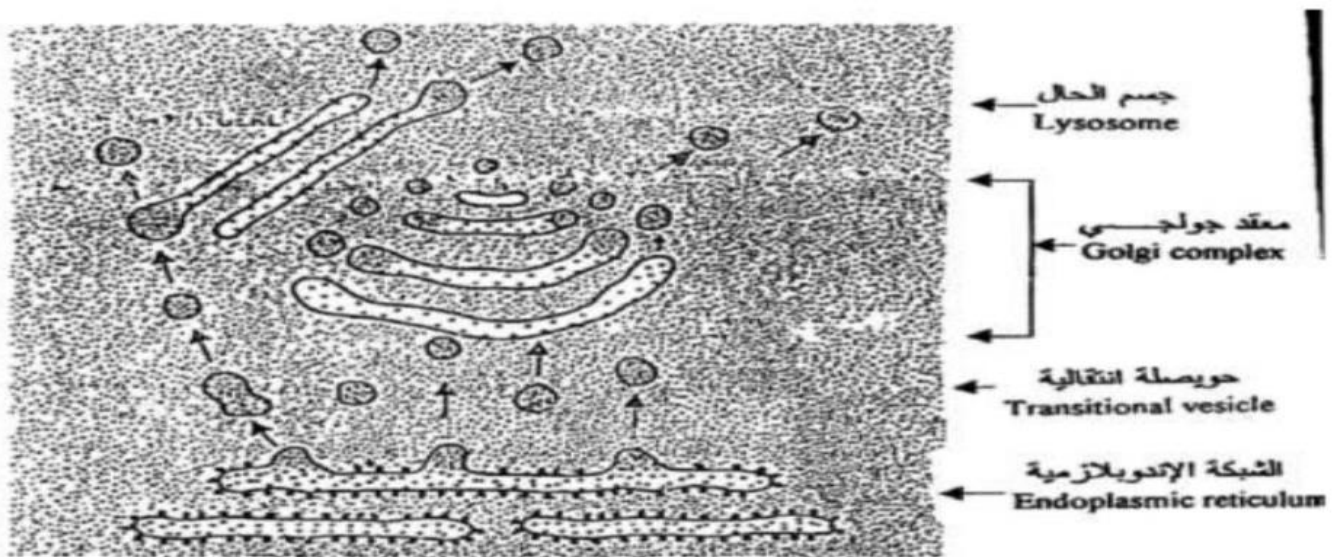
الشكل رقم (٨ - ١٠) يبين شكلاً تخطيطياً لدور الاجسام الحالة في الحماية ضد البكتريا

- ٥- كما وجدت الاجسام الحالة في خلايا النبات حيث تشترك في تحلل و ازالة البروتين والنشأ في البادرات seedling خلال عملية الانبات germination
- ٦- كما ان بعض الانسجة النباتية تعاني ارتداداً " بعد فترة النشاط بواسطة فعالية الاجسام الحالة و مثال ذلك انسجة الرحم حيث يكون وزنها بعد الولادة مباشرة ٢ كغم و لكن يعود بعد ٩ ايام الى حجمه الطبيعي و يزن ٥٠ غم و قد لوحظ خلال هذه الفترة ان عددا كبيرا من الخلايا ذاتية الهضم تقوم بهضم جميع المخلفات و المواد خارج الخلية و جزء من البطانة الداخلية للرحم .
- ٧- هضم المح خلال النمو الجنيني.
- ٨- تحطيم كريات الدم الحمراء القديمة والميتة.
- ٩- تحلل الجلطات الدموية.
- ١٠- تقشير الجلد
- ١١- تلعب دوراً في التغذية في الحيوانات الابتدائية.

أصل الاجسام الحالة Origin of lysosomes

يوجد العديد من الاحتمالات التي وضعت حول مصدر الاجسام الحالة و اهم هذه الاحتمالات هي :

- ١- ان تكوين الاجسام الحالة يتم من معقد كولجي وقد اقترح بعض العلماء ان الانزيمات الموجودة في الاجسام الحالة يكون مصدر انتاجها نوعاً من الرايبوسومات المصاحبة للشبكة الاندوبلازمية وتنقل بعد ذلك الى جهاز كولجي الذي يكون بدوره الاجسام الحالة.
- ٢- يمكن افتراض ان الشبكة الاندوبلازمية القريبة من معقد كولجي قد تشارك في نشوء الاجسام الحالة خاصة في المراحل الاولى. الشكل رقم (٨-١١).



الشكل رقم (٨-١١) يبين كيفية نشوء الاجسام الحالة من الشبكة الاندوبلازمية

٣- اظهرت دراسات اخرى تعتمد على تحليلات الكيمياء الحيوية و دراسة المجهر الالكتروني ان تكوين الاجسام الحالة قد يتم في موقعين معتمداً على نوع الشبكة الاندوبلازمية.

ثالثاً :- الاجسام الدقيقة Microbodies

وهي اجسام صغيرة بيضوية أو كروية الشكل يتراوح قطرها بين ٠,٢-١,٥ مايكروميترًا" وتختلف عن الاجسام الحالة في محتوياتها الانزيمية و بالتالي في وظيفتها و تكون محاطة بغشاء مفرد من الدهن والبروتين وتنشأ الاجسام الدقيقة من خلال عملية التبرعم للشبكة الاندوبلازمية الناعمة ثم تنفصل عنه ولهذا السبب فان الاجسام الدقيقة تقع قريبة من الشبكة الاندوبلازمية والميتوكوندريا الشكل رقم (٨-١٢) او البلاستيدات الخضراء تظهر اكثر كثافة منها عند التشخيص بطريقة كثافة السكروز المتدرجة sucrose density gradient ويتراوح عدد الاجسام الدقيقة لكل خلية بين ٧٠-١٠٠ عضية.

انواع الاجسام الدقيقة Types of microbodies

اثبتت الدراسات باستخدام المجهر الالكتروني وجود نوعين من الاجسام الدقيقة :-

١ - البيروكسيسومات peroxisomes

و هي عبارة عن اكياس مكونة من غلاف واحد وقد لوحظت هذه العضيات عام ١٩٦٩ من قبل de Duve وسماها بهذا الاسم وتكون موجودة في خلايا الكبد والكلية والابتدائيات بالاضافة الى الخلايا النباتية الشكل رقم (٨-١٣) وتحتوي على انزيمات الاوكسيداز oxidase ومسؤولة عن نقل ذرات الهيدروجين الى الاوكسجين الجزيئي O_2 لتكوين بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ولما كان بيروكسيد الهيدروجين الناتج من التفاعل مركبا وسطياً فان تسميتها بهذا الاسم يعد ملائماً جداً وتحتوي البيروكسيسومات عدداً من انزيمات الاكسدة و تشمل :-

- | | |
|--|--------------------------|
| ١ - الانزيم المؤكسد للاحماض الامينية | D-amino oxidase |
| ٢ - يوريت ديهيدروجينز | Urate dehydrogenase |
| ٣ - ستريت ديهيدرجينز | Citrate dehydrogenase |
| ٤ - ايزوستريت ديهيدروجينز | Isocitrate dehydrogenase |
| ٥ - اسيتايل كوانزايم A اوكسيدز | Acetyl CoA.oxidase |
| ٦ - بولي امين اوكسيدز | Polyamine oxidase |
| ٧ - انزيمات اكسدة الاحماض الدهنية نوع بيتا | B-Hydroxy acid oxidase |
| ٨ - كاتاليز | Catalase |
| ٩ - بيروكسيديز | peroxidase |

توجد الكلايوكسيسومات في انسجة النباتات الشكل رقم (٨-١٤) وبعض الكائنات المجهرية ومن ضمنها اليوغلينا *Euglena* والنيوروسبورا *Neurospora* والكلوريل *Chlorella* ومن مميزات عضوية الكلايوكسيسوم احتواءها على انزيمات دورة الكلايوكسيليت *Glyoxylate cycle* والتي هي عبارة عن دورة محورة عن دورة كريبس *Kreb's cycle* تستخدم لتحويل الشحوم *Fats* الى سكريات وخاصة خلايا اندوسبيرم الخروج فضلا عن احتواءها على كل من انزيمات البيروكسيسوم و ان الغاية من وجود انزيمات دورة الكلايوكسيليت في النباتات و بعض الكائنات الدقيقة هو توليد كمية وافرة من الاوكزالو اسيتيت *Oxaloacetate(OA)* حيث يتحول قسم منه الى فوسفو اينول بايروفيت (PEP) ومنه الى سكر الكلوكوز بواسطة مسار الكلوكونيوجينيسيس *Gluconeogenesis* وفي بعض النباتات

وظائف الاجسام الدقيقة *Function of microbodies*

للاجسام الدقيقة وظائف مختلفة باختلاف الكائنات الحية و كذلك باختلاف انسجتها و عليه فان الاجسام الدقيقة تشترك في جملة من الوظائف الاتية :-

١ - حماية الخلايا من سمية الاوكسجين العالية

٢ - تقويض البيورينات و البريميدينات و اكسدة الاحماض الامينية من نوع D

٣ - تحول الدهون الى سكريات في النباتات و ذلك يتم عن طريق اكسدة بيتا للدهون B- *Oxidation* حيث تحولها الى *acetylCOA* و هذا بدوره يدخل دورة الكلايوكسيليت فيتحول الى اوكزالو اسيتيت (OA) من ثم يتحول عن طريق مسار الكلوكونيوجينيسيس الى الكلوكوز.

٤ - تنظيم نمو النباتات و ذلك من خلال استهلاك المواد المختزلة الفائضة من

FADH₂, NADPH, NADH

٥ - بناء كل من الاحماض الامينية كلايسين (Gly) وسيرين (Ser) ويعد كل منهما مولدا للبناء الحياتي لـ C_1 اما الكلايسين نفسه فيقوم بجملة من الوظائف الاتية :-

١ - حامل لذرة كاربون واحدة لادخالها على شكل فورمات *formate carrier*

٢ - يدخل في تركيب البروتينات

٣ - يدخل في تركيب الكلوتاثاينون *Glutathione*

٤ - ازالة سمية حامض البنزويك *Benzoic acid* حيث يتفاعل معه فيكون راسباً من حامض الهيپوريك *Hippuric acid* يطرح خارج الجسم.

٥ - مادة اولية لتوليد الكرياتنين *creatinine*

٦ - مادة اولية لتوليد الهيم *Heme*

٧ - مادة اولية لتوليد البيورينات *purines*

٨ - يرتبط الكلايسين و الهورين *Haurine* باحماض الصفراء قبل افرازها في كيس الصفراء

٩ - يتحول الكلايسين بمسار الكلوكونيوجينيسيس الى سكر الكلوكوز كما في المخطط

الموضح ادناه:-

Gly→Ser→ Pyruvic acid→ glucose

١٠ - مصدر لتكوين الاحماض الامينية الاخرى

منشأ وتوزيع الاجسام الكلايوكسية

Distribution and origin of Glyoxysomes

تكوين الاجسام البيروكسية formation of peroxisomes

يعتقد بان الاجسام البيروكسية تنشأ كنمو خارجي من الشبكة الاندوبلازمية و ان انزيماتها تطلق الى حويضات الشبكة الاندوبلازمية بواسطة الرايبوسومات المتصلة و حتى لو ان هذه الفكرة قد دعمت بدراسة المجهر الالكتروني لكن الدراسات الحديثة التي استخدمت فيها خلايا الكبد تقترح ان في هذا النوع من الخلايا العديد من انزيمات الاجسام البيروكسية يبني بواسطة الرايبوسومات الحرة Free ribosomes (أي الرايبوسومات التي لا تتصل بالشبكة الاندوبلازمية) و ثم تطلق الى التجويف ومن هنالك تؤخذ الانزيمات ببطنى بواسطة اجسام بيروكسية اولية pre-existing peroxisomes.

السفيروسومات Spherosomes

تظهر هذه العضيات في الفحص بواسطة المجهر الالكتروني كتجمعات غير متجانسة في سايتوبلازم الخلية النباتية حجمها ٠,٨-١,٥ مايكروميتر ذات كثافة تشبه القطرات الزيتية وكحويصلات غشائية تتبرعم من الشبكة الاندوبلازمية، تحتوي هذه الحويصلات على انزيم Acid phosphatase الذي يزيل مجاميع الفوسفات من فوسفات الكليسيرول Glycerol phosphate ويربط الكليسيرول بالحوامض الشحمية Fatty acids بواسطة روابط استرية Ester bonds ، كما تحتوي على الفوسفاتيز الحامضي وكذلك الاستريس غير المتخصص (Esterase) non specific esterase ، كما يظهر علاقة لهذه العضيات والاجسام الحالة حيث منشأها من الشبكة الاندوبلازمية لتشابه في التركيب.

الميلانوسوم Melanosome

تعزى الاختلافات الموجودة بين لون بشرة الانسان الى معدل صبغة الميلانين التي تبني داخل عضيات خاصة تسمى Melanosomes وهي ذات اشكال بيضوية اقطارها تتراوح بين ٠,٣-١,٣ مايكرومترا وهي موجودة في خلايا متخصصة تسمى Melanocytes كما في الشكل (٨-١٦) وينشأ الميلانوسوم على هيئة خيوط داخل صهاريج SER ويمكن ملاحظته في الحويصلات التي تنشأ عنها تترسب هذه الخيوط داخل هذه الحويصلات.

الريبوسوم : عضية صغيرة كثيفة في الخلايا الحية تقوم بتجميع البروتينات. ويبلغ قطر الريبوسومة ١٥-٢٠ نانومتر، وتتألف من ٦٥% RNA ريبوسومي و ٣٥% بروتينات ريبوسومية. مهمته الأساسية ترجمة RNA المرسل إلى سلاسل ببتيدية تترايط فيما بعد لتشكيل البروتينات وبالتالي هو أحد المراكز المهمة في عملية تحويل المعلومات الوراثية إلى البروتينات المشفرة ضمن هذه الصيغة الوراثية . يمكن تخيل الريبوسوم على انه المصنع الذي يحول المعلومات الوراثية المشفرة إلى تسلسل ببتيدي من حموض أمينية . يمكن للريبوسومات ان تسبح في الخلية بحرية او ترتبط بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum أو إلى الغلاف النووي . nuclear envelope يعتبر الريبوسوم مجموعة ريبوزيم ribozyme، لوحظت الريبوسومات في منتصف الخمسينات من قبل عالم الأحياء الروماني جورج بالاد بواسطة المجهر الإلكتروني كجسيمات كثيفة او حبيبات.

