علم الخلية Cytology

يعرف علم الخلية cytology بانه العلم الذي يهتم بدراسة تركيب الخلية ووظيفتها وتكاثرها والتركيب الجزيئي لها ويهتم ايضاً بوراثة الخلية ويعرف ايضاً بانه العلم الذي يهتم بدراسة انواع الخلايا وتخصصاتها ووظائفها وتركيبها وان علم الخلية والذي يعرف حالياً بعلم حياة الخلية)بايلوجية 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 السايتوبلازم 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 فهنالك ترابط بين هذه الاتجاهات الثلاثة ولم تعد اتجاهات منفصلة ويستخدم علم الخلية وعلم حياة الخلية كمرادفان .

علاقة علم الخلية بالعلوم الاخرى Relation of cytology with other sciences

بالنظر لتعدد الفروع والمجالات العلمية والتشعب للاختصاصات فقد وجدت بينها علاقات متطورة ودقيقة حيث ان العلم الواحد لا يؤدي مهامه بكفاءة عالية بمعزل عن العل وم الاخرى والتقنيات الاخرى. ولذا فقد اضحى لعلم الخلية اتصالات وثيقة ومباشرة مع العديد من الفروع والمجالات العلمية كعلم الوارثة وعلم الكيمياء الحياتية وعلم الحيوان وعلم النبات وعلم التشريح وعلم الانسجة وعلم الفسلجة وعلم الام ارض 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 ايضاً الاساس المعتمد لتنظيم نمو الكائن الحي لذلك على علماء الاجنة ان يكونوا على معرفة جيدة للتركيب الاساسي للخلية واهمية وتوزيع كل من العضيات الموجودة فيها .

واما عن علاقته بالعلوم الاخرى فلا يمكن د ارسة علم الحيوان Zoology او علم النبات Botany او علم التشريح Anatomy او علم الانسجة Histology او علم وظائف الاعضاء Physiology او علم الام ارض Pathology بدون معرفة معلومات أساسية في تركيب الخلية ووظيفتها. ان المرض حالة اولية للنشاط غير الطبيعي في الخلية لذا فلابد ان تكون هناك علاقة بين علم الخلية من جهة وعلم الام ارض والصحة من جهة اخرى حيث يعد فهم الخلية حجر الاساس في هذا البناء العلمي ولكي نفهم المرض يتطلب د ارسة الخلية الحية السليمة وكيف يمكن ان يصيبها الاعتلال لنصل الى فهم عملية الخلل الذي ينعكس في مرض معين ومن ثم فهم اساس الحالة المرضية ككل. وترتبط د ارسات علم الخلية مع الفعاليات الفسيولوجية المختلفة حيث وضعت العديد من الفرضيات حول الطبيعة الفسيول وجية الكيميائية التركيبية لبروتوبلازم الخلية كما اجريت العديد من الد ارسات التي تتعلق بطبيعة سايتوبلازم الخلية وحركتها والحركة الاميبية وحركة الاسواط وانتقال الجزيئات في داخل الخلية وبالإضافة الى انقباض العضلات. كما اهتم الباحثون في هذا المجال بطبيعة الغشاء البلازمي من النواحي التركيبية والوظيفية واقترحوا العديد من النماذج لوصف تركيب الغشاء البلازمي كذلك اهتموا بآليات عبور المواد عبر الغشاء البلازمي ومنها النقل الفعال Active transport وكذلك النمو والتغذية والإف ارز بالإضافة الى الفعاليات الخلوية الاخرى. وأن هذه الد ارسات ساعدت على ظهور علم جديد سمي بعلم فسلجة الخلية Cell physiology ولعلم الخلية ايضاً علاقة متينة مع علم التصنيف Taxonomy فالأبحاث والد ارسات الحديثة في تصنيف الكائنات الحية مبنية اساساً على كرموسومات الخلية وعلى الاختلاف في عددها وشكلها من كائن حي الى آخر وقد لاحظ ستيبنس Stebbins ان الكرموسومات لكونها حاملة للعوامل الوارثية يجب ان تعتبر الاساس المعتمد عليه في

العلاقة بين الخلية والتصنيف ومن الد ارسات المهمة في هذا المجال هي المقارنات التفصيلية الكاملة للطرز الكرموسومية وتحليل عملية الانقسام الاخت ازلي وخاصة عند حدوث عملية التهجين وكذالك د ارسة التفاعلات الكرموسومية الطبيعية والتركيبية فالد ارسات حول منشأ بعض النباتات المهمة مثل نباتات المحاصيل كالقمح والشعير والقطن قد وضحت بصورة جيدة مثلها في ذلك مثل الد ارسات الخاصة بالخلية وبالوارثة.

الخلية Cell

تعرف الخلية Cell بأنها الوحدة الاساسية للكائن الحي التي لها القدرة وبشكل مستقل على التكاثر الخلوي او الانتاج Reproduction والتي تتكون من السايتوبلازم 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.

نظرية الخلية Cell Theory

في العام 1838 وضع عالم النبات الالماني شلايدن فكرة ان الخلايا هي وحدات التركيب في النبات وفي العام 1839 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) 1805(Oken، Mirbel (1807)، (1824) Lamarck (1809) Dutrochet، Turpin (1826).

وتضمنت هذه النظرية البنود الآتية:

1- الخلايا هي الوحدات الاساسية للحياة على الارض ولايوجد هناك كائن على الارض له صفة الحياة وليس مكوناً من الخلايا.

2- جميع الكائنات الحية مبنية من الخلايا وكل كائن حي على الارض مكون اما من خلية واحدة او

من خلايا متعددة.

3- نشأت جميع الخلايا السابقة)او السلف(من انقسام الخلايا الحية وليس بتجميع اجزاء الخلية وموادها الكيميائية أي ان المبدأ هو من الحياة تأتي الحياة.

4- الخلايا هي الوحدات الوظيفية للحياة حيث تتم فيها كل التفاعلات الكيميائية لادامة حياتها وتكاثرها.

5- ان الخلايا المتعددة للكائنات الحية ترتبط احياناً لتكوين الانسجة التي تقوم بوظيفة وحدات منفردة.

6- 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 نعدها المادة البنائية للحياة كالجزيئات التي تبنى 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.

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:

1- امتلاك الخلية الية ايضية Metabolic machineries 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.

+2

- 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 Reprodution.

3- امتلاك الخلايا مجموعة من الجينات في DNA تعمل على تصميم او تخطيط بناء المركبات المختلفة.

4- 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 2.0 مايكروميتر الى بيوض الطيور واكبرها بيضة النعامة والتي تبلغ قطرها ما يقرب من 6 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:

1- المسطحة Flattened ومن امثلتها طبقة البشرة العليا والسفلى.

2- الجيبية Cuboidal ومن امثلتها خلايا الغدة الدرقية Follicles.

3- العمودية Columnar ومن امثلتها الخلايا التي تبطن الامعاء.

4- المقعرة Discoidal مثل كريات الدم الحمر.

5- الكروية Spherical مثل بيض عدد كبير من الحيوانات.

6- المغزلية Spindle-Shape مثل الياف العضلات الملساء.

7- الطولية Elongated مثل الخلايا العصبية.

8- المتشعبة Branched مثل الخلايا الصبغية للجلد.

مجاميع الخلايا Cell categories

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

1. خلايا بدائية النواة Prokaryotes وتشمل البكتريا Bacteri a والمايكوبلازما mycoplasma والبكتريا الزرقاء الخضراء. blue-green bacteria

2 . خلايا حقيقية النواة Eukaryotes وتشمل الحيوانات والنباتات الراقية والحيوانات الابتدائية Protozoaوالبيض Eggs والحيامن sperms والفطريات .Fungi

3 . خلايا الاصليات)العتائق)Archaea وتشمل مجموعة من الاحياء لا تحتوي نواة خلوية الا انها اقرب الى حقيقية النواة منها الى بدائية النواة.

المقارنة بين الخلايا بدائية النواة والخلايا حقيقية النواة

	الصفة	بدائية النوا ة	حقيقية النوا ة
1	غلاف نوو ي	لا يوجد	يوجد
2	ال DNA	عارية ومفردة	متلازمة مع البروتينات وثنائية او معقدة الجزئيات
3	النووية	لا توجد	توجد غالب اً
4	الانقسام	مباشر)الانشطار مثلاً(	اعتيادي واخت ازلي
5	ال اريبوسومات أ– وحدة ثانوية كبيرة ب– وحدة ثانوية صغيرة	من نوع S 70 من نوع S 50 من نوع S 30	من نوع S 80 من نوع S 60 من نوع S 40
6	الشبكة الاندوبلازمية، المايتوكوندريا، البلاستيدات الخ...	لا توجد ، بل توجد انزيمات التنفس والتركيب الضوئي على غشاء الخلية	توجد
7	الحركة	بواسطة سوط بسيط التركيب	بواسطة أسواط وأهداب معقدة التركيب
8	النبيبات الدقيقة	لا توجد	توجد
9	التغذية	الامتصاص بالدرجة الاساسية وقليل منها يقوم بعملية البناء الضوئي	الامتصاص – الهضم – البناء الضوئي
10	جسم الكائن الحي	بسيط ومفرد الخلية في الغالب ،كما ان الخلايا لا تكون انسجة	معقد في الغالب)منها بسيط ومفرد الخلية (والأخر يتألف من عدد كبير من الخلايا تكون انواعاً منها الانسجة

النواة بدائية خلايا The Prokaryotic cells

تشمل الخلايا البدائية النواة انواع متعددة كالبكتريا Bacteria والطحالب الخضر المزرقة 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 .

البكتيرية الخلية 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 بفتره لا تتجاوز 60 دقيقة ثم تختزل الزمن الى حوالي 20 دقيقة فيما لو اضيف البيورين purine والبايريمدين Pyrimidine بالاضافة الى الاحماض الامينية الى بيئاتها الغذائية ويبلغ طول الخلية البكتيرية حوالي 0.2 مايكروميتر وسمكها حوالي 8.0 مايكروميتر. ولغرض معرفة الوحدات الخاصة بقياس احجام واطوال الخلايا لاحظ الجدول في ادناه

جدول يبين القياس المتري الشائع لقياس احجام واطوال الخلايا والعضيات والمكونات الخلوية الاخرى.