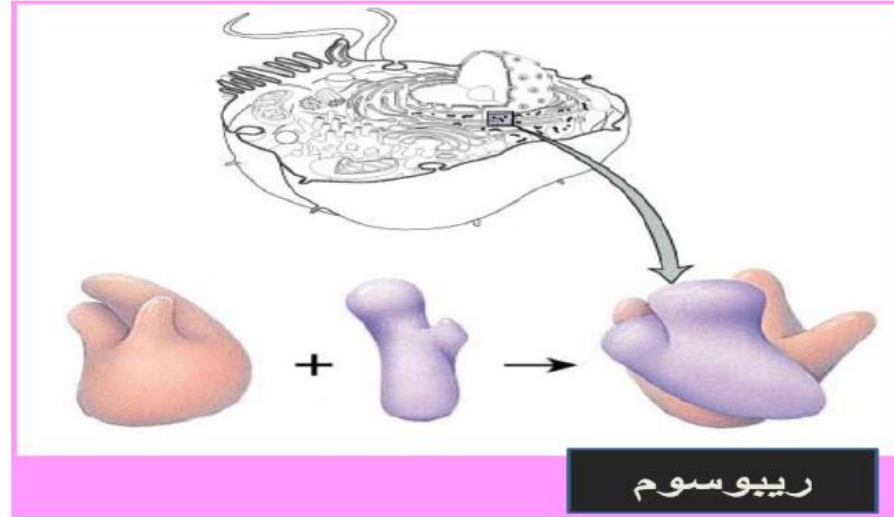
■ الريبوسومات :

- المكان الأساسي لتصنيع البروتينات .
- يتم تصنيعها في النوية ثم تخرج منها إلى السيتوبلازم عن طريق الثقوب الموجودة في الغلاف النووي.
- الخلايا البانية للبروتينات بكميات كبيرة تحتوي بصورة واضحة على نوويات و ريبوسومات عديدة.
- مثال: خلايا الكبد في الإنسان تحتوي على الملايين من الريبوسومات والبنكرياس يحتوي على بعض الملايين من الريبوسومات.

• يتم بناء البروتينات على الريبوسومات في موقعين في السيتوبلازم:

- ١- الريبوسومات الحرة: الريبوسومات المعلقة في السيتوسول.
- ٢- الريبوسومات المتصلة (المرتبطة) بالسطح الخارجي للشبكة الإندوبلازمية فتعطي الشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

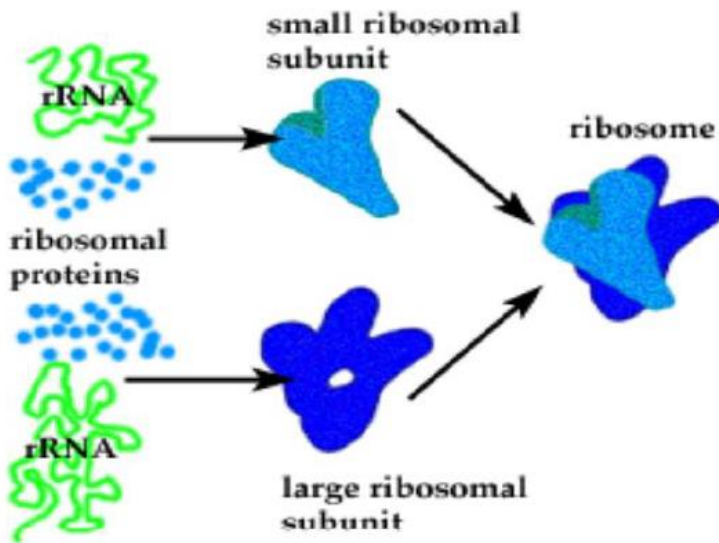
• الخلايا الإفرازية المتخصصة في إفراز البروتين عادةً تحتوي على العديد من الريبوسومات المرتبطة بالشبكة الإندوبلازمية (مثال: الخلايا البنكرياسية).



هذا الرسم
يوضح
الريبوسومات
المتصلة بالسطح
الخارجي للشبكة
الإندوبلازمية.

- توجد الريبوسومات في كل من الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة وهي متشابهة إلى حد كبير في شكلها وتركيبها ووظيفتها إلا أنها **أصغر حجماً في الخلايا البدائية النواة.**
- في كلا النوعين من الخلايا تتكون الريبوسومات من:
(i) r-RNA و (ii) بروتين.
- في كلا النوعين من الخلايا تتكون من وحدتين إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة.

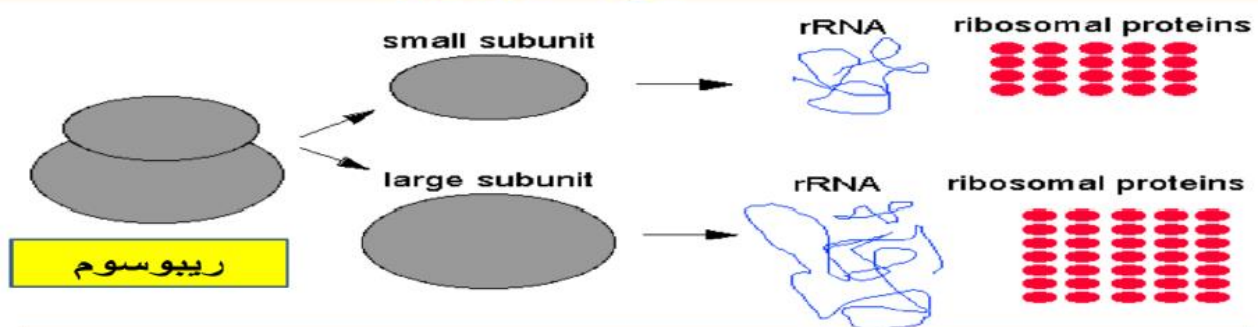
Translation : the ribosome



مكونات
الريبوسومات.
تتكون
الريبوسومات من
وحدة صغيرة
و أخرى كبيرة

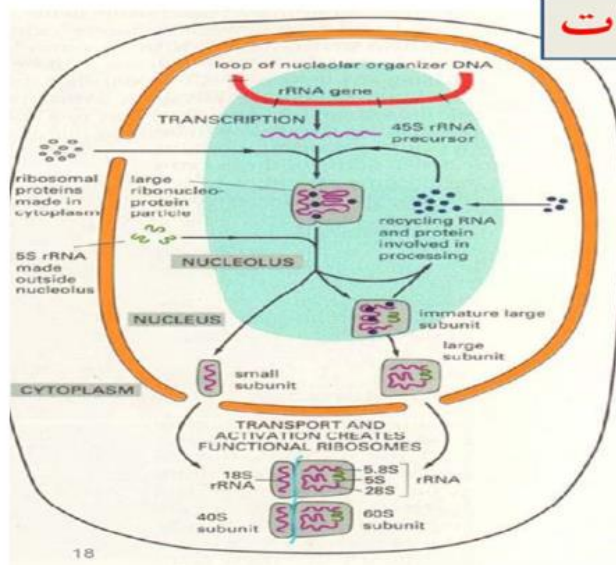
- البروتينات التي يتم تصنيعها على الريبوسومات في الخلايا بدائية الأنوية تختلف عن تلك التي يتم تصنيعها على الريبوسومات في الخلايا حقيقية الأنوية.

● **الوحدتان ليستا متصلتين ببعضهما بصورة دائمية ولكنهم يتحرران عند نهاية مرحلة كل تصنيع البروتين.**



تصنيع البروتينات بواسطة وحدة ريوسومية صغيرة و وحدة ريوسومية كبيرة

دور النوية في تصنيع الريبوسومات



(٣) هاتين الوجدتين يحصلون على صورتهم الوظيفية النهائية فقط عند عبورهم بصورة منفردة من خلال الثقوب النووية إلى داخل سيتوبلازم الخلية.

النواة والكروموسومات Nucleus and Chromosomes

لقد تم وصف النواة لأول مرة من قبل العالم روبرت براون Robert Brown سنة ١٨٣٥ على أنها تركيب ثابت لكل من الخلايا النباتية plant cells و الخلايا الحيوانية animal cells حيث تمثل الوحدة الرئيسية و الأساسية للتركيب و البناء و الوظيفة في الكائن الحي .

ان معظم الدراسات تكون معتمدة على الشكل العام و بصورة خاصة الكروموسومات chromosomes في خلال عملية الانقسام الخلوي Cell Division و لكن التقدم العلمي الذي حدث خلال الفترة الاخيرة باستعمال تقنيات خلوية جديدة لغرض دراسة النواة اسهم بصورة جيدة باغناء معلوماتنا حول الكيمياء الحيوية وفسلجة النواة حيث تحتوي جميع الخلايا الحقيقية النواة على نواة واحدة او اكثر في بعض مراحل حياتها و مثال على هذه الخلايا التي تحتوي على نواة في مرحلة معينة من حياتها فقط هو كريات الدم الحمراء التي تفقد نواتها عند النضج كما تفقد خلايا اللحاء Phloem في النبات والتي تقوم بنقل الغذاء في النبات نواتها عند النضج Maturity. ان فقدان الخلية نواتها قد يعني في معظم الاحوال موت الخلية و قد اجريت تجربة قام بها علماء الاحياء حيث انتزعت من الخلية نواتها بواسطة الجراحة الدقيقة فوجد ان هذه الخلية تموت بعد فترة محدودة و لكن اذا زرعت فيها نواة مرة اخرى عادت الخلية الى نشاطها و عندما تحتوي الخلية على نواة واحدة فانها تسمى وحيدة النواة uninucleate و اذا كان عدد النوى اكثر فانها تسمى متعددة النواة Multinucleate فمثلا

المدمج الخلوية coenocytic للألياف العضلية المخططة أو في بعض الفقرات و الطحالب كما تحتوي بعض الخلايا المسببة لتحلل العظام osteolysis على عدة نوى علما بان عدد النوى قد يصل الى المائة.

المظاهر العامة للنواة General features of Nucleus

خلال الطور البيني Interphase وفي دورة حياة الخلية تفقد النواة عادة الشكل الدائري ويصل قطرها الى حوالي ١٠ مايكرومتر الا ان شكل وحجم وموقع الانوية يختلف باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species وفي بعض الحالات يعتمد شكل النواة على شكل الخلية التي تحملها ففي الخلايا الدائرية او المكعبة او المتعددة الاضلاع يكون شكل النواة دائري عموماً و تميل النواة لأن تأخذ شكلاً بيضوياً او متطاولاً في الخلايا الاسطوانية او المعينية أو المغزلية كما يمكن ان نلاحظ انوية غير منتظمة الشكل فمثلاً بعض خلايا الدم البيض leucocytes يكون شكل النواة مشابها لحذوة الحصان او تكون متعددة الفصوص و تكون النواة متفرعة في الخلايا الغدية للعديد من الحشرات بينما تكون انوية الحيامن بيضوية او كمثرية او رمحية الشكل. يمكن ان يتم تغيير حجم النواة او شكلها دون تغيير محتواها من الحامض الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA ويختلف حجم الانوية ايضاً باختلاف الخلايا وباختلاف النوع species و تميل النواة الى الاحتفاظ بنسبة ثابتة بين حجمها و حجم الساييتوبلازم الذي يحتويها و يعبر عن ذلك بمعامل البلازما النووية Nucleoplasmic index و للاختصار يشار اليه NP و المعبر عنه بالمعادلة التالية " هنالك شواذ كثيرة لهذه القاعدة "

حجم النواة (Nv)

$$\frac{\text{حجم النواة (Nv)}}{\text{حجم الساييتوبلازم (Cv)}} = N_p$$

حجم الساييتوبلازم (Cv) - حجم النواة (Nv)

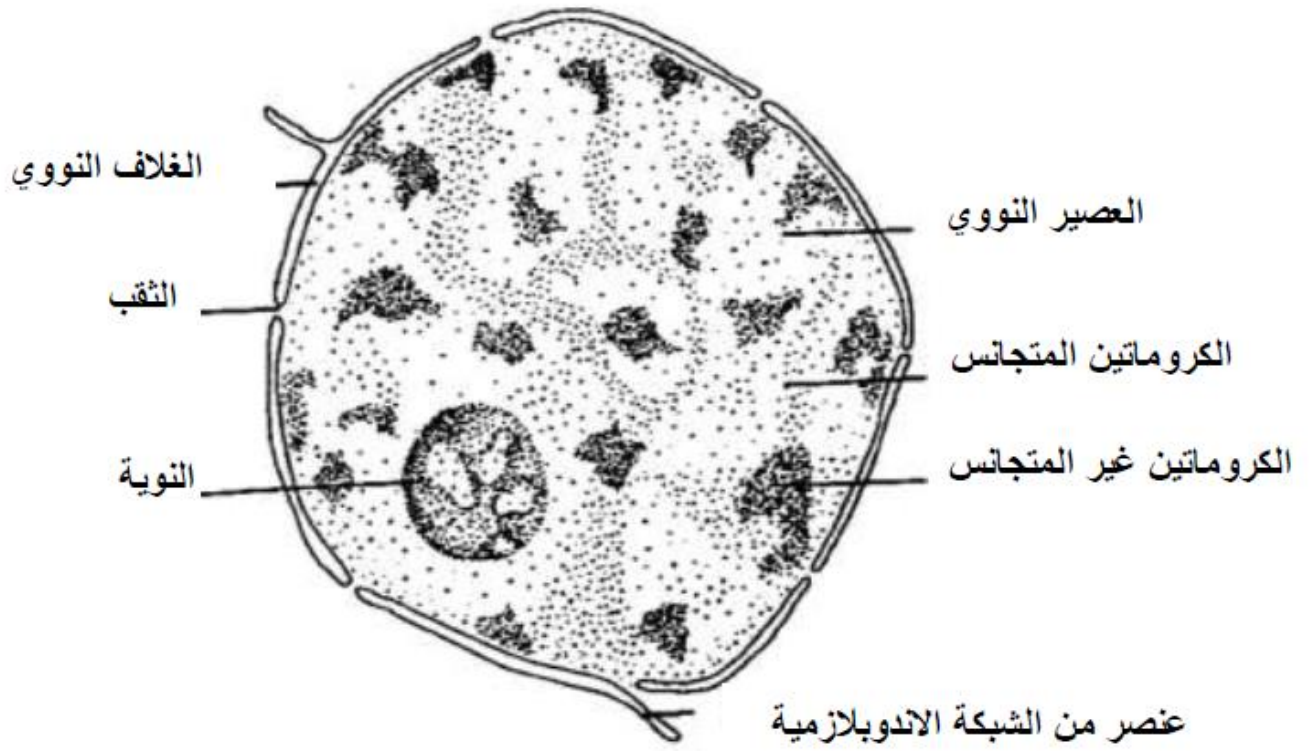
يسبب نمو الخلايا البنوية (Daughter cells) تغيراً في التوازن بين الحجم النووي والساييتوبلازمية وهذا التغير يمكن ان يؤدي الى تكاثر الكروموسوم وبالتالي تبدأ دورة اخرى كما ويزداد حجم النواة في العضو الواحد بتقدم الخلايا في العمر. ان النواة كغيرها من العضيات الخلوية الاخرى تركيب ديناميكي معرض للتغير في شكله وموقعه. ان الانوية تحتل عادة موقعاً مركزياً في الخلايا الجنينية والمرستيمية وكذلك الخلايا التي تمتلك فجوات قليلة او صغيرة حيث يعمل تكون الفجوات الكبيرة في الخلية على تحريك النواة من موقعها في الخلية بالاضافة الى ان الانسياب الساييتوبلازمي cytoplasmic streaming يعمل على تغيير موقع النواة والعضيات الاخرى وان افضل مثال لحركة الانوية يتمثل باتحاد انوية الكاميتات اثناء عملية الاخصاب للببيضة والخلايا المركزية للكيس الجنيني. ان معظم انواع الخلايا تحتوي عادة نواة واحدة ويشذ عن هذه الحالة انواع اخرى من الخلايا حيث توجد خلايا ثنائية النواة كما هو الحال في بعض انواع خلايا الكبد والخلايا الغضروفية وتوجد خلايا اخرى تحتوي على اكثر من نواتين . فالخلية التي تحتوي على نواة واحدة تسمى بالخلية احادية النواة Mononucleate

وتدعى الخلية التي تحتوي على نواتين بالخلية ثنائية النواة Binucleate اما الخلية التي تحتوي على أكثر من نواتين فتدعى بالخلية متعددة النوى Polynucleate كالخلايا الناقضة للعظم Osteoclasts ويصل عددها في بعض الخلايا ١٠٠ نواة في الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts وكذلك الحال بالنسبة للليف العضلي المخطط والطحالب.

نواة الطور البيني The Interphase Nucleus

في النماذج المثبتة والمصبوغة يمكن تمييز النواة بتركيبها المعقد الذي يختلف باختلاف الخلايا المدروسة وبنوع المثبت المستعمل وعلى العموم يمكن تمييز التراكيب التالية في نواة الطور البيني الشكل رقم (٩-١) باستعمال المجهر الضوئي:

- ١- الغلاف النووي Nuclear envelope: الذي يظهر كحد فاصل بين النواة والساييتوبلازم.
 - ٢- البلازما النووية Nucleoplasm (أو الخلط النووي Nuclear sap): الذي يملأ معظم فراغ النواة وتوجد ضمن هذا الجزء مناطق غير كثيفة من الكروماتين chromatin التي تمثل الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات بحالتها المنتشرة (غير المكثفة) ان هذه المناطق تقابل ما يطلق عليه بالكروماتين الحقيقي Euchromatin .
 - ٣- المراكز الملونة chromocenters او النويات الكاذبة False Nucleoli الذي يمثل مع خيوط الكروماتين الملتوية اجزاء من الكروموسومات التي تبقى كثيفة في الطور البيني أي ان الجزيئات الكبيرة المكونة للكروموسومات في هذه المناطق تكون متجمعة بكثافة وان هذه المناطق الكثيفة من الكروماتين التي تسمى بالكروماتين المتباين Heterochromatin تلاحظ مراراً قرب الغلاف النووي وتكون ايضاً ملاصقة للنوية Nucleolus .
 - ٤- النويات Nucleoli : التي تكون عموماً دائرية الشكل تلاحظ جيداً في الخلايا العصبية وخلايا البنكرياس وخلايا اخرى وتكون فعالة جداً في بناء البروتين وتكون مكونات النوية غير معزولة عن مكونات النواة بغشاء وتحتوي النواة على نوية مفردة او عدة نويات كما انها عادة حامضية التفاعل وتحتوي على البروتينات النووية الرايبوزية Ribonucleoproteins .
- ان المعلومات التي يحصل عليها عن التراكيب الاربعة السابقة باستعمال المجهر الضوئي هي معلومات قليلة مقارنة بما يحصل عليه عند استخدام المجهر الالكتروني حيث تظهر هذه التراكيب بشكل واضح وهذا ما ساهم في الحصول على معلومات تفصيلية عن تركيب النواة .



الشكل رقم (٩-١) رسم تخطيطي يبين المظهر العام لنواة الطور البيني

التركيب الدقيق للنواة في الطور البيني

Ultrstructure of the interphase nucleus

توجد البروتينات النووية إما في حالة مكثفة (كروماتين متباين Heterochromatin) أو بصورة مشتتة (كروماتين حقيقي Euchromatin) يعطي كلا نوعي الكروماتين تفاعل موجب لصبغة فولكن Feulgen stain الخاصة بالـ DNA. يحتل الكروماتين الحقيقي عادة المساحات الفاتحة (المضيئة) من البلازما النووية ويشكل الكروماتين المتباين المراكز الملونة المصبوغة بشدة. تحتوي النواة على مكونات أخرى إضافة إلى التراكيب الحاوية على DNA مؤلفة بصورة رئيسية من البروتينات الرايبوزية Ribonucleoproteins وإن أكثر هذه المكونات وضوحاً هي النوية Nucleolus والتي سنتناولها لاحقاً. توجد عدة تراكيب مكونة من البروتينات النووية الرايبوزية ممتزجة بين مسامات الكروماتين هذه التراكيب التي تم تمييزها بالمجهر الإلكتروني وخلال استخدام أيونات اليوراسيل Uracil ions وطرق استخلاص معينة يمكن تمييز المناطق الحاوية على DNA عن المناطق الحاوية على RNA في نواة الطور البيني فكل النوعين من الحوامض النووية يصطبغان بشدة ولكن يكون الـ

DNA أكثر وضوحاً بالصبغات النووية كذلك بخلات اليوراسيل Uracil acetate وعوملت بعد صبغها بمادة ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) الذي يزيل ايونات اليوراسيل من الـ DNA على نحو مميز تعتبر EDTA مادة قلوية التي ترتبط بمجاميع الفوسفات للـ DNA وبالتالي تزيح ايونات اليوراسيل بهذه الطريقة تصبح التراكيب الحاوية RNA للنواة والرايبوسومات في الساييتوبلازم أكثر وضوحاً وبعبارة أخرى تصبح التراكيب الحاوية على RNA أكثر كثافة من التراكيب الحاوية على DNA لقد ساهمت طرق تقنية منها استخلاصات خاصة او معاملات انزيمية في معرفة التركيب الدقيق للنواة .

النوية The Nucleolus

تعتبر النوية احدى مكونات النواة التي تظهر بصورة حبيبات كثيفة ضمن النواة الشكل رقم (٩-٦) وقد وصفت من قبل فونتانا Fontana في عام ١٧٨١ وفي عام ١٨٩٨ استعرض العالم مونتكومري Montgomery هذا الموضوع معتمداً على ٧٠٠ مرجعاً وقد تمكن من وضع الاستنتاجات التالية:

١- وجود النويات في جميع النوى تقريباً (ويعبر عن هذا الان بان جميع نوى خلايا حقيقية النواة تقريباً تحتوي نويات).

٢- يختلف عدد النويات من واحدة الى عدة مئات للنواة الواحدة غير ان العدد الناتج يكون اما واحدة، اثنتان، ثلاثة او اربعة نويات في النواة الواحدة.

٣- يكون تركيب النوية ديناميكي يتغير اثناء عملية الانقسام وكذلك خلال الطور البيني.

٤- لا تصطبغ بنفس طريقة صبغ الكروموسومات.

٥- تكون نامية بصورة جيدة في الخلايا النشطة جداً في النمو والبناء وتختلف النويات في

شكلها وحجمها فهي غالباً دائرية الشكل يتراوح قطرها بين ٢-٤ مايكرومتراً كما قد

تكون بشكل مجسم ناقص يصل محوره الطولي تقريباً (٦) مايكرومتراً كما في خلية

الفلق حيث يعتبر هذا النوع من الخلايا مثال جيد لخلايا تكون نواتها محتوية على نوية

كبيرة الحجم وكذلك وفي الوقت نفسه تكون هذه الخلايا نشطة في البناء الكثيف للبروتين

كما قد تكون النوية غير منتظمة الشكل ويلاحظ هذا الشكل غير المنتظم في انوية الخلايا

التي تكون في الطور التمهيدي prophase من الانقسام. ان النوية تظهر عند فحصها

بواسطة المجهر بانها غامقة اللون بالاضافة لكونها كثيفة وتحتوي على فجوات غير

غشائية تسمى Nucleolar vacuoles وفي نهاية القرن التاسع عشر تم اثبات بأن

هنالك علاقة ما بين حجم النوية والفعالية البنائية للخلية وقد لوحظ بأن النويات كانت

صغيرة او مفقودة في الخلايا ذات الفعالية القليلة في بناء البروتين مثل خلايا النطف

والبلاستوميرات Blastomeres وغيرها بينما كانت كبيرة في الخلايا المولدة للبيوض

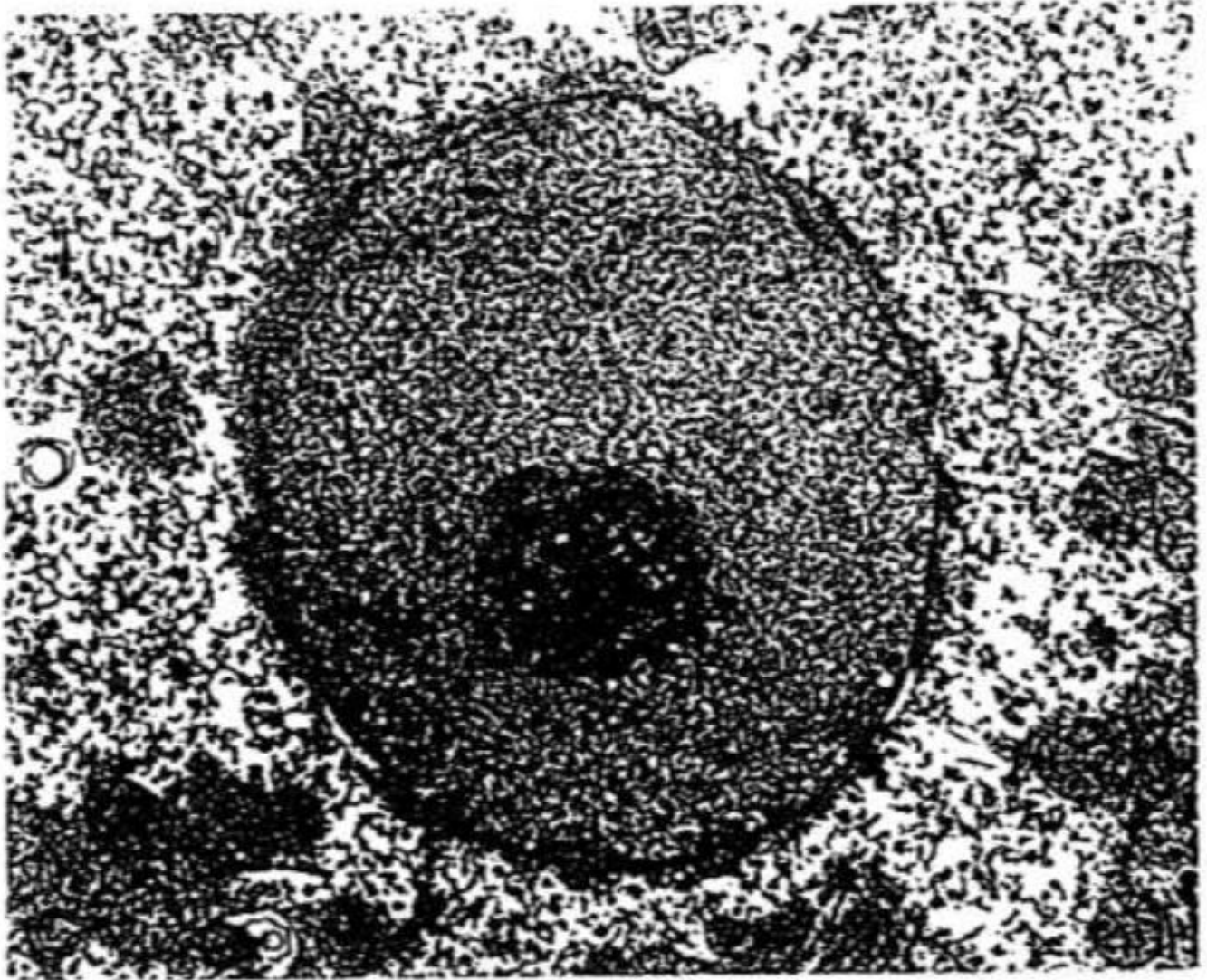
والخلايا العصبية وخلايا الافراز حيث يعتبر بناء البروتين في هذه الخلايا الصفة المميزة

والدائمة فيها. تظهر النوية في الخلية الحية بصورة اجسام عالية الانكسار وسبب ذلك

هو نتيجة التركيز العالي للمادة الصلبة التي يمكن قياسها بالمجهر متداخل الاطوار

Interference microscopy والتي تشكل حوالي ٨٠% من الكتلة الجافة. وخلال

المجهر الضوئي تظهر النوية عموماً متجانسة من حيث التركيب ولو ان قطيرات وفجوات صغيرة يمكن ملاحظتها وتتصل عادة بغشاء النواة الداخلي وبعض هذه الفجوات تبدو وكأنها تعبر في الساييتوبلازم. يلاحظ في بعض الخلايا الحية خصوصاً بعد تثبيتها وصبغها بالصبغات الفضية تركيب خيطي يسمى بخيط النوية Nucleonema.



الشكل رقم (٩-٦) صورة بالمجهر الالكتروني تظهر نواة فيها حاوية على نوية (عن حيدر والحاسي ، ٢٠٠٤)

التركيب الكيميائي للنوية Chemical structure of nucleolus

لقد عزلت النويات من خلايا البيوض غير الناضجة Oocytes للحيوانات المائية ومن خلايا الكبد وتحتوي في الغالب على الحامض النووي RNA بنسبة ٣%-٥% ان هذه الكمية اقل من الكمية المشار اليها في الدراسات الكيميائية الخلوية حيث يحصل بعض الفقدان خلال الاستخلاص. يصل محتوى نويات اجنة الباقلاء من الحامض النووي RNA ١٠%-٢٠% من مجموع RNA النواة وان القواعد النيتروجينية المكونة للحامض النووي RNA الموجود في

النوية تشابه تلك القواعد المكونة للحامض النووي RNA في الرايبوسوم وتشكل البروتينات النسبة العالية من المكونات الكيميائية للنوية وتشير بعض الدراسات الى ان المكونات البروتينية الرئيسية في النوية هي البروتينات المفسفرة phosphoproteins ولم يلاحظ وجود بروتينات من نوع الهستونات Histones في النويات المعزولة حيث يكون اختبار صبغة الاخضر السريع fast green سالبا توجد ادلة على مستوى الكيمياء الخلوية حول وجود تركيز عالي من Orthophosphate الذي يعمل كمادة مكونة لفسفور الحامض النووي RNA. واما مايخص المحتوى الانزيمي للنوية فقد اكدت الطرق التقنية الخاصة بعزل الانزيمات الى وجود الانزيمات التالية في النوية:

- 1- acid phosphatase,
- 2- Nucleoside phosphorylase
- 3- synthesizing enzymes.