تركيب الخلية structure Bacterial cell

1. جدار الخليةwall Cell

تحاط الخلية البكتيرية بجدار يختلف من الناحية الكيمياوية عن جدار الخلية النباتية ويعرف بانه عبارة عن جدار صلب يكسب الخلية البكتيرية الشكل المحدد الخاص بها ويبلغ سمكه حوالي 10 نانوميتر والتركيب الكيميائي للجدار البكتيري عبارة عن بروتينات وسكريات متعددة وجزيئات لبيدية كما تحتوي على البيبتيدات المخاطية بيبتيدكلايكان Peptidoglycan التي تكسب الجدار المتانة والصلابة وعلى ضوء نسبة وجود البيبتيدوكلايكان Peptidoglycan في الجدار يمكن تصنيف البكتريا الى بكتريا موجبة لصبغة كرام Gram positive bacteria او بكتريا سالبة لصبغة كرام Gram negative bacteria حيث ان البكتريا الموجبة لصبغة كرام تحتوي نسبة عالية من مادة ببيتيدوكلايكان تصل الى حوالي 60% او اكثر من ذلك ولهذا السبب تتأثر البكتريا الموجبة

لصبغة الجرام بالمضاد الحيوي البنسلين Penicillin بينما البكتريا السالبة لصبغة الجرام لا تتجاوز نسبة ماموجود البيبتيدوكلايكان في جدارها اكثر من 15% ويكون هذا النوع من البكتريا مقاومة للمضاد الحيوي البنسلين.Penicillin 2. الغشاء البلازمي Plasma membrane

ان الغشاء البلازمي هو عبارة عن غشاء رقيق ونحيف اختياري النفاذية، والتركيب الكيميائي للغشاء يعرف بانه عبارة عن بروتينات proteins ولبيدات Lipids بحوالي 60% و 40% على التوالي كذلك يحتوي الغشاء البلازمي Plasma membrane على نسبة قليلة من الكربوهيدرات تتراوح بين 5-8% وينطبق عليه نموذج وحده الغشاء Unit membrane model من حيث التركيب الجزيئي ويتميز الغشاء البلازمي للبكتريا بعدم احتوائه على الستيرول Sterols وتعوض باحماض دهنية حاوية على البروبان الحلقي Cyclopropane وقد تحدث تحورات في الغشاء البلازمي تتولد منها بعض التراكيب وهي:

أ- الاجسام الوسطية Mesosomes

وهي عبارة عن تراكيب اصبعية تشترك في عملية بناء الطاقة لانها تحتوي على جميع الانزيمات الخاصة بالسلسلة التنفسية والفسفرة التأكسدية وبذلك فأنها تشبه المايتوكوندريا Mitochondria الموجودة في الخلايا حقيقة النواة من حيث الوظيفة .

الصبغ حاملات ب Chromatophorse

وهي عبارة عن تراكيب صبغية يكثر وجودها في البكتريا الموجبة لصبغة كرام gram Positive bacteria وتحتوي على تراكيب تكون شبيهة بالثايلاكويدات Thylakoids الموجودة في البلاستيدات Plastids الراقية حيث انها تحتوي على صبغات البناء الضوئي photosynthesis وجميع الانزيمات الخاصة بعملية البناء الضوئي .

3. المنطقة النوويةNucleoid

ان المادة النووية غير محاطة بغلاف وانما تكون مبعثرة Scattered في سايتوبلازم الخلية وتشغل مساحة كبيرة منه وتتألف المادة النووية من جزيئة حلقية مفردة ومزدوجة من الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين Deoxyribonucleic acid (DNA) ويبلغ طول جزيئة DNA حوالي 1 ملم ويحمل جميع العوامل الوراثية)الجينات Genes (الخاصة بالبكتريا والتي يتراوح عددها 2000-3000 جين وكل جين مسؤول عن تكوين نوع معين من البروتين وفي بعض الاحيان يمكن ان تلاحظ جزيئتين من DNA في الخلية البكتيرية الواحدة بسبب تضاعفها وفي هذه اللحظة تكون البكتريا جاهزة للانقسام اللاجنسي .

4. الرايبوسوماتRibosomes وتعرف بانها عبارة عن تراكيب صغيرة منتشرة بشكل غير منتظم في سايتوبلازم الخلية تظهرعلى شكل مناطق سوداء قاتمة تحت المجهر الالكتروني يصل عددها الى حوالي 3000 جزيئة وتسمى الرايبوسومات Ribosomes وتركيبها الكيميائي عبارة عن الحامض النووي الرايبوزي RNA وبروتين وتمثل مناطق بناء البروتين. توجد الرايبوسومات بشكل مجاميع تعرف بمتعدد الرايبوسومات Polysomes او Polyribosomes وتتكون من وحدات ثانوية صغيرة وكبيرة ورايبوسومات البكتريا هي من النوع S. 70

5. الفجوة Vacuole

ان بعض انواع البكتريا تحتوي على فجوة غازية تسمى بالحويصلة الغازية Gas vesicle والتي تقوم بمساعدة البكتريا على الطفو في الماء وتحتل هذه الفجوات حوالي 40% من حجم الخلية ويختلف عددها في الخلية الواحدة فقد توجد واحدة منها او قد تصل اعدادها الى المئات وتتقلص هذه الفجوات عند تعرضها الى ضغط مفاجئ. ان التركيب الكيميائي لغلاف الفجوات الغازية هو عبارة عن بروتين بسمك 2 نانوميتر.

6. الاسواط Flagella

ان العديد من الكائنات البدائية النواة ومنها البكتريا لها القدرة على الحركة نظراً لاحتوائها على تركيب خاص يسمى السوط Flagellum وتكون الاسواط في البكتريا حلزونية الشكل وتكون الى حد ما اطول من الخلية بعدة مرات والتركيب الكيميائي للسوط عبارة عن وحدات ثانوية تتكون من بروتين الفلاجلين Flagellin وتترتب بروتينات الفلاجلين Flagellin بشكل حلزوني تختلف فيما بينها من حيث الاحماض الامينية المكونة لها من بكتريا الى اخرى والوزن الجزيئي لبروتين الفلاجلين يبلغ حوالي 2,5 كيلو دالتون (KD) واما الجزء القاعدي العريض من السوط يسمى بالخطاف Hook ويتصل مع الخطاف تركيب يسمى الجسم القاعدي Basal body الذي يربط السوط مع غلاف الخلية. يتكون الجسم القاعدي من اربع حلقات في البكتريا السالبة لصبغة كرام وحلقتين في البكتريا الموجبة لصبغة كرام.

7. الحافظة Capsule

تعد الحافظة من التراكيب الخارج خلوية والتي تنشأ من افرازات الغشاءالبلازمي وهي عبارة عن طبقة لزجة Slimy Layer وتركيبها الكيميائي عبارة عن سكريات متعددة (polysacchrides)وكمية قليلة من البروتين وكثافتها تعتمد على الظروف التي تبقى فيها البكتريا واما وظيفة الحافظة فهي -:

1. حماية البكتريا من مقاومة الجسم العائل Host cell defense mechanism
2. تعد مركزاً للفضلات والافرازات الخلوية

الفايروسات Viruses :

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

يحاط الحامض النووي للفريون بقشرة روتينية أو غطاء أو قشرة بروتيني يطلق عليه "Capsid " . تتألف هذه القشرة الروتينية من العديد من الوحدات التركيبية المتماثلة والتي تسمى كابسومي ارت " Capsomeres " . يختلف تركيب وعدد هذه الوحدات البنائية من نوع إلى آخر من الفايروسات . تعتبر القشرة البروتينية خاملة من الناحية الفسلجية لذلك فأن وظيفتها وقائية فقط ، قد يحيط القشرة البروتينية غلاف أو غشاء محدد كما هو الحال في العديد من الفايروسات التي تصيب اللبائن.

يختلف المظهر الخارجي للفايروسات باختلاف انواعها المختلفة ، فمنها تكون عصوية الشكل ومنها دائرية او قد تكون متعددة السطوح . على الرغم من أن جميع الفايروسات صغيرة جداً إلا انها متباينة في حجمها . وعموما يلغ طول أو قطر الفايروس بين) 30(الى) 300(نانوميتر .
وهكذا فان اصغر الخلايا الحية)البكتريا والمايكوبلازم ...الخ (تتعرض للإصابة بالفايروسات.

من بين اكبر الفايروسات وأكثرها تعقيداً هي تلك التي تهاجم البكتريا ومن امثلتها ملتهمات البكتريا (Bacteriophages وللاختصار تسمى phages(والتي تكون اشكال وأحجام متعددة .بعضها تمتلك DNA ثنائي السلسة وبعضها احادي السلسلة كما قد تمتلك بعضها RNA مفرد

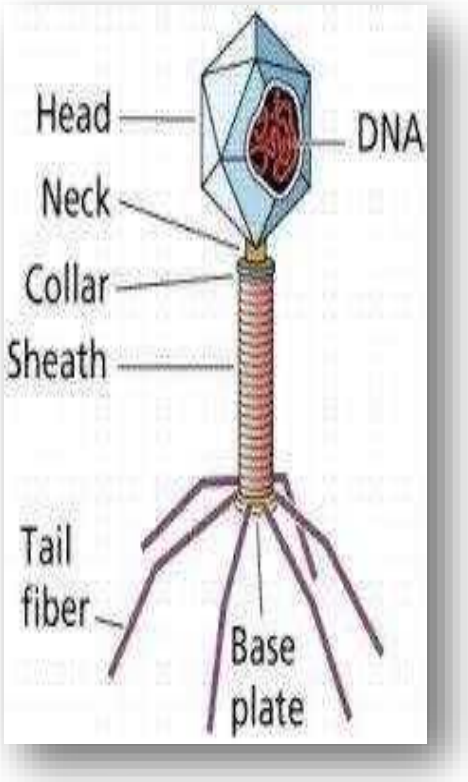
السلسلة وتمتلك هذه الفايروسات منطقة ارس مؤلفة من الحامض النووي DNA أو RNA محاط2 بقشرة بروتينية تكسب ال ارس شكلاً مجسماً شبيهاً بالذنب يبرز من القشرة البروتينية لمنطقة ال ارس ، ويتألف الذنب من مادة بروتينية مرتبة بصورة حلزونية كما توجد في اغلب الاحيان في نهاية الذنب ت اركيب متخصصة تلعب دوارً مهماً في اتصال الفايروس بسطح الخلية المضيفة.

الدورة التكاثرية للفايروس

تتألف دورة حياة الفايروسات بشكل عام والملتهمات البكتيرية بشكل خاص من أربعة م ارحل هي:

1- الالتصاق Attachment بخلية المضيف
2- حقن المادة الوارثية (RNA أو DNA) للفايروس داخل خلية المضيف
3- إنتاج مكونات الفايروس الجديدة
4- تحلل الخلية المضيفة لتحرير نسل الملتهم البكتيري الذي يصل عدده إلى)100(فرد أو اكثر.