دورة النوية Nucleolar cycle

تعاني النويات خلال الانقسام المايئوزي تغيرات دورية. حيث اظهرت الدراسات المبكرة ان النويات تختفي في بداية الانقسام الخلوي وتعاود الظهور في نهايته وان العلاقة بين دورات

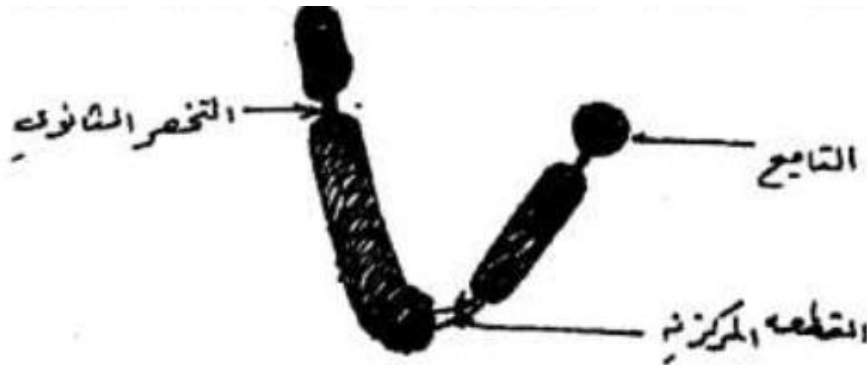
النوية والدورات الكروموسومية قد وضحت بشكل جزئي خلال البحوث التي اجريت على الخلايا النباتية حيث وجد ان للنويات علاقة وثيقة بكروموسومات معينة حيث تتصل كل نوية بزواج من الكروموسومات وتسمى منطقة الاتصال بمنطقة تنظيم النوية. ولقد لوحظ بانه في الخلايا المرستيمية للبصل *Allium cepa* ان النوية تحتوي على حلقة من الكروماتين (DNA) التي تمتد من كروموسوم النوية خلال الطور التمهيدي المتأخر late prophase وتبدأ هذه الحلقة الكروماتينية بالتقلص والحلزنة يتبعها تفرق اجزاء النوية الاخرى وانتشارها في البلازما النووية وخلال الطور النهائي تبدأ النوية بالتكوين على مرحلتين: فخلال بداية ومنتصف الطور النهائي تتصل النوية بالحلقة الكروماتينية الممتدة من كروموسوم النوية وتظهر الى الداخل منها المادة الليفية والحبيبية وتكتمل النوية في المرحلة المتأخرة من الطور النهائي وهذا يدعو الى الاستنتاج ان الحلقة الكروماتينية من كروموسوم النوية تحتوي على المعلومات الوراثية او الجينات الخاصة ببناء مواد النوية.

الكروموسومات Chromosomes

تعد الكروموسومات اجسام خيطية تظهر عند صبغها غامقة اللون منتشرة في العصير النووي والكروموسومات كلمة مشتقة من اللغة اليونانية القديمة (مصطلح يوناني) مؤلفة من مقطعين هما Chroma وتعني اللون و soma وتعني جسم وقد استخدم هذا الاسم لأول مرة من قبل الباحث والديير Waldyer عام ١٨٨٠ للإشارة الى التراكيب الخيطية الموجودة في النواة. لقد درست هذه التراكيب بصورة كبيرة مقارنة ببقية العضيات الخلوية ففي العام ١٩٠٣ اشار الباحث سوتون Sutton الى ان الموروثات (الجينات Genes) محمولة على هذه التراكيب. وقد اثبت الباحث موركان Morgan خلال تجاربه على حشرة الدروسوفيلا وجود الجينات على الكروموسومات. ومما يميز هذه التراكيب عن غيرها قابليتها على التكاثر الذاتي والحفاظ على صفاتها الوظيفية والشكلية اثناء انقسام الخلية.

المظهر الخارجي Morphology

تظهر الكروموسومات على شكل خيوط ملتوية داخل النواة وان طول الكروموسوم وحجمه يتغيران اثناء مراحل دورة الخلية. وان اطوار انقسام الخلية هي افضل المراحل لدراسة شكل الكروموسوم وخصوصاً الطور الاستوائي والطور الانفصالي حيث تظهر على شكل اجسام اسطوانية ذات كثافة عالية وتصطبغ بشدة بالصبغات القاعدية. يحوي كل كروموسوم منطقة (تخصر) تعرف بالقطعة المركزية centeromere أو Kinetochore والتي تقسم الكروموسوم الى ذراعين الشكل رقم (٩-٨).



الشكل رقم (٩-٨) أ. صورة بالمجهر الالكتروني لكروموسوم الانسان في مرحلة الطور الاستوائي. ب. الشكل العام لكروموسوم (عن الجنابي ، ٢٠٠٩)

تصنيف الكروموسومات Chromosomes classification

يمكن تصنيف الكروموسومات على اساس موقع القطعة المركزية الى اربعة اصناف الشكل رقم (٩-٩) وهي:

١- كروموسوم وسطي التمرکز Metacentric

حيث يكون موقع القطعة المركزية في وسط الكروموسوم تماماً حيث يقسم الكروموسوم الى ذراعين متساويين في الطول ويظهر على شكل حرف (V) باللغة الانكليزية اثناء الطور الانفصالي.

٢- كروموسوم تحت وسطي التمرکز Submetacentric

وفيه يكون موقع القطعة المركزية قريباً عن الوسط ويقسم الكروموسوم الى ذراعين غير متساويين في الطول ويظهر اثناء الطور الانفصالي على شكل حرف (L) وحرف (J) باللغة الانكليزية.

٣- كروموسوم نهائي التمرکز Telocentric

وفيه تقع القطعة المركزية عند احدى نهايتي الكروموسوم ويكون الكروموسوم مؤلفاً من ذراع واحد.

٤- كروموسوم تحت نهائي التمرکز Subtelocentric

وفيه تقع القطعة المركزية قرب احدى نهايتي الكروموسوم حيث ينقسم الكروموسوم الى ذراع طويل وذراع قصير ويطلق عليه ايضاً Acrocentric.



Metacentric



Submetacentric



Telocentric



Subtelocentric

الشكل رقم (٩-٩) انواع الكروموسومات حسب موقع القطعة المركزية

الصفات التركيبية لكروموسومات خلايا حقيقة النواة

Structural properties of the eukaryotic chromosomes

يتألف الكروموسوم كيميائياً من الحامض النووي DNA والبروتينات من نوع الهستونات Histones واللاهستونات Nonhistones لتكون ما يسمى بالليف البروتيني النووي Nucleoprotein fiber.

١ - بروتينات الكروموسوم

الهستونات Histones وهي بروتينات قاعدية أي انها تحمل شحنة موجبة عند الاس الهيدروجيني الفسلجي. تحمل هذه الشحنة بواسطة مجاميع NH_3^+ للحامضين الامينيين Arginine و Lysine اللذان يشكلان نسبة (٢٠-٣٠)% من المجموع الكلي للحوامض

الامينية في كل جزيئة هستون ويميل الحامضي الاميني الى التجميع باتجاه احدى نهايتي جزيئة الهستون وبالتالي تكون احدى نهايتي البروتين عالية الشحنة الموجبة. ان جزيئة DNA تحمل شحنات سالبة بكثافة بواسطة مجاميع الفوسفات PO_4^- السالبة الشحنة والتي تمثل العمود الفقري للـ DNA ويعتقد ان هذه الشحنات السالبة تتفاعل مع النهايات الموجبة الشحنة للهستونات لتكون مركب متماسك يطلق عليه عادة الهستون النووي Nucleohistone وكل نوع يختلف عن الاخر من حيث نسبة الحامضين الامينيين اللايسين والارجنين كما يملك كل نوع رئيسي عدة انواع ثانوية جدول رقم (٩-١). توجد الهستونات والحامض النووي DNA بنسب متساوية تقريباً في كروماتين اللبائن ويحافظ على هذه النسبة خلال دورة الخلية عن طريق التلازم في بناء الهستون وتضاعف الـ DNA. تبني الهستونات فقط خلال طور (S-phase) من دورة الخلية وقد اثارت التجارب الى ان اي خلل في تضاعف الـ DNA يتبعه هبوط في بناء الهستون والعكس صحيح.

الكروموميرات Chromomeres

عندما تبدأ عملية تكثيف الكروموسومات خلال الطور التمهيدي من الانقسام المايوتوزي او المايوزي تتوضح تراكيب تشبه الخرز على طول الكروموسومات في المجاهر الضوئية. كل من هذه الخرز اكبر بكثير من النيوكليوسوم. ويشار الى هذه الخرز بالكروموميرات

٢- الحامض النووي DNA للكروموسوم

يعتبر الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين (DNA) المادة الوراثية لجميع خلايا كائنات حقيقية وبدائية النواة وهو عبارة عن خيوط مزدوجة متحلزنة. يتألف كل خيط من نيوكليوتيدات متعددة polynucleotides وتتألف النيوكليوتيدة Nucleotide من:

اولاً: قاعدة نايتروجينية: وتكون هذه القواعد على نوعين هما:

أ- البيورينات purines واكثر انواع هذه القواعد شيوعاً في جزيئة DNA هي الادنين Adenine والكوانين Guanine وهي اكبر حجماً من الصنف الثاني.

ب- البيريميدينات pyrimidine وهي اصغر حجماً من الصنف السابق واكثر انواعها شيوعاً في الـ DNA هي الساييتوسين Cytosine والثايمين Thymine.

ثانياً: سكر خماسي الكربون يسمى رايبوز منقوص الاوكسجين Deoxyribose.

ثالثاً- مجموعة الفوسفات PO_4 .

الانقسام الخلوي

ان قدرة الكائن الحي (او الخلية) على التكاثر تعد من الخصائص الاساسية للحياة فان لم يتكاثر هذا الكائن فانه سينتهي سواء كان هذا الكائن احادي الخلية **Monocellular organism** او متعدد الخلايا **Multicellular organism** حيث يعاني النوع الثاني من موت او استهلاك عدد كبير من الخلايا يوميا وهذا يتطلب استبدالها او تعويضها بخلايا جديدة لابد ان تنتج عن انقسام الخلايا الاصلية فضلا عن هذا فان انقسام الخلايا تعد احدى العمليتين اللتين تحققان استمرار النوع من جيل الى جيل حيث تمثل العملية الثانية اندماج الخلايا ففي العملية الاولى تنقسم الخلايا (في الانقسام الاختزالي) وينصف عدد الكروموسومات لتكوين الكاميتات ثم يعاد اتحادها (في عملية الاخصاب) لتكوين الكائن الذي يحمل العدد الكامل من الكروموسومات وهكذا فان عملية انقسام الخلايا موجودة في جميع الكائنات الخلوية سواء اكانت احادية الخلية او متعددة الخلايا وعملية الانقسام تتباين في حدوثها حسب نوع الكائنات الحية وهي :-

- ١ - الانقسام المباشر
- ٢ - الانقسام الخيطي (غير المباشر)
- ٣ - الانقسام الاختزالي

١ - الانقسام المباشر Direct division or amitosis

يحدث هذا النوع من الانقسام في بعض البروتوزوا ونادرا وما يحدث في الكائنات العديدة الخلايا تحت بعض الظروف الشاذة جدا والمرضية وفيه تستطيل النواة ثم تضيق تدريجيا في الوسط حتى تصبح بشكل Dumbbell ثم ينفصل النصفان ويضيق الساييتوبلازم بالمثل وتنقسم الى قسمين وبذلك تتكون خليتان جديدتان.

ولا يحدث أي تغير في هذا النوع من الانقسام أي لا يحدث أي تغير في النواة ولا تتكون كروموسومات وتتكون النواة وهي تقريبا في دور سكون، وإذا اختلفت النواتان الجديدتان في الحجم بشكل واضح فتسمى بتبرعم النواة Nuclear budding وإذا حدث الانقسام بحيث زاد عدد الانوية الجديدة في الخلية الواحدة عن نواتين فيسمى Nuclear Fragmentation وذلك عند عدم انقسام الساييتوبلازم بعد انقسام النواة.

٢ - الانقسام الخيطي (غير المباشر)

في عام ١٨٨٢م وصف Flemming تفاصيل الانقسام الميتوزي كما اطلق اسم كروماتين على اجزاء النواة القابلة للاصطباج. وهو الذي اكتشف حقيقة ان الكروموسومات تنشق بطريقة طولية اثناء انقسام الخلية، وهذا النوع هو النوع المعتاد لانقسام النواة في كل من الحيوانات والنباتات الراقية لغرض زيادة عدد خلايا الجسم اثناء النمو او لتعويض الخلايا المستهلكة او التالفة وترميم الانسجة.

ويلاحظ ان الاصطلاح mitosis يطلق أساسا على انقسام النواة ولو ان الكثيرين يطلقونه على عملية انقسام الخلية بأكملها ويمكن تعريفه بأنه العملية التي ينفصل فيها النصفين المتماثلين الناتجين من انشقاق الكروموسومات طوليا الى مجموعتين جديدتين تكون كل منهما نواة جديدة، كما يمكن تعريفه بأنه العملية التي تقوم بها نواة واحدة لانتاج نواتين جديدتين متماثلتين في الشكل والتركيب لبعضهما وللنواة الاصلية. والتغيرات الطبيعية الكيماوية المعقدة التي تحدث للنواة في الانقسام العادي تحدث عادة في وقت قصير نسبيا.

وتنقسم عملية الانقسام الخيطي الى قسمين هما

١ - انقسام النواة Karyokinesis .

٢ - انقسام الساييتوبلازم Cytokinesis .

اما اذا حدث انقسام النواة دون ان يتبعه انقسام الساييتوبلازم ينتج عن ذلك خلية عديدة الانوية يطلق عليها coenocyte كما في slime mold وهي تختلف عن syncytium وذلك ان الاخيرة عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عديدة الانوية تنشأ من اندماج عدة خلايا مثل الخلايا العضلية المخططة stratified muscles .

يختلف الانقسام الخلوي في الكائنات الحية من نوع لاخر في عدة نواح غير ان العمليات والنتائج الجوهرية هي في اساسها متماثلة في جميع الكائنات ولتسهيل دراستها يمكن تقسيم العملية الى عدد من الادوار لغرض تحديد المسار الزمني للاحداث المستمرة في عملية الانقسام الخلوي وكما تختلف الفترة الزمنية في كل دور باختلاف الخلايا المختلفة.

تعد الزيادة في حجم النواة اول علامات الانقسام حيث تبدأ الكروموسومات في الظهور في نفس الموضع الذي كانت تشغله في نهاية الانقسام السابق للخلية شكل (١٢-١ أ). وتكون الكروموسومات مزدوجة طوليا ويسمى كل نصف منها كروماتيد Chromatid ويكون النصفان ملتصقان وملتقيان على بعض ويسمى بالالتفاف النسبي ثم تزداد الكروموسومات في القصر والسمك نتيجة تحلزن Coiling كل كروماتيدة، كما ان النوية تتناقص في الحجم حتى تختفي عادة قبيل بدء الدور الاستوائي (بعض علماء الخلية يفسرون تجمع مادة Matrix حول الكروماتيدات الى هذا الحدث) ويحدد انتهاء هذا الدور اختفاء الغشاء النووي وانطلاق الكروموسومات.