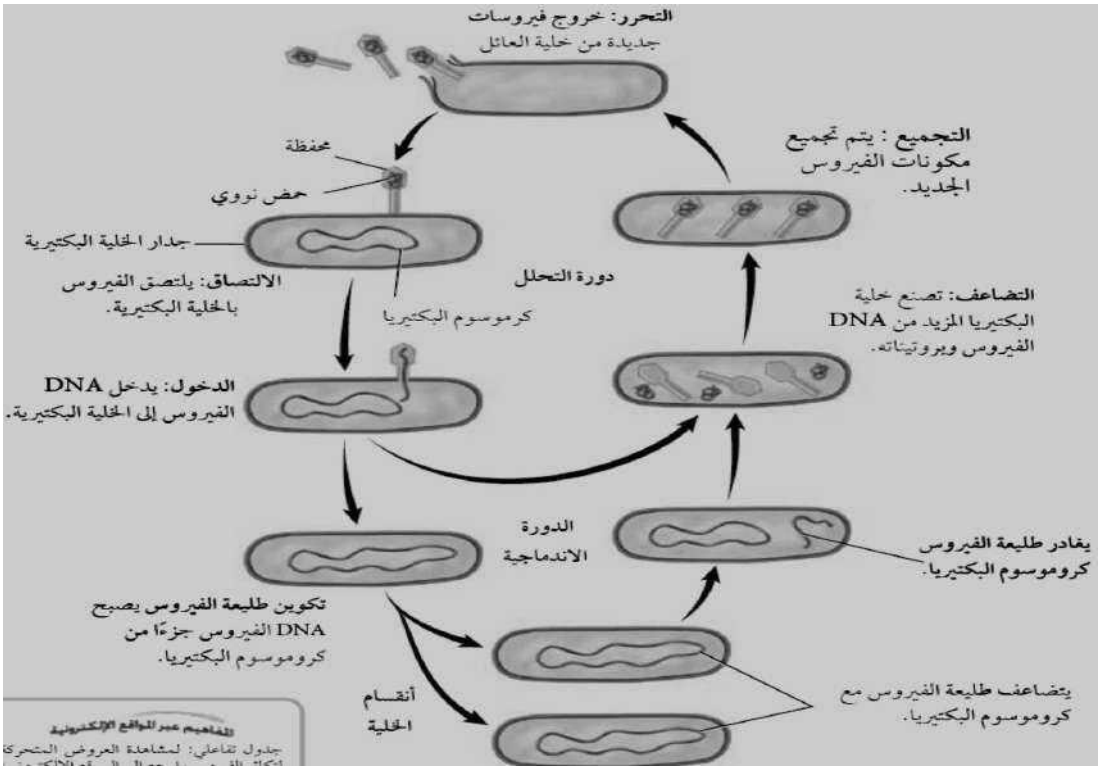
يتحقق التصاق الملتهم البكتيري بالخلية المضيفة من خلال ارتباط مجاميع خاصة موجودة في نهاية ذنب الفايروس مع مجموعة مكملة من المجاميع الكيمياوية) كأن يكون موقع استقبال Receptor site موجودة في جدار الخلية البكنتيرية . تمتلك الملتهمات البكتيرية مثل مزدوجات T وعدد قليل من الملتهمات الاخرى الياقاً طويلة تمتد من الذنب .تعتبر هذه الالياف أول جزء من الفايروس التي تمس وتتصل بالخلية المضيفة وتساعد هذه الالياف في وضع ذنب الملتهم البكتيري عموديا على جدار الخلية المضيفة.



بعض أنواع الفايروسات فايروس

T4 دورة حياة الفايروس داخل

جسم المضيف



الكائنات حقيقية النواة Eukaryote

تحتوي الكائنات حقيقية النواة على كتلة صغيرة من المادة الاولية Protoplasm وتتكون من السايتوبلازم والنواة ومحاطة بغشاء البلازما .Plasma membrane تضم هذه الكائنات الحية مجموعة كبيرة من الاحياء مثل الابتدائيات Protozoa والفطريات Fungiوالطحالب Algae والحيوانات)ومنها الحيوانات اللبونة كالانسان(والنباتات الراقية

- وتشترك جميع الخلايا في حقيقية النواة بصفات عامة

أ -الشكل :Shape تكون للخلايا اشكال ثابتة خاصة باستثناء كريات الدم البيضاء ويعتمد شكل الخلية بصورة خاصة على التكيف الوظيفي وجزئياً على الشد السطحي ولزوجة المادة الاولية وكذلك على الفعل الميكانيكي المؤثر في الخلايا المجاورة ومدى صلابة غشاء الخلية.

ب -الحجم Size : تكون بعض الخلايا الحيوانية والنباتية ذات حجم كبير بحيث يمكن مشاهدتها بالعين المجردة فعلى سبيل المثال بيوض بعض الطيور التي لها قطر يصل الى بضع سنتمترات.

لقد تم اثبات ان حجم الخلية يكون ثابتاً بصورة عامة لكل نوع معين من الخلايا ويكون بحالة مستقلة عن حجم الكائن الحي. فعلى سبيل المثال خلايا الكلية او الكبد تكون تقريباً بنفس الحجم في الثور والحصان والفأر. أما الاختلاف في الكتلة الكلية للعضو فيعتمد على عدد

الـخلايـا ولـيس حـجـمـها وتـسـمـى هـــذه الحقيقة بقانون الحجم الثابت law of constant volume. كما لوحظ ان الوظيفة والعمر هما من العوامل المهمة التي تحدد حجم الخلية ونواتها.

***تقسم الخلايا الحقيقية النواة الى ما ياتي-:**

1. الخلايا الحقيقية النواة النباتية Plant cell : في هذه الخلايا تترتب وتنتظم الاجـزاء الـخلويـة بـحـيث يـخـتـص كـل جـزء ثـانوي بـوظيفة بايـولوجية مـعينة وتسـمى هـــذه الاجـــزاء الـخلـــويـــة الـثـانـــويـــة الـمـحـكـمـة الـتـنـــظـيـم بأسـم العضيات الخلوية .Cell organelles فالتـركـيب الـضوئي Photosynthesis يجري في

الكـلوروبـلاست والفـعالـيـة الـتـنـفسـيـة Respiratory والفسفرة التاكسدية Oxidative phosphorylation تحدث في الميا يتوكوندريا والمادة الوراثية تتركز في النواة كما تحتوي الخلية النباتية على فجوات Vacuoles لخزن المواد المغذية او لاجراء تفاعلات الهضم decretive reactions للفضلات الخلوية. وبعبارة اخرى فان الوظائف البايولوجية المختلفة تحدث في العضيات الخلوية المنفصلة المنتظمة التركيب والمتعاونة مع بقية اجزاء الخلية .

2. الخلايا الحقيقية النواة الحيوانية Animal cells

الخلية الحيوانية عبارة عن كتلة من البروتوبلازم المحاط بغشاء محدد وبداخله السايتوبلازم Cytoplasm ويحتوي على نواة واحدة او اكثر تسمى Karyoplasm وقـــد لـوحـــظ فـــي بـعـــض الـــخـــلايـا الـحـيوانيـة وجـــود عـــلاقـــة بـــين الـــنـــواة وحـــجـــم السايتوبلازم وهذه العلاقة تعرف باسم Karyoplasm ratio او قد تسمى Nucleocytoplasmic ratio

يمثل السايتوبلازم الجزء السائل الموجود داخل الخلية ويحتوي على عدة اجزاء خلوية او عضيات خلوية Cell organelles اكثر كثافة من السايتوبلازم مثل اجسام كولجي والمايتوكوندريا والنواة وبعض الاجسام الكروية وكذلك الجسيمات الحالة Lysosomes التي تعمل على تحطيم المواد الغريبة الداخلة الى الخلايا هذا با الاضافة الى احتواء الخلية على بروتينات ليفية fibrous proteinsيطلق عليها اسم Cytoskeleton .

وسيتم تناول أج ازء الخلية الخلية الحيوانيه بالتفصيل ونبدأ بالغشاء البلازمي:

حقيقيات النوى Eukaryote هي مجموعة من الكائنات الحية ذات بنية خلوية معقدة، تتميز بأن المادة الجينية Genetic material فيها تكون محصورة ضمن النواة المغلفة بغشاءو تضم حقيقيات النوى النباتات والحيوانات والفطريات وهي بشكل عام متعددة الخلايا , إضافة إلى بعض الأنواع المصنفة كالأوليات Protista العديد منها يكون وحيد الخلية.

الغشاء البلازمي

الغشاء البلازمي Plasma membrane

يشكل الغشاء البلازمي حدود الخلية الذي يفصل المحتوى الداخلي للخلية عن محيطها الخارجي حيث ان جميع المواد الداخلة او الخارجة من الخلية يجب ان تمر عبر الغشاء البلازمي . وقد تمر المواد احياناً عبر الغشاء البلازمي عن طريق النقل السلبي passive transport , ويسمى الغشاء البلازمي ايضاً بالغشاء الخلوي Cell membrane او يسمى كذلك الاكتوبلاست Ectoplast وهو غشاء نفاذ Permeable يعمل عمل غشاء نصف ناضح 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 لايمكن 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 جدار اً سليلوزياً 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 والى 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 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 تباين 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 لايحدث تبدلاً)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.

ان جزيئة الدهن تتألف من جزئين هما:-

1- الجزء القطبي)) Polar Portion((: وهذا الجزء محب او اليف للماء Hydrophilic.

2- الجزء غير القطبي)) Nonpolar Portion((وهذا الجزء كاره او غير أليف للماء Hydrophobic.

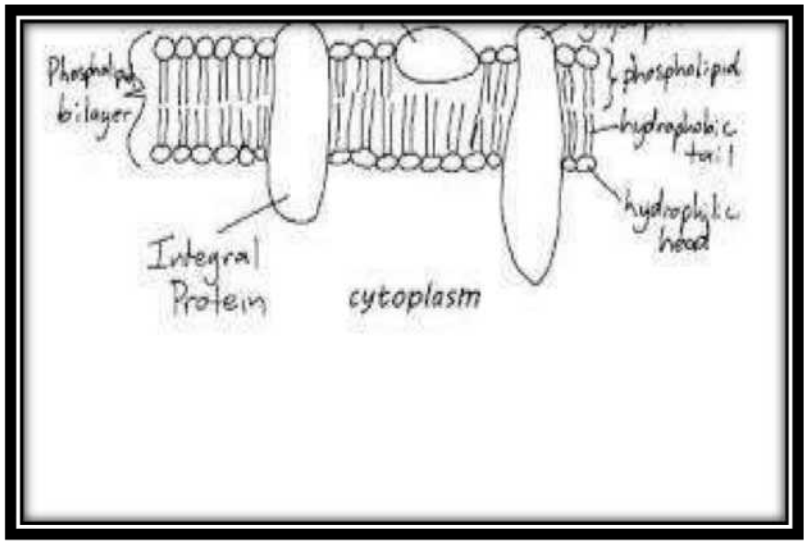
وتشير نتائج الدراسات الى ان الدهون الغشائية تكون بشكل طبقة ثنائية الدهن

bilayer lipid أي مكونة من جزيئتين دهنية تكون مرتبة بحيث تتقابل الاجزاء اللاقطبية مع بعضها بينما تكون الاجزاء القطبية مواجهة للسطح الداخلي والخارجي للخلية. ان الشحنة الكهربائية للدهون تختلف حسب نوع الدهن.

الكاربوهيدرات الغشائية Membrane Carbohydrates

توجد الكاربوهيدرات بنسبة قليلة جداً في الاغشية البلازمية بصورة سلاسل قصيرة او متفرعة في بعض الاحيان من جزيئات السكر المتصلة بالبروتينات المحيطية **peripheral protein** الخارجية مكونة بروتينات سكرية او تتفرع من النهايات القطبية لجزيئات الدهن المفسفرة في طبقة الدهن الخارجية ((مكونة الدهون السكرية **Glycolipids**)) . ولا توجد الكاربوهيدرات الغشائية على السطح الداخلي للاغشية البلازمية.

تتكون سلاسل السكريات البسيطة من نوع **Oligosaccharides** الغشائية والتي تشكل اتحادات متنوعة للسكريات التسعة الاساسية ويسمى ايضاً حامض السياليك **Sialic acid** وتشتق جميع هذه الانواع من الكلوكوز **Glucose** يحمل السطح الخارجي في الغشاء البلازمي شحنة سالبة بسبب وجود حامض السياليك اضافة الى مجموعتي الكاربوكسيل والفوسفات وهذا ما يجعل البروتينات الموجبة الشحنة تلتصق بها لذا تختزل الشحنة السالبة للاغشية البلازمية عند معاملتها بانزيم **Neuraminidase** علماً ان هذا الانزيم يستخلص مع حامض السياليك.



البروتينات الغشائية

Membrane proteins

تشكل البروتينات المكونات الرئيسية لمعظم الاغشية البايلوجية ولها وظائف متعددة فهي تدخل في التركيب الميكانيكي وتعمل ايضاً كجزيئات نقل Carriers وتكون كذلك قنوات تساعد في عملية النقل. كما يوجد ايضاً في الاغشية انزيمات عديدة ومستضدات متنوعة Antigens واعداد كثيرة من جزيئات الاستقبال Receptor molecules والبروتينات الغشائية نوعان هما:-

أ- البروتينات السطحية او المحيطية Peripheral Proteins تشمل البروتينات التي تغطي مناطق معينة من طبقة الدهن الثنائية ولا تخترقها وتشكل نسبة تقل عن 30% من مجموعة البروتينات الغشائية وتتميز بما يلي:

1- تكون مرتبطة ارتباطاً ضعيفاً بالغشاء البلازمي بحيث يمكن فصلها بسهولة.
2- تذوب في المحاليل المائية.
3- تكون غنية بحوامض امينية تمتلك سلاسل جانبية محبة للماء) Hydrophilic(التي تسمح بالتفاعل مع الماء المحيط بها ومن السطح القطبي لطبقة الدهن الثنائية الجزيئات.
4- تتشتت عند وضعها في محاليل ذات درجة حامضية تعادل) pH=7(.
5- تمتلك البروتينات المحيطية عند السطح الخارجي للغشاء سلاسل من السكريات ومن الامثلة على هذا النوع من البروتينات هي Spectrin وعلى الرغم من وجود البروتينات المحيطية خارج الطبقة الدهنية الثنائية الا انها لا تغطيها بشكل كامل كما كان يعتقد سابقاً.

ب- البروتينات البينية Integral Proteinsوهذه البروتينات يكون اجزاء منها مغمورة في طبقة الدهن الثنائية واجزاء اخرى مواجهة لاحد السطحين)الخارجي او الداخلي(او كليهما ويشكل هذا النوع من البروتينات الغشائية نسبة تزيد على 70% وتتميز بما يلي:

1- تكون مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالغشاء البلازمي لذلك تتطلب طرقاً معقدة لعزلها ويستعمل لهذا الغرض مواد صابونية Detergent.
2- لاتذوب في المحاليل المائية.
3- الاجزاء البارزة منها على السطح الخارجي للغشاء ترتبط مع الكربوهيدرات لتكون البروتينات السكرية.
4- تكون غنية بحوامض امينية التي تمتلك سلاسل جانبية محبة للماء) Hydrophilic( ))خاصة تلك الاجزاء من البروتين البارزة من طبقة الدهن الثنائية((وكارهة للماء

)Hydrophobic( ))خاصة تلك الاجزاء من البروتين المغمورة في طبقة الدهن الثنائية((أي انها تشبه الدهون الغشائية بكونها امفوتيرية.

5- تتجمع عند وضعها في محاليل ذات درجة حامضية تعادل 7)pH=7(ومن الامثلة على هذا النوع من البروتينات معظم الانزيمات المرتبطة بالغشاء ومستضدات التوافق النسيجي ومستلمات الدواء والهرمونات.

النشاط الوظيفي لغشاء البلازميFunctional 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. كما يكون غير ثابت من الناحية النفاذية ومن الجزيئات التي يكون لها وزن جزيئي عال وتدخل الخلية من خلال غشاء البلازما هي الرايبونيوكليز Ribonuclease)الوزن الجزيئي 13000(والبروتامين والهستونات)الوزن الجزيئي بين 2000-10000(وهناك عدة طرق يعبر بواسطتها الماء والمواد الاخرى :

اولاً: النقل عن طريق تكوين الحويصلات

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

1- الادخال الخلوي Endocytosis

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

أ- الالتهام الخلوي)او البلعمة(Phagocytosis

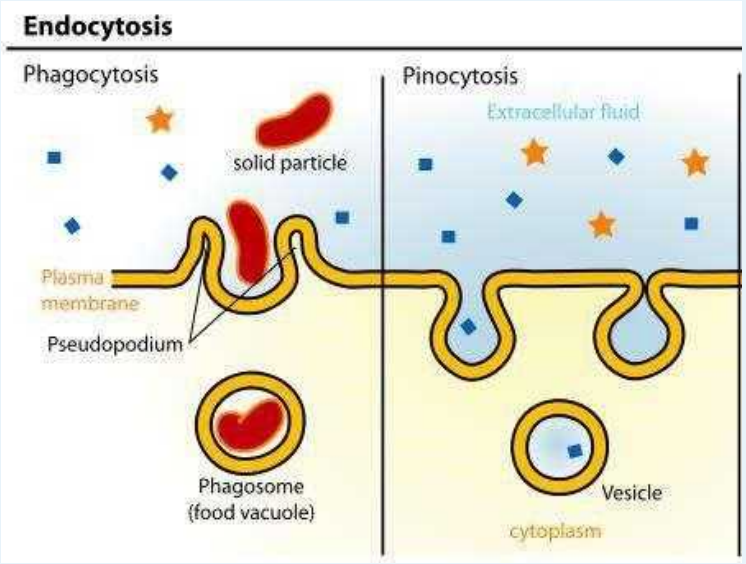
يمثل الالتهام الخلوي هضم الاجسام الصلبة من الخلية بواسطة الفعالية الطبيعية لغشاء البلازما .هذه الظاهرة يمكن ملاحظتها في الاميبا حيث تعمل على مد اقدام كاذبة حول الدقائق المطلوب هضمها ثم تحتوي هذه الدقائق في داخل الخلية وتتكون فجوة كبيرة نسبياً تنطلق الى داخل الخلية وان عمل بعض خلايا الدم البيضاء يكون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

ب- الشرب الخلوي Pinocytosis

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 In folding للغشاء ناتجاً في تكوين كيس يحتوي على الدقائق المطلوب هضمها وبعدها فأن 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.

ج- Rhopheocytosis ج- اللقف الخ

وهذه الآلية في الادخال الخلوي خاصة لنقل كمية كبيرة من المواد مثل السايتوبلازم 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 كانها تشفط المواد المحيطة بها كالشرب الخلوي



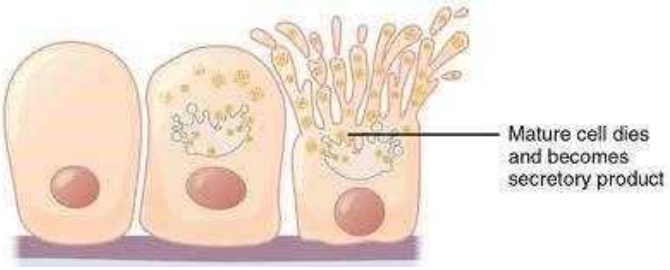
ثاني أً- الاخراج الخلوي Exocytosis

ويمكن تقسيم هذه العملية الى عدة اقسام هي:

أ- الافراز الكلي Holocrine Secretion

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

Holocine

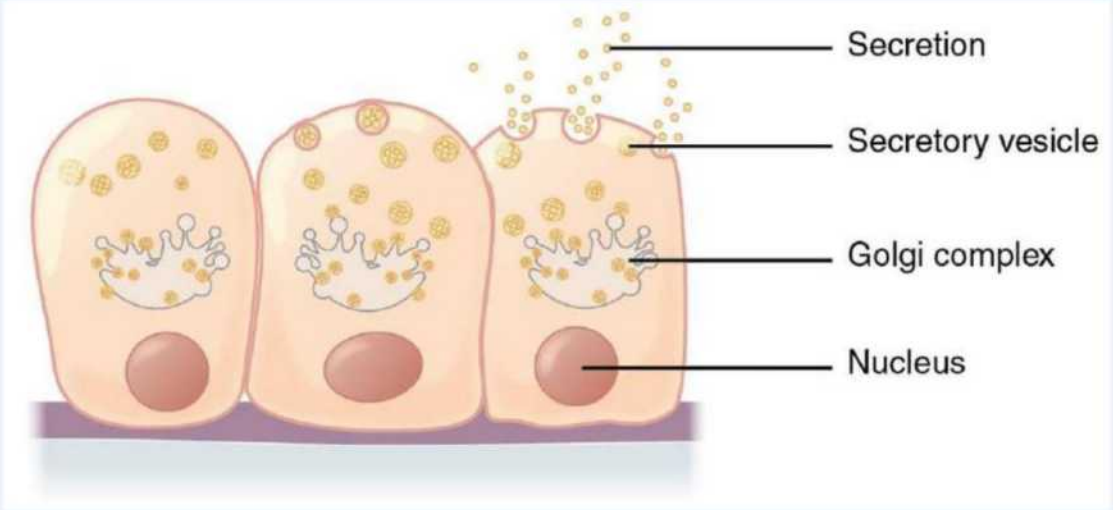


ب- الافراز الجزئي Eccrine Secretion

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

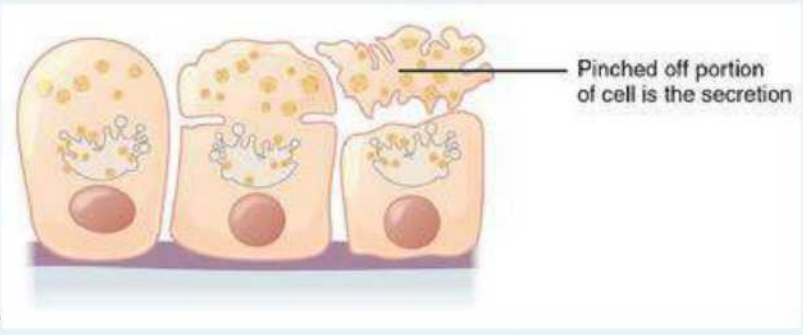
الافراز الى الخارج ومن الامثلة لهذا النوع كثير من الغدد ذات الافراز الخارجي والداخلي كالبنكرياس والخلايا الامامية للغدة النخامية والخلايا الدرقية. وان التحام غشاءالجسم الافرازي بالغشاء البلازمي يؤدي الى ان يصبح غشاء الجسم الافرازي جزءاً من الغشاء البلازمي.