وفي الخلية الحيوانية ينقسم الجسم المركزي centrosome (الذي يكون ملاصقاً للغشاء النووي في بداية هذا الدور) وذلك بابتعاد (الكريتين centrioles عن بعضهما واتجاه كل منهما الى احد قطبي الخلية حيث يقف تحركهما عندما تبلغ الزاوية بينهما 180 درجة تقريباً. وان مكانهما يحدد موضع قطبي المغزل. تم تتكون نبيبات دقيقة microtubules من هاتين الكريتين لتعطيها شكلاً نجمياً لتسمى بذلك الاشعة النجمية Aster rays ولا نشاهد هذه الاشعة النجمية في الخلايا النباتية لعدم وجود الجسم المركزي.

ب- الدور الاستوائي Metaphase

يميز بدء هذا الدور ظهور المغزل spindle or achromatic figure الذي يختلف كثيرا من حيث التركيب او المنشأ حيث تبدأ الكروموسومات في التجمع في المستوى المتوسط equatorial or metaphase plate بين قطبي المغزل وتتوزع الكروموسومات بالتساوي تقريبا في هذا المستوى فاذا كانت الكروموسومات قصيرة جدا فيبقى كل كروموسوم في هذا المستوى، اما اذا كانت الكروموسومات طويلة فيكون وضعها بحيث يوجد جزء او نقطة معينة ثابتة في كل منها في هذا المستوى تسمى نقطة الاتصال بالمغزل Centromere وقد يطلق عليها Kinetochore or spindle- Fiber attachment region

وقد قسم Darlington سنة ١٩٣٧ تحركات الكروموسومات الى ثلاث تحركات تحدث تقريبا في نفس الوقت وهي:-

١- تجمع Congression الكروموسومات من اوضاعها المتفرقة المتباعدة داخل النواة الى وضع متوازن بين القطبين.

٢- توجيه Orientation اذ تترتب نقطة الاتصال بالمغزل بحيث يصبح كل نصفي كل كروموسوم عند هذه النقطة على محور المغزل.

٣- توزيع distribution اذ تكون نقطة الاتصال بالمغزل بالمستوى المتوسط تماما. وفي الكائنات الراقية وجد نوعين من توزيع الكروموسومات بالمستوى المتوسط للمغزل هما:-

١- تكون نقطة الاتصال بالمغزل على حافة المستوى المتوسط وتوجد اجسام الكروموسومات في الساييتوبلازم تاركة وسط المغزل خاليا ويوجد هذا في بعض الخلايا الحيوانية.

٢- تكون نقطة الاتصال بالمغزل موزعة بالتساوي في المستوى المتوسط وهو شائع في النبات.

يعد وصول مجموعتي الكروموسومات الاختية الى قطبي الخلية بداية هذا الدور، وينتهي بتكوين نواتين جديتين ومعظم التغيرات التي حدثت في الدور التمهيدي تحدث في اتجاه عكسي فتدخل مجموعة الكروموسومات في غشاء نووي جديد وتستطيل الكروموسومات تدريجيا وتنفك حلزنتها وتصبح اقل اصطباغا وتظهر النويات شكل رقم (١٢-١ د). وتختلف التغيرات التي تحدث بالنواة باختلاف النسيج وسرعة انقسام الخلايا، ففي الانسجة القديمة نسبيا في اطراف الجذور حيث تكون الانقسامات بطيئة نسبيا ويكون عادة دور سكون بينما في الاجزاء التي بها الانقسام نشط وسريع فانه قد يبدأ دور تمهيدي جديد قبل تقدم الدور النهائي كثيرا.

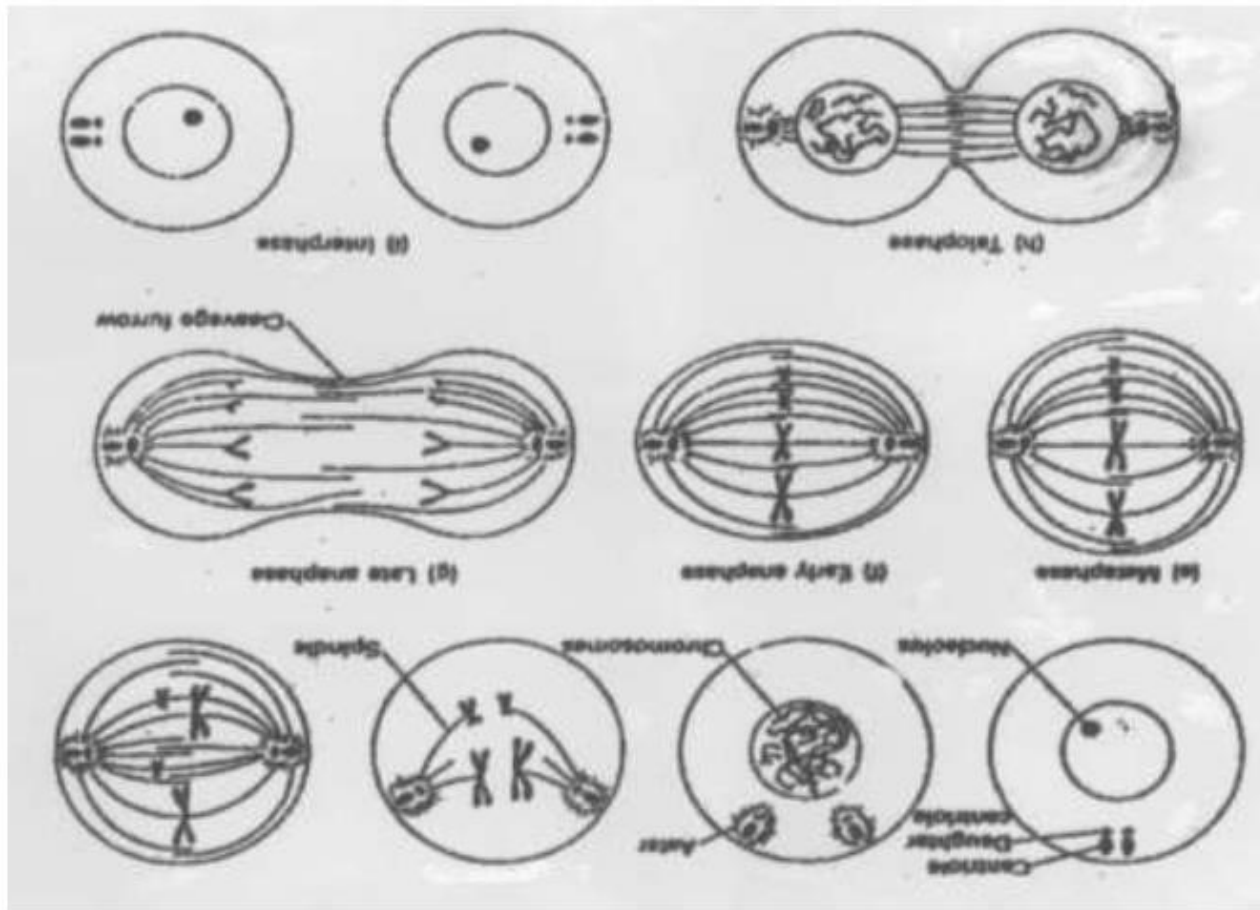
انقسام الساييتوبلازم Cytokinesis

وبعد انقسام النواة يحدث انقسام الساييتوبلازم، ويختلف ميعاد انقسام الساييتوبلازم بالنسبة لميعاد انقسام النواة وفي الكائنات المختلفة توجد اختلافات كبيرة، ففي الخلايا النباتية يختلف عنه في الخلايا الحيوانية، حيث يلاحظ في الخلايا النباتية ان انقسام الساييتوبلازم يبدأ بتكوين الصفيحة الخلوية cell plate في وسط الخلية المنقسمة ثم تتوسع الى ان تصل الجدران الجانبية للخلية الام وبذلك يكون الساييتوبلازم قد انقسم الى قسمين.

اما في الخلايا الحيوانية فأن انقسام الساييتوبلازم يبدأ بتخصر الغشاء البلازمي في منطقة الاستواء ويأخذ هذا التخصر بالتعمق حتى تنفصل الخليتان الجديدتان عن بعضهما ثم تبدأ كل منهما بالنمو كما في الشكل رقم (١٢-٢) وبهذا فأن انقسام الخلية خيطياً ينتهي بتكوين خليتين جديدتين تحتوي كل منهما على عدد مساوٍ ومشابه لكروموسومات الخلية الام وبعدها تبدأ الخلايا الشقيقة الناتجة من الانقسام بالنمو الى ان تصبح قريبة من حجم الخلية الام.

الدور البيني Interphase

يقع هذا الدور بين الانقسامات والذي يعرف بدور الراحة وفيه تكون النواة غير واضحة التركيب البنائي وتظهر النوية واضحة وكذلك الشبكة الكروماتينية، وتنمو الخلية ويزداد حجمها في هذا الدور، ويفترض انه يحدث خلاله ازدواج الكروموسومات والتي تكون مفردة في نهاية الدور النهائي ومزدوجة (مكونة من كروماتيدين) في أوائل الدور التمهيدي، وهناك اجماع على ان تضاعف الـ DNA في الخلايا الجسمية يحدث في هذا الدور كما تتضاعف الهستونات ومراكز حركة الكروموسومات kinetochores.



الشكل رقم (٢-١٢) مخطط يبين ادوار الانقسام المايโทزي وانقسام السايټوبلازم في الخلية الحيوانية

ويتكون الكروموسوم في الدور الاستوائي من كروماتيدين متضامني الحلزنة مرسلتين جنباً الى جنب ومتصلتين بالمغزل عند طريق القطعة المركزية **centromere** ولا يكون السنتروميير منقسماً واما اذا كان منقسماً فان شطريه يكونان داخل حويصلة واحدة تسلك كجسم واحد، ويلاحظ في بعض الحشرات ان نشاط السنتروميير يكون معبراً عنه ليس بنقطة واحدة ولكن بكثير من النقط على طول الكروموسوم، ويمكن عد الكروموسومات بصورة اسهل وذلك من خلال النظر للخلية من جهة القطب **polor view**. شكل رقم (١٢-١ ب).

وتتكون خيوط المغزل من اعادة ترتيب المواد النووية والسايتوبلازمية ويحتمل انها تتركب من سلاسل بروتينية **protein chains** وبروتينات دهنية **lipoproteins** وكمية صغيرة من DNA على هيئة خيط عالي المطاطية، وبعض هذه الخيوط تكون مستمرة من قطب الى القطب الاخر للمغزل وتسمى **Continuous fibers** في حين يكون البعض الاخر متجهاً من القطب الى القطع المركزية للكروموسومات التي تتصل به **.chromosomal Fibers**.

ج- الدور الانفصالي **Anaphase**

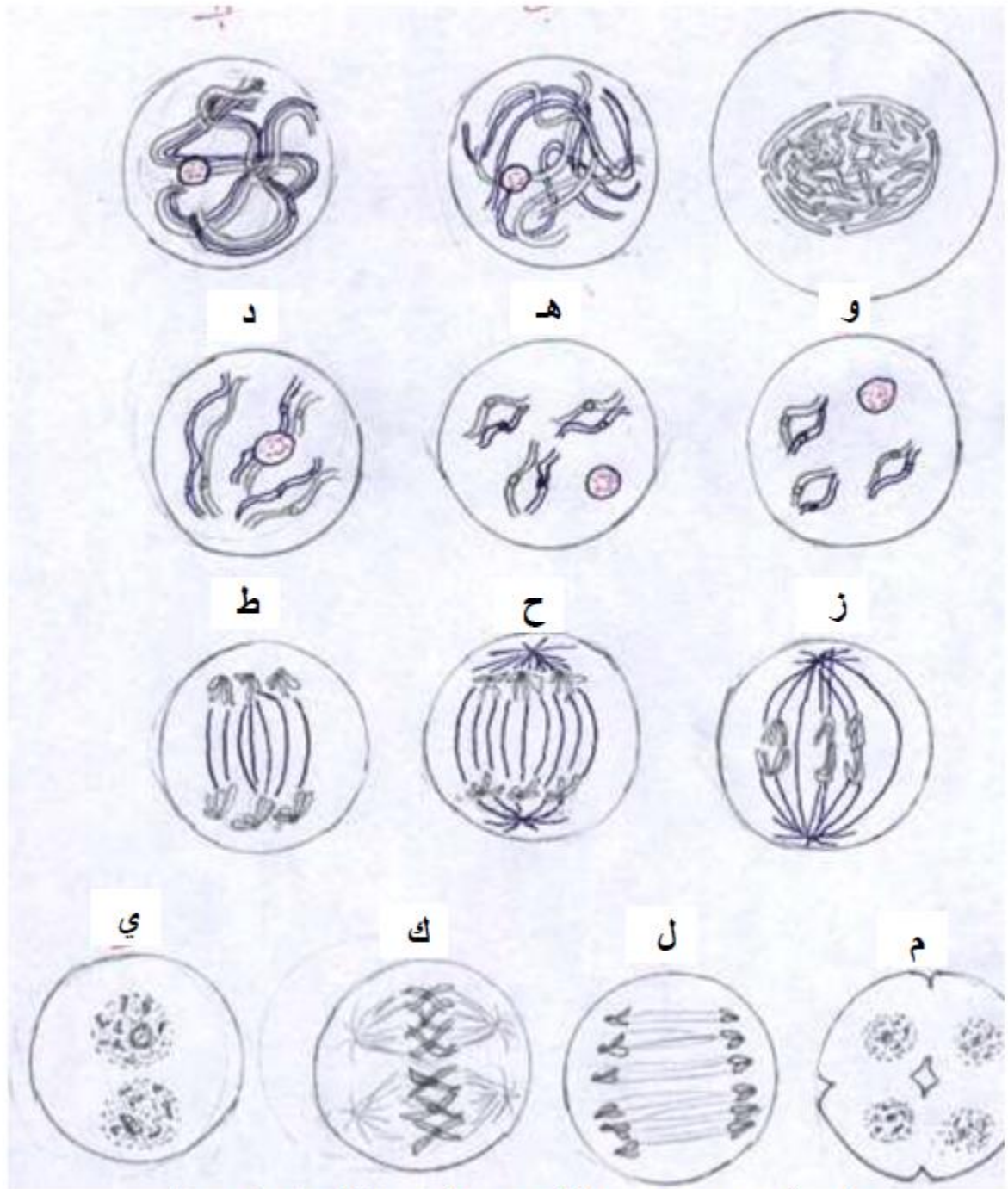
بعد ان يصل الدور الاستوائي الى ذروته **metaphase climax** بانقسام القطعة المركزية والذي يعد بداية الدور الانفصالي وحدث البدء له **the initiating event of anaphase** حيث ينفصل كل كروماتيد عن شقيقه (اصبحت الان كروموسومات) ويتجهان الى قطبي المغزل، ويبدأ النصفان في الانفصال دائماً عند نقطة الاتصال بالمغزل حيث تكون هذه النقطة دائماً في المقدمة نحو قطبي المغزل وتجر ورائها ذراعي الكروماتيدة والتي لايمكنها التحرك من دونها، واذا تصادف وجود كروموسوم خال من السنتروميير على المغزل فاما ان يتبع حركة سيل التيارات على طول المغزل واما ان يفشل في التحرك ويبقى **lagging** كجسم خامل بالقرب من الصفيحة الاستوائية، واذا منع انقسام السنتروميير بأي طريقة فسوف يقف انقسام النواة ويتضاعف عدد الكروموسومات بها، وبانفصال نصف كل كروموسوم عن بعضهما يمكن ان نطلق على كل منها كروموسوم وتظهر في هذا الدور نقطة الاتصال بالمغزل واضحة تماماً ويمكن معرفة مكانها، وبعد انتقال الكروموسومات الى منطقتي القطبين تقف حركتهما. شكل رقم (١٢-١ ج).