Accrine

3- الافراز القمي Apocrine Secretion

ان هذا الافراز يلاحظ في الغدد تحت الفكية للارنب **Submandibular sweet gland** ولقد لوحظت عمليات مختلفة من الافراز حيث يندفع التجويف السطحي للخلية الى الخارج ليكون برزوات ثانوية واشكال كروية متصلة بالخلية بواسطة سويق رفيع بعدها تكون طبقة كثيفة من السايتوبلازم على عرض الساق تفصل تدريجياً الجسم المخزون ويصبح طليقاً في التجويف ويمكن مشاهدة هذه العملية ايضاً في الغدد اللبنية حيث يفرز الدهن بواسطة الية الافراز القمي.



Apocine

4- الافراز الثنائي Diacrine Secretion

في هذا النوع من الافراز تتكون اجسام افرازية محاطة باغشية كما في الافراز الجزئي ولكن بدلاً من تحررها بالتحامها بالغشاء البلازمي فان الناتج الافرازي اما ينتشر اولاً عبر غشاء الجسم الافرازي ثم عبر الغشاء البلازمي او تنتشر اجزاء غشاء الجسم الافرازي والافراز المتحرر عبر

السايتوبلازم القمي وغشاء البلازما ان هذه العملية لاتتضمن زيادة او نقصان في محيط سطح الخلية كما انها نادرة الحدوث نسبياً.

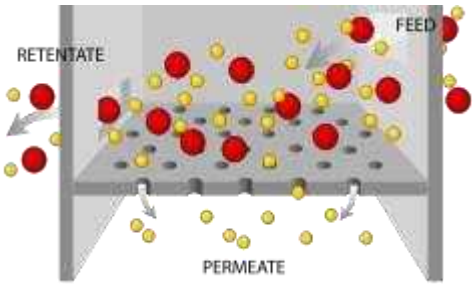
ثاني أً- الانتشار الحر Free Diffusion

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 . يستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان جزيئاته تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وسرعة حيث اقترح بان الاغشية تحتوي على ثقوب)10-8(انكستروم تبطن بجزيئات محبه للماء حيث تكون هذه الفتحات ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء في حين تلاقي جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها. ثاني

أً- 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 . يستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان جزيئاته تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وسرعة حيث اقترح بان الاغشية تحتوي على ثقوب)10-8(انكستروم تبطن بجزيئات محبه للماء حيث تكون هذه الفتحات ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء في حين تلاقي جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها.

شكل يوضح الانتشار الحر للمواد



ث الث اً- الانتشار الميسر واليات النقل Facilitated Diffusion and Carrier Mechanisms

ان المتأيضات الاساسية التي لا تذوب باللبيد)كالسكريات والاحماض الامينية(تدخل الخلية اوعضياتها خلال عمليات تتطلب ارتباطات معكوسة مع بروتينات الغشاء وتتم هذه العملية وذلكمن خلال تراكيب تسمى النواقل Carriers: والتي هي عبارة عن بروتينات في طبيعتها حيثتكون جزءاً من تركيب الغشاء وتعد متخصصة ولقد افترض وجود موقع ارتباط خاص في كلناقل 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 اخرىعلى العبور. ان الذوبان النسبي للايضات في اللبيد غير معنوي ولذا فان تفاعلها يكون معالبروتين وليس مع جزيئات اللبيد الموجودة في الغشاء ان قسم من هذه النواقل يدعى بالـPermeases وذلك نظراً لتشابهها مع الانزيمات في بعض الصفات وبصورة خاصة انPermeases تعجل النقل وتمنح الخصوصية الاختيارية للنقل او المرور وتكون هذه الخواصمتشابهة مع الانزيم ولكن الـ Permeases والنواقل الاخرى تختلف في جانب مهم جداً عنالانزيمات فالـ Permeases قد تغير نقطة التعادل للتفاعل الكيميائي وفي بعض الوقت الى حدكبير بينما الانزيمات تغير فقط النسبة التي عندها يصل التعادل ولكن لا تغير نقطة التعادل نفسها .

تساعد الـ Permeases الجزيئات على عبور الغشاء بطريقتين:

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

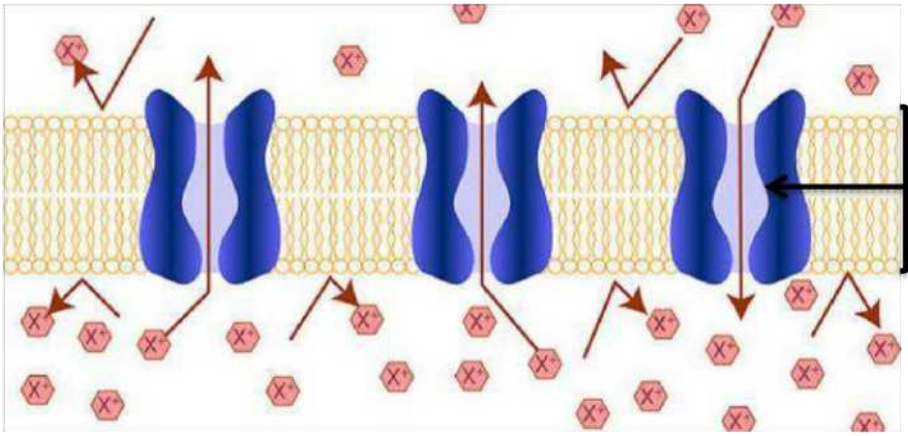
أ- الاول الذي يساعد في عملية النقل الفعال الذي يحتاج طاقة بعكس الانحدار التدريجي.

ب- والناقل الثاني يساعد الانتشار الميسر.

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

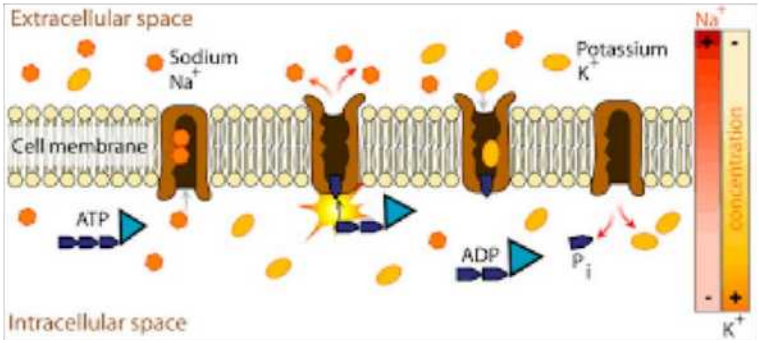
شكل يوضح الية النقل الميسر

خارج الخلية



pereamas
e

داخل الخلية

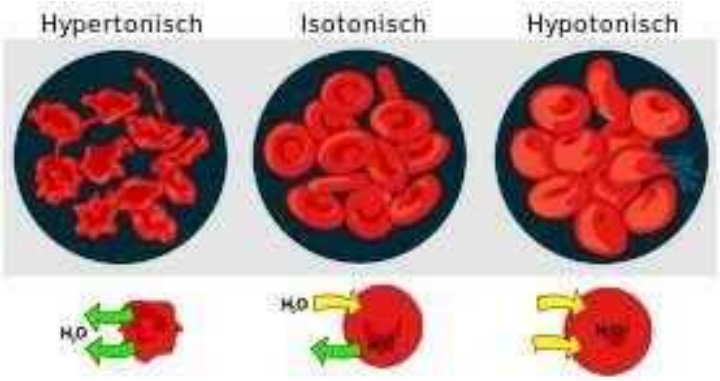


رابعاً- النقل الفعال والضخ الايوني Active Transport and Ion Pump

هو نقل الأيونات أو الجزيئات من تركيز منخفض إلى تركيز عالي وهذا النقل يحتاج إلى طاقة، وهذه الطاقة تنتج بواسطة ثلاثي فوسفات الأدينوسين الذي يحرر بتحطم رابطة فوسفاتية لينتج ADPهذا النقل يلزمه: 1) بروتين ناقل 2) طاقة على هيئة ATP

يساعد الخلايا لتبقي التركيز ثابت عبر الغشاء الخلوي .مثال: الخلية الحيوانية تركيز K بها أقل بكثير من تركيزه خارج الخلية، و تركيز Na^+ داخل الخلية اقل بكثيرمن تركيزه خارج الخلية.

ATP --> ADP + Pi + energy



شكل يوضح الية النقل الفعال عن طريق مضخة الايونات Ione pump

من الأمثلة على النقل الفعال

1. نقل النباتات الأيونات الغير عضوية إلى الجذور بواسطة النقل الفعال
2. يوجد في خياشيم الأسماك البحرية خلايا تستطيع إزالة الأملاح من أجسام الأسماك بضخها إلى المياه المالحة
3. ويستعمل في إنتاج الهرمونات الغدة الدرقية اذ تجلب اليود للخلايا بهذه الطريقة

الخلايا في كليتين الحيوان الفقاري تعيد امتصاص أيونات الصوديوم من البول.

خامسا: الازموزية

شكل يوضح الخاصية الازموزية للغشاء البلازمي

الازموزية : هي عملية يتم فيها انتقال المحلول ذو التركيز الاعلى نحو التركيز الاقل ليصبح متعادل وهي تجربة طبقت على ماء مالح وماء عذب مع وضع غشاء نفوذ في انبوب الاختبار فتمت عملية النفاذية للماء العذب نحو المالح واصبح متعادل لان الاملاح بطبيعتها شرهة للماء.

التعريف العلمي للخاصية الاسموزية:

التناضح أو الخاصية الأزموزية أو الحلول أو التنافذ(Osmosis) هي صافي حركة انتقال جزيئات الماء عبر غشاء نصف نافذ من منطقة ذات كثافة مائية مرتفعة)تركيز مخفف للذوائب(إلى منطقة ذات كثافة مائية منخفضة)تركيز أعلى للذوائب(دون الحاجة لاستهلاك طاقة. الغشاء النصف نافذ يسمح بنفوذ الماء)المذيب(ولا يسمح بنفوذ الذوائب (solute) مما يؤدي إلى تدرج في الضغط عبر الغشاء.

نأتي بأنبوب زجاجي ذو فرعين على شكل U ونفصل بين فرعيه بوضع غشاء نصف نافذ. ونملأ الفرع اليميني بالماء ونملأ الفرع اليساري بمحلول ماء مذاب فيه ملح، بحيث يكون ارتفاع عامود الماء في الفرع اليميني مساويا لارتفاع المحلول الملحي في الفرع اليساري وننتظر بعضا من الوقت. نشاهد بعد فترة من الزمن أن عمود الماء في الفرع اليميني ينخفض، ويرتفع عامود المحلول في الفرع اليساري. ويظل الماء في فرعه خاليا من الملح، ويبقى الملح محصورا في عموده.

ويظل الماء ينتقل عبر الغشاء من عامود الماء النقي إلى عامود المحلول الملحي حتي يصل إلى نهية عظمي عند ارتفاع ثابت. ويسمى فرق ارتفاع عمودي الماء والمحلول بالضغط الأزموزي أو ضغط التناضح.

أمثلة على عملية التناضح:

عملية التناضح عملية حيوية وموجودة في العديد من العمليات الطبيعية ومنها:

انتقال الماء من وإلى الخلايا الحية مثل خلايا النباتات وخضاب الدم وخلايا بشرية أخرى وغيرها.

يستغل التناضح في التقنية لفصل المواد ، وطبيا في الديال)تنقية دم المريض من البول عند مرضى الكلى المصابين بقصور كبير في عمل الكلى .

تفسير أساسي:

في التناضح يمر الماء عبر الغشاء إلى محلول الملح حتى حدوث توازن للضغط على الجهتين). إلى اليسار : بداية التجربة، إلى اليمين: نهاية التجربة(.

يقع التناضح عند وجود غشاء شبه نافذ. عند إغراق خلية في كأس من الماء جزيئات الماء تم ر من الوسط المنخفض التركيز (hypotonic) خارج الخلية إلى الوسط مرتفع التركيز (hypertonic) في الخلية عبر الغشاء شبه النافذ لتحقيق حالة توازن للضغط . (isotonic) الغشاء نافذ بطريقة انتقائية فهو

يسمح فقط بمرور مواد معينه ويمنع مرور مواد غيرها.

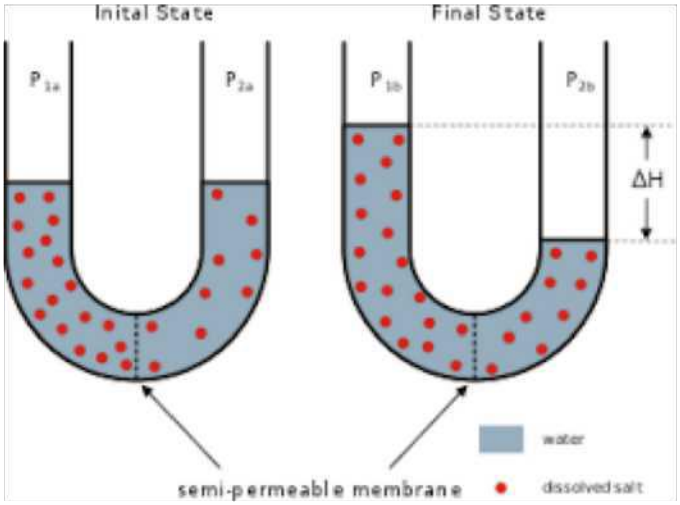
تفسير مرور الماء عبر الغشاء النصف نافذ من الماء إلى محلول ملحي :

تتصرف حبيبات الملح الذائبة في الماء كما لو كانت غازا ، ويكون لها ضغط معين يعتمد على تركيز المحلول . هذا الضغط يحاول أن يزيد من حجمه وذلك بالضغط على سطح المحلول في الأنبوب من أسفل إلى أعلى . فيرتفع

سطح المحلول ساحبا معه ماء من الناحية الأخرى للغشاء (الغشاء يسمح بمرور جزيئات الماء ولا يسمح بمرور جزيئات الملح) . يرتفع عمود المحلول تحت هذا الضغط الداخلي فيه (ضغط جزيئات الملح) وينخفض عمود الماء في ناحية الماء النقي.

أمثلة من التناضح:

الضغط التناضحي أو الضغط الأزموزي هو السبب الرئيسي لامتصاص النباتات للماء، فماء التربة بصفة عامة يكون ضغطه التناضحي اقل من الضغط الموجود داخل الشعيرات الماصة في الجذور مما يؤدي إلى مرور الماء من التربة إلى الجذور وليس العكس. عندما توضع خلية من نبتة في محلول مرتفع التركيز تبدأ هذه النبتة في الانكماش بسبب خروج الماء منها وانتشاره في المحلول مرتفع التركيز لتكوين حالة توازن للضغط.



يمكن مشاهدة التناضح كذلك عند وضع شرائح البطاطا في محلول من الماء المالح ، فبعد مدة تبدأ هذه الشرائح في فقدان الماء والانكماش.

كما نشاهد في مزارع الكريز انفجار ثمرات الكريز عند هطول مطر لمدة طويلة حيث تمتص الثمرة - بما فيها من محلول سكري - ماءا زائدا عن الحد

ويتمزق غلافها.

الضغط الأزموزي في الكائنات الحية

للضغط الأزموزي أهمية كبيرة في تكوين الكائنات الحية وسير العمليات الحيوية فيها . فكل خلية محاطة بغشاء يكون حائلا بالنسبة إلى الانتقال العشوائي للمواد ، إلا الماء الذي هو السائل المذيب فيمكنه الانتقال عبر الغشاء . وحتى الخلية نفسها فيوجد في داخلها جسيمات تغطيها أغشية هي الأخرى تسمح بمرور أونواع الجزيئات . وتوجد النباتات في حالة تبادل مستمر مع الماء ، حيث تمتص و تنقل وتطرد ماءا . وخلايا الحيوانات الفقرية تحيطها سائل الدم و البلازما ففي الطب عند العلاج بالقسطرة الوريدية يستخدم محلول ملحي بغرض عدم الاضرار بخلايا الجسم عن طريق الضغط الأزموزي. وهو محلول مكون من الماء و يحتوي على 0,9 %)وزنا (من ملح الطعام ، وهي تعادل تقريبا تلك الموجوده في بلازما الدم ، وهو يعادل ضغطا أزموزيا قدره 7.0 ميجا باسكال . أما في حالة استخدام ماءا نقيا عند العلاج بالقسطرة الوريدية فقد يؤدي ذلك الفرق في الضغط في انفجار بعض خلايا الدم.

ث الث أً- الانتشار الميسر واليات النقل Facilitated Diffusion and Carrier Mechanisms

ان المتأيضات الاساسية التي لا تذوب باللبيد)كالسكريات 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 للايضات في اللبيد غير معنوي ولذا فان تفاعلها يكون مع البروتين وليس مع جزيئات اللبيد 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:

1- **من التركيز العالي الى التركيز الواطئ بالنسبة للمواد الايضية أي مع انحدار التركيز.**
2- **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 فأن 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.

رابع أً- النقل الفعال والضخ الايوني Active Transport and Ion Pump

هو نقل الأيونات أو الجزيئات من تركيز منخفض إلى تركيز عالي وهذا النقل يحتاج إلى طاقة ،وهذه الطاقة تنتج بواسطة ثلاثي فوسفات الأدينوسين الذي يحُرر بتحطم رابطة فوسفاتية لينتج ADPهذا النقل يلزمه: 1) بروتين ناقل 2) طاقة على هيئة ATP

يساعد الخلايا لتبقي التركيز ثابت عبر الغشاء الخلوي .مثال: الخلية الحيوانية تركيز K بهـا أقـل بكثيـر مـن تركيزه خارج الخلية، و تركيز Na^+ داخل الخلية اقل بكثيرمن تركيزه خارج الخلية.

ATP --> ADP + Pi + energy

من الأمثلة على النقل الفعال

1. تنقل النباتات الأيونات الغير عضوية إلى الجذور بواسطة النقل الفعال
2. يوجد في خياشيم الأسماك البحرية خلايا تستطيع إزالة الأملاح من أجسام الأسماك

   بضخها إلى المياه المالحة.
3. ويستعمل في إنتاج الهرمونات اليود الغدة الدرقية تجلب خلايا 1.

الخلايا في كليتين الحيوان الفقاري تعيد امتصاص أيونات الصوديوم من البول 2.

3. النواة Nucleus

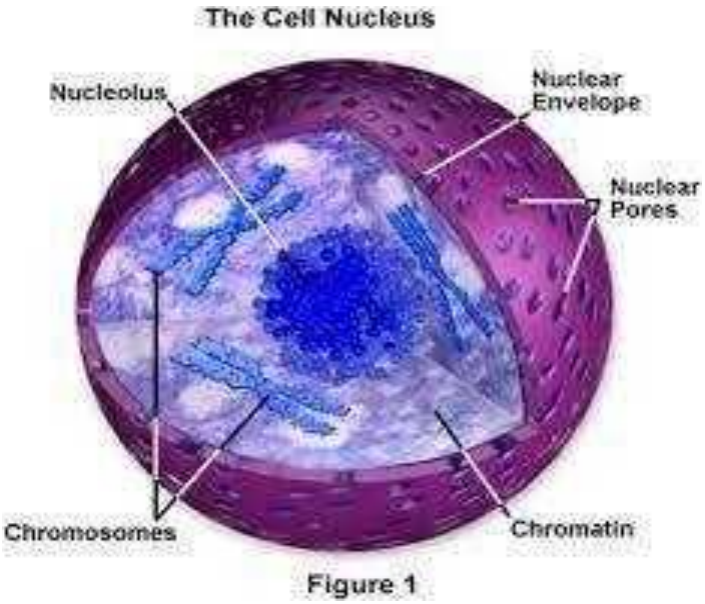


Figure 1

لقد تم وصف النواة لاول مرة من قبل العالم روبرت براون Robert Brown سنة 1835على انها تركيب ثابت لكل من الخلايا النباتية plant cells و الخلايا الحيوانية animal cells

حيث تمثل الوحدة الرئيسية و الاساسية للتركيب و البناء و الوظيفة في الكائن الحي.

ان معظم الدراسات تكون معتمدة على الشكل العام و بصورة خاصة الكرموسومات chromosomesفي 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 ومثال 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 واذا كان عدد النوى اكثر فانها تسمى متعددة النواة Multinucleate فمثلا المدامج الخلوية coenocyte للألياف العضلية

المخططة أو في بعض الفقريات 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 و في دورة حياة الخلية تفقد النواة عادة الشكل الدائري ويصل قطرها الى حوالي 10 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 عموما 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 السايتوبلازم 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"

$$Np = \frac{\text{حجم النواة (Nv)}}{\text{حجم السايتوبلازم (Cv) – حجم النواة (Nv)}}$$

4.