ان عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب الى احد القطبين يساوي تماماً عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب الى القطب الثاني والذي يعد بمثابة الدليل البارز على انشقاق الكروموسومات طولياً الى نصفين متماثلين في الانقسام العادي وان كل من هاتين المجموعتين تساوي او تماثل الكروموسومات التي كانت بالنواة الاصلية في العدد والشكل والتركيب الوراثي.

٣- الانقسام الاختزالي Reduction division or meiosis

هو طراز خاص من انقسام الخلية وتعتبر عملية مضادة للاخصاب حيث انها تختزل الكروموسومات وقد اظهرت الدراسات الخلوية لاطوار الانقسام الاختزالي عدة حقائق من التغيرات في المظهر الطبيعي للكروموسومات وترتيبها داخل غلاف النواة والتغيرات السيتوكيمياوية التي تحدث بالكروموسومات والمكونات الخلوية الاخرى.

ويتكون الانقسام الميوزي Meiosis أساسا من انقسامين نووين يحدث الواحد منهما بعد الآخر في تتابع سريع ويشمل الانقسام الاول انفصال الكروموسومات بعد تزاوج كل كروموسوم مع شقيقه خلال الدور التمهيدي والتي يكون احد الكروموسومين في كل زوج منها ابويا والآخر امياً ويؤدي هذا الانفصال الى تكوين نواتين احاديتي المجموعة الكروموسومية Haploid. ويشمل الانقسام الثاني الانفصال الطولي لكروماتيدي كل كروموسوم في كل من هاتين النواتين الاحاديتين مما ينتج عنه تكوين اربع انوية احادية المجموعة تكون الكاميتات الجنسية gametes or meiospores بعد انقسام السايوتوبلازم والتي قد يكون جزء منها عاملاً او قد تكون كلها عاملة في الكثير من الانواع.



شكل رقم (١٢-٣) مخطط يبين اطوار الانقسام الاختزالي.

١- الدور التمهيدي الاول

أ- الطور القلاذي Leptotene

يؤشر حلول الدور القلاذي نهاية الدور البيني قبل الانقسام الاختزالي. وخلال فترة S (فترة تصنيع الحامض النووي DNA) يكتمل تكرار الكروموسومات- وهو تكرر يبدو للجميع

ب- الطور التزاوجي Zygotene

يعرف الدور التزاوجي Zygonema بأنه الدور الذي يكتمل فيه ترافق المجاميع المتشابهة من الكروماتيدات الاختية جنباً إلى جنب وهذا الترافق يدعى بالاقتران Synapsis (وهي كلمة من الإغريقية Syn وتعني معا وكلمة Apsis وتعني ربط) ويظهر أن الاقتران يبدأ من نقطة اتصال طرف الكروموسوم Telomere بالغشاء النووي والتي وضحت سابقاً، وعلى نطاق واسع يفترض أنها تبدأ من موضع اتصال طبيعي Physical attachment ولفترة قصيرة بين العناصر الجانبية المتشابهة.

معنى كلمة الضام Pachynema (الحبل السميك) Thick Strand وتعني استمرار قصر وتثخن الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent والذي يحصل خلال هذه المرحلة من الانقسام الاختزالي. أن تكوين معقد الاقتران واقتران الكروموسومات المتشابهة يتم في بداية الدور الضام، وأن التبادل الطبيعي الحقيقي والذي ينتج عنه العبور الكروموسومي Chromosomal crossing over يحدث خلال هذه المرحلة. ويصاحب اتمام عملية الاقتران تشتت الألياف الكروموسومية في باقة الزهور للدور التزاوجي Zygoten bouquet.

د- الدور الانفراجي Diplonema

أن التنافر بين الكروماتيدات الأربعة في الوحدة الثنائية الكروموسوم يُعد من علامات نهاية الطور الضام وبداية هذا الطور حيث يصبح واضحاً (الانفراج) بين أزواج الكروماتيدات الاختية وكذلك يظهر انفراج بين الكروموسومات المتشابهة في كل مجموعة وعند الفحص بواسطة المجهر يلاحظ اندثار أغلب مادة معقدة الاقتران خلال الطور الانفراجي. ويفترض أن التنافر يكون نتيجة هذا الاندثار.

و- الطور التشبتي Diakinesis

خلال فترة الدور التمهيدي الأول Prophase-I تستمر الكروموسومات في التحلزن (الالتفاف) وتكون أقصى كثافة لها في الطور التشبتي Diakinesis. وتظهر الكيازما تحت المجهر الإلكتروني خالية من مادة معقد الاقتران وتحتوي بدلاً منها على خيوط كروماتينية ممتدة وغير معوقة ثم تدخل الكيازما خلال هذا الطور عملية تعرف بالانزلاق Terminalization، حيث يظهر أنها تتحرك من خلال الكروماتيدات حتى تصل إلى نهايات الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent. ترتبط الوحدات الثنائية الكروموسوم وبصورة مخصوصة بواحدة أو اثنين من الكيازما الطرفية (أو جزئياً طرفية) وهي في طريقها لتدخل الدور الاستوائي الأول Metaphase I. أن ميكانيكية الانزلاق وفعاليتها غي معروفة بشكل واضح.

٢- الدور الاستوائي الأول Metaphase-1

يتميز هذا الدور من الانقسام الاختزالي بتكوين المغزل Spindle كما هو الحال في الدور الاستوائي المايئوزي حيث أن كل وحدة ثنائية الكروموسوم تشمل على اثنين من القطع

المركزية المتميزة وكل منها يمسك باثنين من الكروماتيدات معا. وتترتب القطع المركزية باتجاه المستوى الذي يناظر الصفيحة الاستوائية **Metaphase plate** اما الانقسام الاختزالي الذي يشمل اكثر من وحدة واحدة من الوحدة الثنائية الكروموسوم فيرى مظهر واضح للدور الاستوائي وذلك من معرفتنا لامتلاك كل وحدة ثنائية الكروموسوم على سنتروميير من الام وسنتروميير من الاب، ففي احد الوحدات الثنائية الكروموسوم فمن الممكن ان يقع سنتروميير الام فوق صفيحة الاستواء وسنتروميير الاب تحتها. ويمكن في وحدة ثنائية الكروموسوم ثنائية ان نشاهد ان سنتروميير الام يقع فوق الاستواء ايضا وسنتروميير الاب في الاسفل هذا من ناحية ومن ناحية اخرى هناك احتمال مساو في حصول العكس أي سنتروميير الاب فوق وسنتروميير الام تحت وبعبارة اخرى فان ترتيب السنترومييرات المتشابهة **Homologous** للام والاب بالنسبة لموقعها من صفيحة الاستواء مستقل بصورة كلية عن ترتيب المجموعات الاخرى، ولذلك ممكن الحصول على جميع التوافقات الممكنة الاخرى وبتكرار متساو عند دراسة عدد كبير من الخلايا في الدور الاستوائي الاول. ان لهذه الحقيقة نتائج وراثية مهمة جدا.

٣- الدور الانفصالي الاول والدور النهائي الاول

Anaphase- I and Telophase-I

يستمر امساك الوحدة الثنائية الكروموسوم **Bivalent** معا بواسطة كيازما طرفية حتى الدور الانفصالي الاول **Anaphase 1** حيث تقطع هذه الارتباطات وتتحرك سنترومييرات الوحدة الثنائية الكروموسوم الى قطبي الخلية. ولغرض المقارنة مع الدور الانفصالي المايوتوزي. فان الانفصال الاختزالي يشمل فقط على انفصال السنترومييرات المستقلة. ولا يحدث انقسام للسنترومييرات في الدور الانفصالي الاول.

وخلال هذين الدورين يتحلل الغشاء النووي. ويمكن ان يعاد تكوين النشاء النووي حول المجموعات المنفصلة من الكروموسومات المتشابهة (ويعتمد ذلك على نوع الكائن) خلال الدور النهائي الاول. او تدخل الكروموسومات مباشرة الى الانقسام الاختزالي الثاني. وبالمثل فقد تنقسم الخلية اولا تنقسم الى خليتين بنويتين بواسطة اخدود.

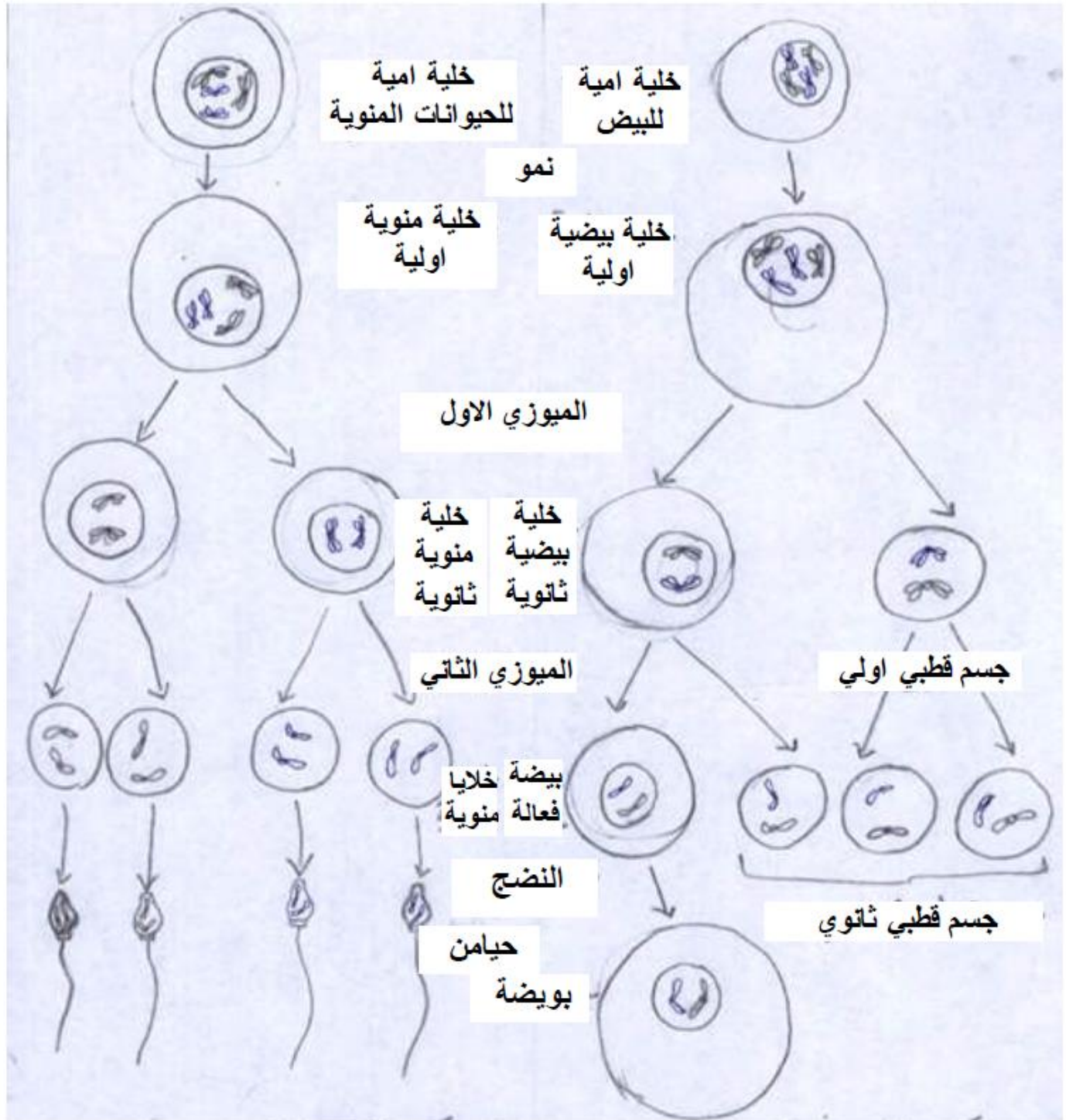
وتمر الخلايا الجرثومية لاغلب اناث الحيوانات في انقسامات اختزالية غير متناظرة **Asymmetric meiotic division**، وتعني وجود صفيحة الدور الاستوائي قرب احد اطراف الخلية وليس عند خط استوائها وخلال الدور الانفصالي الاول، تتحرك احدى مجاميع الكروموسوم الى الطرف الضيق من الساييتوبلازم، بينما تبقى المجموعة الاخرى على شكل خلية بيضة كبيرة الحجم **enormous egg cell** والتي تعرف في هذه المرحلة بخلية البيضة الامية **Oocyte** وعند الدور الثاني الاول تنفصل المجموعة الكروموسومية الموجودة في الزاوية الصغيرة عن الخلية بواسطة اخدود والنااتج يكون خلية صغيرة تدعى بالجسم القطبي الاول **First polar body** شكل (١٢-٧).

Interphase

٤- الدور البيني

قد يكون الدور البيني الذي يفصل بين الانقسامين الاختزاليين قصيرا. وفيه لا يتضاعف الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNA) وهذا ما يميزه عن الدور البيني في الانقسام المايتوزي أو الدور البيني الذي يسبق الانقسام الاختزالي الأول.

٥- الأدوار (التمهيدي الثاني، الاستوائي الثاني، الانفصالي الثاني النهائي الثاني). لا يكون للخلايا التي تجتاز الدور التمهيدي الأول وتدخل الانقسام الاختزالي الثاني دور تمهيدي ثان حقيقي 11 Trueprophase فالانقسام الاختزالي الثاني لا يتميز من الناحية المورفولوجية عن الانقسام المايتوزي.