يسبب نمو الخلايا البنوية (Daughter cells) تغيرا" في التوازن بين الحجوم النووية والسايتوبلازمية 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 السايتوبلازمي cytoplasmic streaming يعمل على تغيير موقع النواة والعضيات الاخرى وان افضل مثال لحركة الانوية يتمثل باتحاد انوية الكاميتات اثناء عملية الاخصاب للبيضة والخلايا المركزية للكيس الجنيني. ان معظم انواع الخلايا تحتوي عادةً 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 Polynucleateكالخلايا الناقضة للعظم Osteoclastsويصل عددها في بعض الخلايا 100 نواة في الخلايا المولدة للعظم Osteoblasts وكذلك الحال بالنسبة لليف 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 اباستعمال المجهر الضوئي:

1-الغلاف النووي Nuclear envelope: الذي يظهر كحد فاصل بين النواة والسايتوبلازم.

2- 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 .

3- 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 ملامسة للنوية Nucleolus .

4- 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.

الغلاف النووي The Nuclear Envelope

تمتاز خلايا حقيقية النواة بامتلاكها غلاف نووي يحيط بالمادة النووية مقارنة بخلايا بدائية النواة التي تفتقد لمثل هذا الغلاف ويعتبر العالم هرتوج Hertwig اول من لاحظ غشاء يحيط بالنواة عام 1893. ان الاهتمام بدراسة هذا الغشاء كان قليلاً حتى استخدام المجهر الالكتروني الذي اظهر بان هذا الغشاء الذي يحيط بالنواة ليس مجرد غشاء بسيط مفرد فحسب وانما هو غشاء مزدوج يمتلك الجزء الخارجي مظهراً يختلف بوضوح عن مظهر الجزء الداخلي. ان الغشائين

قريبان من بعضهما يحيط احدهما بالاخر ويتحد كلا الغشائين عند الثقوب النووية Nuclear pores بينما يكونان منفصلين عن بعضهما في المناطق الاخرى بالفراغ النووي المحيطي perinuclear space حيث تبلغ سعة هذا الفراغ) 150-100(انكستروم ويصل سمك كل غشاء من غشائي الغلاف النووي) 95-90(انكستروم أي بسمك اغشية الشبكة الاندوبلازمية ولم يظهر أي ختلاف رئيسي في تركيب الغشائيين الداخلي والخارجي ومع ذلك فان الغشاء الخارجي يمتلك صفتين متميزتين لايمتلكهما الغشاء الداخلي احدهما هي

1 . استمرارية اجزاء منه مع اغشية الشبكة الاندوبلازمية

2.واما الصفة الثنائية فهي حمله للرايبوسومات في الوجه المقابل للسايتوبلازم فضلاً عن كونه اسمك من الغشاء الداخلي.

ان اوضح برهان لنشوء الغلاف النووي من الشبكة الاندوبلازمية لوحظ خلال الانقسام المايتوزي حيث خلال الطور النهائي تتجمع الاكياس المسطحة للشبكة الاندوبلازمية حول الكروموسومات لتعيد تكوين الغلاف النووي وان اغشية الشبكة الاندوبلازمية لاتحتوي على الثقوب النووية التي تلاحظ على الغلاف النووي وربما ايضاً ليس مدهشاً بان كلا نوعي الاغشية)أي اغشية الشبكة الاندوبلازمية وغشائي الغلاف النووي(يظهران نقاط تشابه ونقاط اختلاف في المحتويات الكيميائية الحياتية فانواع معظم المكونات السائلة يكون متشابه في كليهما بالاضافة الى انهما يشتركان بامتلاكهما عدد من البروتينات وبضمنها الانزيمات المتشابهة ومع ذلك يوجد ايضاً اختلافات في المحتوى البروتيني لهما فمثلاً لاحظ فرانك وجماعته عام 1970 في بحثهم ان من مجموع 32 بروتيناً عزلت من اغشية الشبكة الاندوبلازمية واغشية الغلاف النووي لخلايا الكبد)الفا(ثمانية منها موجودة فقط في الغلاف النووي واثنى عشر منها فقط في الشبكة الاندوبلازمية واثنى عشر منها كانت مشتركة لكلا الغشائين كما ان هنالك اختلافاً كمياً اضافة الى الاختلاف النوعي في المحتوى الانزيمي لكل من اغشية الشبكة الاندوبلازمية وغشائي الغلاف النووي حيث ان بعض الانزيمات الموجودة في اغشية الشبكة الاندوبلازمية

تلاحظ ايضاً في اغشية الغلاف النووي ولكن بكميات قليلة.

ان الطبيعة المزدوجة للغلاف النووي تسمح للغشاء الخارجي بالتفاعل مع السايتوبلازم وتسمح للغشاء الداخلي بالتفاعل مع محتويات النواة فكما ان الغشاء الخارجي يمتلك رايبوسومات متصلة به كذلك تتصل بالغشاء الداخلي اجزاء من الكروماتين تعبر من الغلاف في مواقع معينة من خلال تراكيب تسمى الثقوب النووية Nuclear pores يكون كلا الغشائين متحدين ببعضهما حول حواف هذه الثقوب بينما يكونان مفصولين عن بعضهما في المناطق الاخرى وقد تنعدم الثقوب

النووية في انواع من الخلايا كما تلاحظ ثقوب مماثلة لتلك الموجودة على غلاف النواة على بعض الاغشية السايتوبلازمية كالصفائح المثقبة Annulated lamellae .

5. نفاذية الغلاف النووي Permeability of nuclear envelope

لقد اظهرت النتائج التي حصلت عليها من التجارب العديدة الى ان معقدات الثقب قد تكون فتحات مؤقتة او دائمية في الغلاف النووي ويعتمد نفاذ المواد خلال الثقوب النووية على حجمها الجزيئي. ان حقن جسيمات ذهب شبه غروية تختلف في الحجم من 5.2-17 نانوميتر في سايتوبلازم الاميبا وجد ان تلك الجسيمات التي يصل قطرها الى حد 5.8 نانوميتر تدخل بسرعة الى النوى وتدخل الجسيمات التي قطرها 9.8-6.10 نانوميتر ببطيء اما بالنسبة الى الجسيمات الاكبر فلا تدخل على الاطلاق وتشير هذه النتائج الى ان الفتحات هي اصغر من حجم الثقب. وباستخدام هذه الطرق التقنية حصل على ادلة تشير الى ان هذه الثقوب ماهي الا ممرات لتبادل الجزيئات الكبيرة Macromolecules يمكن لحواف الثقب pore annuli ان تنظم التبادل على ضوء الحجم وربما على الطبيعة الكيمياوية للمادة الداخلة)او النافذة(من المهم اعتبار ان نفاذية الغلاف النووي ليست ثابتة بل تختلف في الانواع المختلفة في الخلايا او ضمن الخلايا المدروسة على الاقل خلال دورة الانقسام.

6. 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.

النوية The Nucleolus

تعتبر النوية احدى مكونات النواة التي تظهر بصورة حبيبات كثيفة ضمن النواة وقد وصفت من قبل فونتانا Fontana في عام 1781 ومن الدراسات العديدة تم استنتاج ما يلي:

1- وجود النويات في جميع النوى تقريباً)ويعبر عن هذا الان بان جميع نوى خلايا حقيقية

2- 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.

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

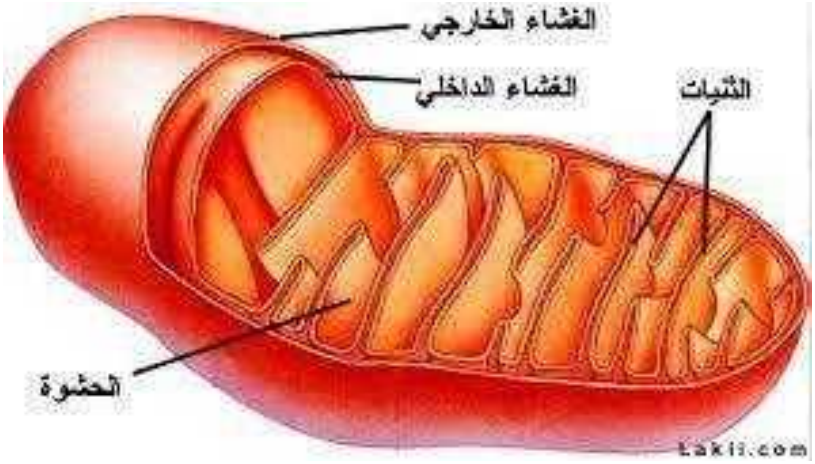
4- لا تصطبغ بنفس طريقة صبغ الكروموسومات.

5- تكون نامية بصورة جيدة في الخلايا النشطة جداً في النمو والبناء وتختلف النويات في شكلها وحجمها فهي غالباً دائرية الشكل يتراوح قطرها بين 2-4 مايكرومتر كما قد تكون بشكل مجسم ناقص يصل محوره الطولي تقريباً)6(مايكرومتر 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 مابين حجم النوية والفعالية البنائية للخلية وقد لوحظ بأن النويات كانت صغيرة او مفقودة في الخلايا ذات الفعالية القليلة في بناء البروتين مثل خلايا النطف 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 Interferance microscopy والتي تشكل حوالي 80% 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 السايتوبلازم.

التركيب الكيمياوي للنوية Chemical structure of nucleolus

لقد عزلت النويات من خلايا البيوض غير الناضجة Oocyets للحيوانات المائية ومن خلايا الكبد وتحتوي في الغالب على الحامض النووي RNA بنسبة 3%-5% ان هذه الكمية اقل من الكمية المشار اليها في الدراسات الكيميائية الخلوية حيث يحصل بعض الفقدان خلال الاستخلاص. 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.

المايتوكوندريا Mitochondria



لمايتوكوندريا عبارة عن عضيات حبيبية او خيطية موجودة بصورة عامة في الخلايا حقيقية النواة فهي موجودة في السايتوبلازم 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 المايتوكوندريا باللون الاخضر المزرق قليلاً وذلك بسبب وجود انزيم Cytochrome-Oxidase والذي يجعل الصبغة بحالتها المؤكسدة)الملونة.((

تعد المايتوكوندريا ثاني اكبر جزء في الخلية بعد النواة حيث يتراوح قطرها بين)1-5.0(مايكرومتر وطولها بين) 3-2(مايكرومتر . 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 المايتوكوندريا) Mito=thread ومعناها خيط(

و)Chondrion=Granule ومعناها حبيبة. وقد استخدم مصطلح المايتوكوندريا لاول مرة من قبل العالم بيندا Benda عام 1898 تتوزع المايتوكوندريا في اغلب الخلايا بصورة متجانسة في السايتوبلازم وفي قسم من الخلايا تتخذ المايتوكوندريا موقعاً خاصاً مثلاً في خلايا انابيب الكلية توجد المايتوكوندريا في لفات المناطق القاعدية بالقرب من غشاء البلازما بينما توجد المايتوكوندريا 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 للمايتوكوندريا القابلية على التحرك بحرية ناقلة معها الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP عند الحاجة.