شكل رقم (١٢-٧) تكوين البويض والحيامن

تتحرك السنتروميترات التي تربط أزواج الكروماتيدات الى صفيحة الاستواء ثم تنقسم الى اثنين (وهو انقسام يجري لأول مرة خلال عملية الانقسام الاختزالي). بعدها تتحرك الى الاقطاب المضادة عند الدور الانفصالي. وبعد اكمال الدور النهائي الثاني Telophase II نحصل على

اربع خلايا احادية haploid تسمى بالرباعية tetrad وهي مشتقة من الخلية الثنائية الاصلية وتعود كل خلية احادية الى حالة الدور البيني.

وفي خلية الببضة الامية Oocyte يكون كل من الدور الانفصالي الثاني والدور النهائي الثاني غير متناظرة مرة اخرى ويتكون بذلك الجسم القطبي الثاني Second polar body شكل (١٢-٧) وقد ينقسم الجسم القطبي الاول ايضا انقساما اختزاليا ثانيا بحيث نحصل على اربعة نواتج احادية وهي ثلاثة اجسام قطبية وببضة Ovum وبدل عن هذا الانقسام يمكن ان لاينقسم الجسم القطبي الاول في هذه الحالة سيكون هناك ثلاثة نواتج اختزالية احدها ثنائي Diploid واثنين من الاحاديات Haploid وفي كلتا الحالتين تكون الببضة الاحادية الكاميت الحي الوحيد مقارنة مع عملية تكوين الحيامن Spermatogenesis في ذكر الحيوان والذي تكون فيه النواتج الاختزالية الاربعة حية. الشكل رقم (١٢-٨) يبين مراحل الانقسام الاختزالي في الجرادة.

النباتات الصغيرة يشارك الضغط الجذري في إنتقال المواد الذائبة والمواد غير العضوية الى الأعلى وخاصة عندما يكون معدل النتح قليلاً. قد يسبب الضغط الجذري في بعض الأحيان ظاهرة الأدماع (Guttation) في البادرات حيث أن الماء ينضح من خلال النبات ويتحرر على شكل قطرات دمعية عند نهايات الورقة . وهذه الظاهرة هي الدليل على العمليات الحيوية الجذرية الشديدة والضغط الجذري العالي. وهي ظاهرة تُلاحظ في اكثر الأحيان عند الصباح الباكر نتيجة لعرقلة عملية التبخر في الليل. وقد وُجد أن القطرات الدمعية تحتوي على مواد ذائبة، حيث وُجد أن النباتات الصغيرة تنضح البورون (B) بهذه الوسيلة.

العوامل المؤثرة في إمتصاص الماء :

1. درجة الحرارة : أن الحرارة المنخفضة تقلل أمتصاص الماء من خلال:

- جعل الماء اكثر لزوجة.
- جعل البروتوبلازم أقل نفاذية.
- عرقلة نمو الجذور.
- قلة نشاط الأنزيمات.

مثال : تأثير درجة الحرارة المنخفضة عند وضع قطع ثلج مجروش في سندان به نبات الكوليوس، النتيجة هي ذبول النبات بالرغم من توفر الرطوبة في منطقة الجذور وتوفر ظروف النتح الجيدة.

2. تركيز محلول التربة : كلما كان الجهد المائي ذو فرق بالتدرج يؤدي الى حركة الماء. فالنباتات الملحية Halophytes تتحمل اكثر حيث أن قيمة سالبية الجهد المائي لعصارة خلاياها هي اكثر بكثير من مما هي عليه في نباتات اخرى.

3. تهوية التربة : عند تعرض حقل نبات التبغ لمطرغزير ثم شمس ساطعة يظهر الذبول على نباتات التبغ في وقت قصير يسمى هذا من قبل مزارعي التبغ بالأرتخاء Flopping وتكون حادة تحت ظروف الصرف غير الجيدة. السبب هو عرقلة أمتصاص الماء نتيجة لإحلال الماء محل هواء التربة.

وسببها ← نقص الأوكسجين.

التأثير السلبي على نمو وأيض الجذر.

تجمع CO₂ في التربة. حيث أن زيادة CO₂ تزيد من لزوجة البروتوبلازم وقلة النفاذية.

4. توفر الماء المتيسر في التربة : ليس كل ما موجود من ماء في التربة هو متوفر للنبات.

المحاضرة 5

السعة الحقلية Field Capacity

حسب تعريف Kramer : هي محتويات التربة المائية بعد ريها بالكامل وصرف الماء حتى توقف الحركة الشعرية للماء. تختلف السعة الحقلية باختلاف الترب.

النتح transpiration

كميات كبيرة من الماء تمتص من التربة ثم تنتقل عبر النبات وتُفقد في الجو دون ان تدخل في أية عملية حيوية مهمة. تعرف هذه الظاهرة بالنتح. يُفقد الماء بشكل بخار ماء عن طريق الثغور Stomata. إضافة الى النتح عن طريق الثغور يُفقد الماء عن طريق العديسات Lenticles فالأول يسمى بالنتح الأدمي Cuticle Tr. والثاني يسمى بالنتح العديسي Lenticular Tr. أن الماء المفقود عن طريق الكيوتكل و العديسات غير ذي أهمية مقارنة بالماء المفقود من خلال الثغور.

النتح النسبي Relative Transpiration

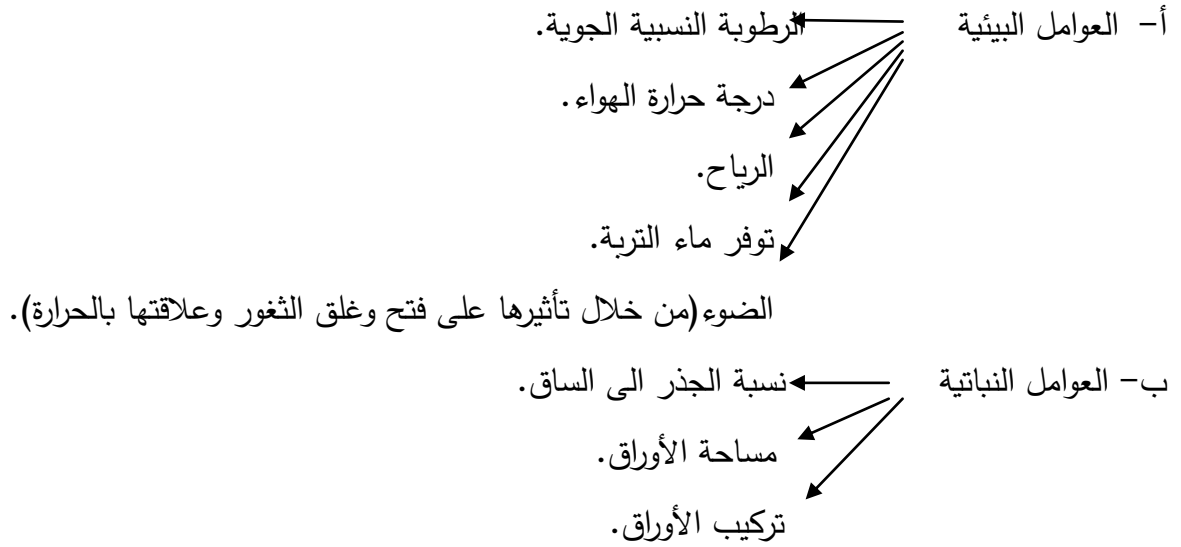
هو نسبة وزن الماء المفقود بالنتح من سطح نباتي الى وزن الماء المتبخر من سطح مائي وساو له بالمساحة.

مقدار النتح

لقد تم تقدير كميات الماء المفقود عن طريق النتح من قبل نبات الذرة خلال فصل نمو واحد بكمية تساوي 54 غالون ماء، (الغالون = 4 لتر). مع ملاحظة أن كمية الماء المفقودة تختلف من نبات لآخر كما في الجدول التالي:

نوع النبات	النتح خلال فصل النمو (غالون)	لتر
اللوينا	13	52
البطاطا	25	100
الحنطة	25	100
الطماطة	34	136
الذرة	54	216

العوامل المؤثرة على معدل النتج: Factors affecting Tr. Rate:



طرق قياس النتج:

- 1- طريقة البوتوميتر Potometer Method.
- 2- طريقة كلوريد الكوبلت Cobalt Chloride Method.
- 3- طريقة الوزن: Weighing Method.
- 4- طريقة جمع ووزن بخار الماء المفقود بعملية النتج Collecting & Weighing of Transport.
- 5- الطريقة الحقلية باستخدام اللايسومتر Lysometer Method.

النباتات الصغيرة يشارك الضغط الجذري في إنتقال المواد الذائبة والمواد غير العضوية الى الأعلى وخاصة عندما يكون معدل النتح قليلاً. قد يسبب الضغط الجذري في بعض الأحيان ظاهرة الأدماع (Guttation) في البادرات حيث أن الماء ينضح من خلال النبات ويتحرر على شكل قطرات دمعية عند نهايات الورقة . وهذه الظاهرة هي الدليل على العمليات الحيوية الجذرية الشديدة والضغط الجذري العالي. وهي ظاهرة تُلاحظ في اكثر الأحيان عند الصباح الباكر نتيجة لعرقلة عملية التبخر في الليل. وقد وُجد أن القطرات الدمعية تحتوي على مواد ذائبة، حيث وُجد أن النباتات الصغيرة تنضح البورون (B) بهذه الوسيلة.

العوامل المؤثرة في إمتصاص الماء :

1. درجة الحرارة : أن الحرارة المنخفضة تقلل أمتصاص الماء من خلال:

- جعل الماء اكثر لزوجة.
- جعل البروتوبلازم أقل نفاذية.
- عرقلة نمو الجذور.
- قلة نشاط الأنزيمات.

مثال : تأثير درجة الحرارة المنخفضة عند وضع قطع ثلج مجروش في سندان به نبات الكوليوس، النتيجة هي ذبول النبات بالرغم من توفر الرطوبة في منطقة الجذور وتوفر ظروف النتح الجيدة.

2. تركيز محلول التربة : كلما كان الجهد المائي ذو فرق بالتدرج يؤدي الى حركة الماء. فالنباتات الملحية Halophytes تتحمل اكثر حيث أن قيمة سالبية الجهد المائي لعصارة خلاياها هي اكثر بكثير من مما هي عليه في نباتات اخرى.

3. تهوية التربة : عند تعرض حقل نبات التبغ لمطرغزير ثم شمس ساطعة يظهر الذبول على نباتات التبغ في وقت قصير يسمى هذا من قبل مزارعي التبغ بالأرتخاء Flopping وتكون حادة تحت ظروف الصرف غير الجيدة. السبب هو عرقلة أمتصاص الماء نتيجة لإحلال الماء محل هواء التربة.

وسببها ← نقص الأوكسيجين.

التأثير السلبي على نمو وأيض الجذر.

تجمع CO₂ في التربة. حيث أن زيادة CO₂ تزيد من لزوجة البروتوبلازم وقلة النفاذية.

4. توفر الماء المتيسر في التربة : ليس كل ما موجود من ماء في التربة هو متوفر للنبات.

المحاضرة 5

السعة الحقلية Field Capacity

حسب تعريف Kramer : هي محتويات التربة المائية بعد ريها بالكامل وصرف الماء حتى توقف الحركة الشعرية للماء. تختلف السعة الحقلية باختلاف الترب.

النتح transpiration

كميات كبيرة من الماء تمتص من التربة ثم تنتقل عبر النبات وتُفقد في الجو دون ان تدخل في أية عملية حيوية مهمة. تعرف هذه الظاهرة بالنتح. يُفقد الماء بشكل بخار ماء عن طريق الثغور Stomata. إضافة الى النتح عن طريق الثغور يُفقد الماء عن طريق العديسات Lenticles فالأول يسمى بالنتح الأدمي Cuticle Tr. والثاني يسمى بالنتح العديسي Lenticular Tr. أن الماء المفقود عن طريق الكيوتكل و العديسات غير ذي أهمية مقارنة بالماء المفقود من خلال الثغور.

النتح النسبي Relative Transpiration

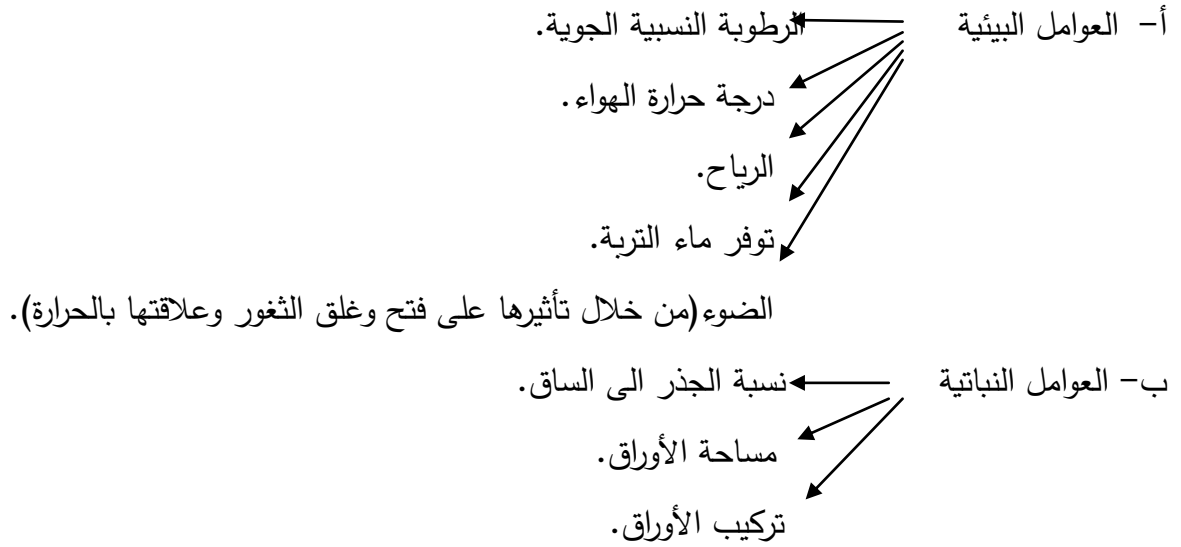
هو نسبة وزن الماء المفقود بالنتح من سطح نباتي الى وزن الماء المتبخر من سطح مائي وساوي له بالمساحة.

مقدار النتح

لقد تم تقدير كميات الماء المفقود عن طريق النتح من قبل نبات الذرة خلال فصل نمو واحد بكمية تساوي 54 غالون ماء، (الغالون = 4 لتر). مع ملاحظة أن كمية الماء المفقودة تختلف من نبات لآخر كما في الجدول التالي:

نوع النبات	النتح خلال فصل النمو (غالون)	لتر
اللوينا	13	52
البطاطا	25	100
الحنطة	25	100
الطماطة	34	136
الذرة	54	216

العوامل المؤثرة على معدل النتج: Factors affecting Tr. Rate:



طرق قياس النتج:

- 1- طريقة البوتوميتر Potometer Method.
- 2- طريقة كلوريد الكوبلت Cobalt Chloride Method.
- 3- طريقة الوزن: Weighing Method.
- 4- طريقة جمع ووزن بخار الماء المفقود بعملية النتج Collecting & Weighing of Transport.
- 5- الطريقة الحقلية باستخدام اللايسومتر Lysometer Method.

النباتات الصغيرة يشارك الضغط الجذري في إنتقال المواد الذائبة والمواد غير العضوية الى الأعلى وخاصة عندما يكون معدل النتح قليلاً. قد يسبب الضغط الجذري في بعض الأحيان ظاهرة الأدماع (Guttation) في البادرات حيث أن الماء ينضح من خلال النبات ويتحرر على شكل قطرات دمعية عند نهايات الورقة . وهذه الظاهرة هي الدليل على العمليات الحيوية الجذرية الشديدة والضغط الجذري العالي. وهي ظاهرة تُلاحظ في اكثر الأحيان عند الصباح الباكر نتيجة لعرقلة عملية التبخر في الليل. وقد وُجد أن القطرات الدمعية تحتوي على مواد ذائبة، حيث وُجد أن النباتات الصغيرة تنضح البورون (B) بهذه الوسيلة.

العوامل المؤثرة في إمتصاص الماء :

1. درجة الحرارة : أن الحرارة المنخفضة تقلل أمتصاص الماء من خلال:

- جعل الماء اكثر لزوجة.
- جعل البروتوبلازم أقل نفاذية.
- عرقلة نمو الجذور.
- قلة نشاط الأنزيمات.

مثال : تأثير درجة الحرارة المنخفضة عند وضع قطع ثلج مجروش في سندان به نبات الكوليوس، النتيجة هي ذبول النبات بالرغم من توفر الرطوبة في منطقة الجذور وتوفر ظروف النتح الجيدة.

2. تركيز محلول التربة : كلما كان الجهد المائي ذو فرق بالتدرج يؤدي الى حركة الماء. فالنباتات الملحية Halophytes تتحمل اكثر حيث أن قيمة سالبية الجهد المائي لعصارة خلاياها هي اكثر بكثير من مما هي عليه في نباتات اخرى.

3. تهوية التربة : عند تعرض حقل نبات التبغ لمطرغزير ثم شمس ساطعة يظهر الذبول على نباتات التبغ في وقت قصير يسمى هذا من قبل مزارعي التبغ بالأرتخاء Flopping وتكون حادة تحت ظروف الصرف غير الجيدة. السبب هو عرقلة أمتصاص الماء نتيجة لإحلال الماء محل هواء التربة.

وسببها ← نقص الأوكسجين.

التأثير السلبي على نمو وأيض الجذر.

تجمع CO₂ في التربة. حيث أن زيادة CO₂ تزيد من لزوجة البروتوبلازم وقلة النفاذية.

4. توفر الماء المتيسر في التربة : ليس كل ما موجود من ماء في التربة هو متوفر للنبات.

المحاضرة 5

السعة الحقلية Field Capacity

حسب تعريف Kramer : هي محتويات التربة المائية بعد ريها بالكامل وصرف الماء حتى توقف الحركة الشعرية للماء. تختلف السعة الحقلية باختلاف الترب.

النتح transpiration

كميات كبيرة من الماء تمتص من التربة ثم تنتقل عبر النبات وتُفقد في الجو دون ان تدخل في أية عملية حيوية مهمة. تعرف هذه الظاهرة بالنتح. يُفقد الماء بشكل بخار ماء عن طريق الثغور Stomata. إضافة الى النتح عن طريق الثغور يُفقد الماء عن طريق العديسات Lenticles فالأول يسمى بالنتح الأدمي Cuticle Tr. والثاني يسمى بالنتح العديسي Lenticular Tr. أن الماء المفقود عن طريق الكيوتكل و العديسات غير ذي أهمية مقارنة بالماء المفقود من خلال الثغور.

النتح النسبي Relative Transpiration

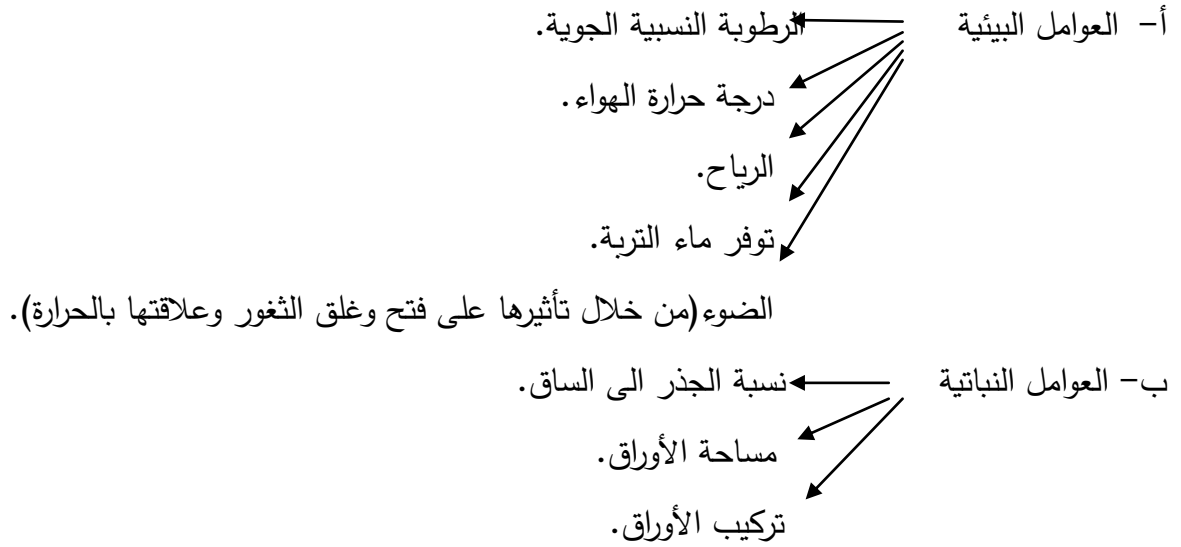
هو نسبة وزن الماء المفقود بالنتح من سطح نباتي الى وزن الماء المتبخر من سطح مائي وساوي له بالمساحة.

مقدار النتح

لقد تم تقدير كميات الماء المفقود عن طريق النتح من قبل نبات الذرة خلال فصل نمو واحد بكمية تساوي 54 غالون ماء، (الغالون = 4 لتر). مع ملاحظة أن كمية الماء المفقودة تختلف من نبات لآخر كما في الجدول التالي:

نوع النبات	النتح خلال فصل النمو (غالون)	لتر
اللوينا	13	52
البطاطا	25	100
الحنطة	25	100
الطماطة	34	136
الذرة	54	216

العوامل المؤثرة على معدل النتج: Factors affecting Tr. Rate:



طرق قياس النتج:

- 1- طريقة البوتوميتر Potometer Method.
- 2- طريقة كلوريد الكوبلت Cobalt Chloride Method.
- 3- طريقة الوزن: Weighing Method.
- 4- طريقة جمع ووزن بخار الماء المفقود بعملية النتج Collecting & Weighing of Transport.
- 5- الطريقة الحقلية باستخدام اللايسومتر Lysometer Method.

الإدمصاص والتشرب Adsorption & Imbibition

إن جزءاً قليلاً من الماء في أنسجة النبات غير الجاف يكون مُدمصاً لسطوح جدران الخلية وأجزاء الخلية والجزيئات والأيونات. مادة النبات الجافة أيضاً تدمص جزيئات الماء من الأشياء المحيطة بها وهذه عملية بايولوجية مهمة ، كما هي الحال في البذور الموضوعة في التربة ، حيث تدمص الماء بسرعة من الوسط المحيط بها فتخترق جزيئات الماء المساحات الخلوية الداخلية لجدار الخلية وأجزاء الخلية الأخرى وهذا يعود إلى قوى الأدمصاص حيث تؤدي هذه القوى إلى إنتفاخ البذور. إن هذا النوع من الإمتصاص للماء يجهز البذور بالماء الذي تحتاجه بعملياتها الكيميائية الحيوية والتي بدورها تسبب الإنبات Germination .

يمكن إعتبار التشرب نوعاً خاصاً من الانتشار، حيث إن حركة الماء هي في اتجاه التدرج الانتشاري ويمكن بواسطتها دخول الماء إلى النبات. فإذا وضعنا مادة نباتية جافة في الماء يحدث إنتفاخ ملحوظ يؤدي في بعض الأحيان إلى زيادة كبيرة في الحجم.

مثال : يتكون ضغط هائل عند وضع عُصي خشبية جافة في شق صغير في صخرة ثم غُمِرَت بالماء ، يتكون ضغط كافي لتحطيم الصخرة.

الشروط الضرورية للتشرب :

1- وجود فرق في الجهد المائي بين المادة الشاربة للماء و السائل المتشرب.

2- وجود ألفة بين مكونات المادة الشاربة للماء والماء المتشرب .

"" ليس من الضروري للمادة الشاربة للماء أن تتشرب كل أنواع السوائل. فمثلاً المادة النباتية الجافة

المغمورة في الإيثر لا تنتفخ بقدر كبير، إلا أن المطاط شارب جيد للإيثر و ينتفخ بمقدار كبير"".

المحاضرة 4

الانتشار Diffusion

عند وضع سكر في سائل مثل القهوة أو الشاي تنتشر جزيئات السكر خلال السائل وتعطيه مذاقاً حلواً متجانساً. رائحة العطر المنبعثة من قنينة عطر مفتوحة تصلنا خلال عملية الانتشار. جزيئات العطر تنتشر خلال جزيئات الهواء. ولنفهم عملية الانتشار علينا تفهم طبيعة حركة المواد kinetic .

طبيعة حركة المواد Kinetic nature of matter

عند درجات الحرارة الأعلى من الصفر المطلق (0°K أو 273°C) كل مكونات المادة تكون في حركة وهذا يعني أن هذه المواد تحمل مقداراً معيناً من الطاقة وظيفتها الحركة kinetic energy. هذه الحركة هي عشوائية حيث تتحرك الجزيئات أو الذرات في كل الاتجاهات مصطدمة ببعضها في كثير من الأحيان . لو إعتبرنا الهواء الذي نستنشق وهو بصفة رئيسية خليط من جزيئات النيتروجين ، الأوكسجين و ثاني أوكسيد الكربون ، هذه الجزيئات ذات حركة عشوائية مستمرة وتصطدم ببعضها من حين لآخر. جزيئات النيتروجين أكثر وفرة من جزيئات الأوكسجين، جزيئات CO_2 نادرة للغاية حيث لا يتجاوز تركيزها في هذا الخليط أكثر من 0.03% هذه الأنواع الثلاثة من الجزيئات مختلفة بتجانس في الجو . تنتشر جزيئات العطر بين جزيئات الهواء وتختلط في النهاية بتجانس. عند انتهاء تبخر العطر تنتشت جزيئاته بالكامل بين جزيئات الهواء وتتكون منظومة ديناميكية جديدة. تشمل جزيئات النيتروجين، الأوكسجين، CO_2 والعطر متحركة عشوائياً.

انتشار الغازات Diffusion of gases

مثال: إذا كُسرت قنينة من البرومين تحت ناقوس زجاجي مُفرغ جزئياً من الهواء تملأ جزيئات البرومين في الحال الفضاء الذي تحت الناقوس ، وهذا من السهل مُشاهدته نظراً للون البني المحمر المميز لغاز البرومين ، يختلف الأمر إذا لم يكن الفضاء مفرغاً من الهواء. حيث تؤدي جزيئات الهواء إلى تباطؤ سرعة انتشار غاز البرومين.

الضغط الانتشاري Diffusion Pressure

إن وزن الغاز (الهواء) فوق سطح الزيتق الموضوع في طبق كافٍ لدفع عمود من الزيتق في انبوبة زجاجية إلى أعلى ليصل إلى ارتفاع 760 ملم.

الانتشار المستقل Independent Diffusion

إن اتجاه انتشار مادة ما يحدده كلية الفروقات في الضغط الانتشاري لتلك المادة ومستقل كلياً عن الضغوط الانتشارية للمواد المحيطة.

مثال: عند نفخ منطاد بغاز النيتروجين ، حيث أن جدران المنطاد المطاطية هي نسبياً غير منفذة للنيتروجين ، النيتروجين المحصور في المنطاد سيكون له ضغط انتشاري أعلى نسبياً. أما CO_2 فعلى النقيض من النيتروجين حيث يمكن أن يمر بسهولة من خلال جدار مطاطي، إذا سُمح للبالون المملوء بالنيتروجين أن يستقر في الهواء ، فإن CO_2 الموجود في الهواء سينتشر في البالون حتى يحدث التعادل. ينتشر CO_2 في المنطاد لأن ضغطه الانتشاري في الهواء أكثر من ضغطه الانتشاري في المنطاد و الذي كان صغيراً. أن انتشار CO_2 إلى الداخل يحدث بالرغم من أن الضغط الانتشاري لغاز النيتروجين المحصور في البالون هو أعلى بكثير من الضغط الانتشاري ل CO_2 في الهواء .

العوامل المؤثرة في معدل انتشار الغازات Factors affecting rate of diffusion of gases

1- درجة الحرارة: تتناسب طردي وذلك لأن درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية لجزيئات الفلز.

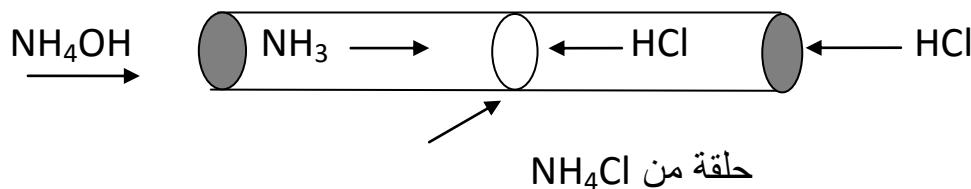
2- كثافة الجزيئات المنتشرة: حسب قانون كراهم Graham's Law للانتشار "معدلات انتشار الغازات تتناسب عكسياً مع الجذور التربيعية لكثافتها".

$$M_1/M_2 = \sqrt{K_2/K_1}$$

$$M_{\text{H}_2}/M_{\text{O}_2} = \sqrt{K_{\text{O}_2}/K_{\text{H}_2}} = \sqrt{16/1} = 4$$

حيث إن كثافة الأوكسيجين 16 مرة قدر كثافة الهيدروجين، معدل انتشار الهيدروجين 4 مرات معدل انتشار الأوكسيجين.

ويمكن توضيحه بالتجربة :



ضغط الجذر Root Pressure

هي الميكانيكية المسؤولة عن تحرر الماء الى أوعية الخشب. وهذا ممكن ملاحظته عن طريق تجمع العصير الخلوي cell sap الناتج من عملية النضح exudation على الجزء الباقي من النبات المقطوع. في