التركيب الدقيق للمايتوكوندريا Ultrastructure of Mitochondria

تظهر المايتوكوندريا تحت المجهر الالكتروني تتكون من غشاء خارجي املس سمكه 60 انكستروم وتأتي بعده منطقة اقل كثافة وهي تفصل ما بين الغشاء الداخلي والخارجي وهي ذات قطر متغاير وتسمى هذه المنطقة بالردهة الخارجية Outer Chamber ويتراوح عرض هذه الردهة بين 40-70 انكستروم بعدها يأتي الغشاء الداخلي الذي يحتوي على التفافات داخلية تسمى الاعراف Cristae)مفرد عرف Crista(وله سمك مقارب في ذلك سمك الغشاء الخارجي. ويسمى التجويف الواقع الى داخل الاعراف بالردهة الداخلية inner Chamber يكون مليئاً بمادة كثيفة تتألف من حبيبات كثيفة وتسمى الحشوة Matrix ان اغشية المايتوكوندريا هي من نوع المتناظر وتمتلك طبقة دهنية ذات نمط كروي شأنها في ذلك شأن اغشية كولجي واغشية الشبكة الاندوبلازمية يتميز الغشاء الداخلي للمايتوكوندريا بوجود حبيبات صغيرة ذات رأس يتراوح قطره بين 80-100 انكستروم محمولاً على سويق طوله 50 انكستروم اما القاعدة فهي مكعبة ويعتقد ان غشاء هذه الحبيبات هو موقع حدوث الفسفرة التأكسدية Oxidative Phosphorylation وكذلك نظام نقل الالكترونات

.Electron transport system

الاعراف Cristae

ان غشاء المايتوكوندريا الخارجي تركيب اكثر ثباتاً من الاغشية الداخلية والعرضية ولقد لوحظت التحورات في تراكيب المايتوكوندريا وبصورة رئيسية في الاعراف وعلى الرغم من وجود بعض التغيرات في المادة البينية والحبيبات داخل المايتوكوندريا والغشاء الخارجي

ويختلف عدد الاعراف لكل مايتوكوندريا اختلافاً كبيراً ويعتمد ذلك على نوع النسيج التي توجد فيه فمثلاً تكون المايتوكوندريا لخلايا عضلات الطيران للحشرة وللعضلة القلبية لحيوان لبون ذات عدد عال جداً من الاعراف لان الايض التأكسدي يكون عالي في هذه العضلات بينما يكون عددها قليلاً في المايتوكوندريا لخلايا اخرى كالخلايا الهدبية وخلايا الرئتين وخلايا كبد الجرذ.

ويتباين ترتيب الاعراف داخل المايتوكوندريا وهي كما يلي:

1- اعراف موازية للمحور الطولي للمايتوكوندريا كما في الخلايا العصبية والعضلات و الخلايا المولدة للحيامن في الانسان.

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

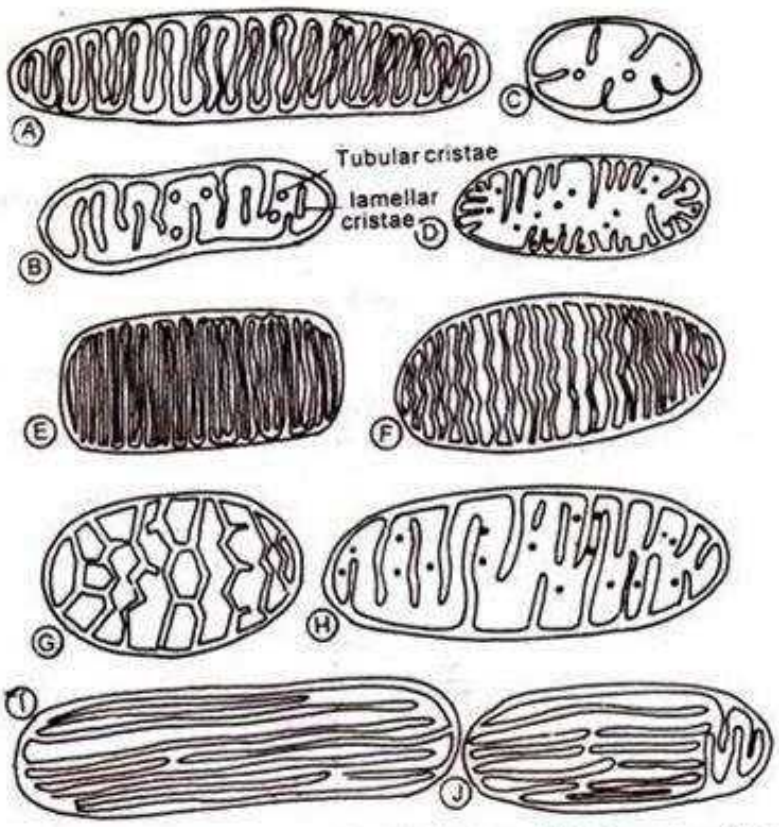
3- اعراف انبوبية الترتيب كما هو في خلايا الغدة الادرينالية وانابيب مالبيجي في الحشرات.

-
4

وفي

قسم

من



Structural variations in mitochondrial cristae. A Tubular cristae, *B* lamellar cristae, C. Cristae in salamander D. Plate like cristae, E. parallel cristae, F. cristae with sharp annulation, G. honey combs cristae, H. Usual cristae, I. Longitudinal cristae, J. Transverse and longitudinal cristae.

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.

1- 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.

2- الاعراف النبيبية Tubular Cristae

حيث تظهر على شكل تقسيمات زغبية او خملية Villi–Like للغشاء الداخلي وقد وجدت في مايتوكوندريا الابتدائيات وخلايا الكبد والعصب.

المحتوى الكيميائي Chemical Composition

ان مكونات غشاء المايتوكوندريا مماثل لمكونات غشاء البلازما أي لبيدات مفسفرة وبروتينات وتوجد البروتينات على السطحين الخارجي والداخلي للمايتوكوندريا وهناك طبقة ثنائية الجزيئة من اللبيد بينها وعند تحليل محتوى الوزن الجاف للمايتوكوندريا تبين انها تحتوي على المواد التالية 25-70% بروتينات و 52-30% لبيدات ومن اللبيدات هنالك 90% على شكل لبيدات مفسفرة و 10% كولسترول وكاروتينويد وفيتامين E وبعض العناصر غير العضوية كالحديد والكبريت والنحاس توجد هناك انزيمات التنفس التي تساعد في عملية التنفس .

الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين المايتوكوندري Mitochondrial DNA (mtDNA)

تحتوي المايتوكوندريا على جزيئة DNA واحدة او اكثر وتكون دائرية الشكل ملتفة بصورة شديدة ويصل طولها ما يقارب 5 مايكروميتر وهي تماثل الـ DNA البكتيري الذي يظهر الشكل الدائري ايضاً يتصرف الـ mt DNA كالكروموسوم حيث يتضاعف بالطريقة الاعتيادية أي طريقة شبه محافظ Semi-Conservative مكوناً دوائر متعددة ونتيجة وجود الـ DNA فان المايتوكوندريا لها القابلية على التكاثر الذاتي وهناك اوجه عدة يختلف فيها mt DNA عن DNA النووي وهي:

1- ان mt DNA يحوي على G-C كوانين سايتوسين بكمية كبيرة مقارنة بـ DNA النووي ويكون ذا كثافة اعلى.

2- تكون درجة حرارة تغير الصفات Denaturation للـ DNA_{mt} اعلى من تلك لـ DNA النووي.

3- يكون شكل mt DNA دائرياً مثل DNA البكتريا بينما يكون DNA النواة ممتداً. 4- معدل استعادة الطبيعة Renaturation لـ mt DNA تكون بسرعة اكبر من DNA النووي.

5- يستنتخ mt DNA في فترة بعد البناء G2 لدورة الخلية وليس في فترة البناء S كما في DNA النووي وقد وجد ان الوزن الجزيئي للحامض الرايبوزي منقوص الاوكسجين للمايتوكوندريا DNA mt يساوي تقريباً 15000 وهي تعادل ما يقارب من 1×10 من ازواج القواعد التي تكون كافية لبناء البروتين الذي يحوي على ما يقرب من 5000 حامض اميني Amino Acid او 30 متعدد الببتيد وبمعدل وزن جزيئي قدره 000,20.

الحامض النووي الرايبوزي المايتوكوندري mt RNA(Mitochondrial RNA(يعمل الـ DNA mt على التشفير لانواع من الـ RNA المايتوكوندري منها الحامض النووي الرايبوسومي)rRNA, S16،S21(ولحوالي 19 من الناقل)tRNA(وللرسول RNA mRNA)(لصنع حوالي 20 بروتيناً تكون رايبوسومات المايتوكندريا على الاغلب اصغر من الرايبوسومات السايتوبلازمية) S55 ضد S80(اما البروتينات لهذه الرايبوسومات فأنها تأتي من تجويف المايتوكوندريا. تتمكن المايتوكوندريا من بناء حوالي 10 انواع من البروتينات ذات صفة كارهة للماء Hydrophobic بمعنى اخر تكون لبيدات بروتينية Proteolipids

ويمكن ايقاف بناء البروتين بواسطة مثبط بناء البروتين الكلورامفينيكول Chloramphenicol البكتريا في كما.

المنشأ Origin

لقد افترضت عدة مناشئ للمايتوكوندريا وفيما يلي بعض من تلك المناشئ:

1- 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 70S في حين ان معامل ترسيب رايبوسومات المايتوكوندريا تختلف باختلاف الكائنات الحية حيث يتراوح بين 50-60S

2- 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.

المنشأ التطوري Evolutionary origin

ان المنشأ التطوري للمايتوكوندريا كان ذو اهمية متزايدة في الفترات الاخيرة وذلك بسبب حقيقة اشتراك المايتوكوندريا في كثير من خصاصها الشكلية وكيميائيتها الحياتية مع البكتريا والبلاستيدات النباتية في حين ان الخصائص المشتركة مع الخلايا حقيقية النواة قليلة وعلى اساس هذه الاختلافات فقد قدر ان اسلاف الكائنات الحرة المعيشة الشبيهة بالبكتريا كونت 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.

ظائف المايتوكوندريا Function of mitochondria

تؤدي المايتوكوندريا جملة من الوظائف الرئيسية الآتية:

1- تمثل المايتوكوندريا المركز التنفسي في الخلية كونها غنية بالانزيمات الضرورية لعملية التنفس الخلوي Cell respiration.

2- يتم فيها ايض الدهون من خلال الاكسدة بيتا للاحماض الدهنية وفي الانسجة الحيوانية فقط.

3- بناء جزيئات الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP حيث تقوم المايتوكوندريا بتجهيز الخلية بالطاقة الضرورية وتتحرر هذه الطاقة من خلال اكسدة المواد العضوية)الكلوكوز.(

4- بناء اجسام كيتون واستخداماتها.

5- بناء عدد محدد من البروتينات.

6- تجري فيها بعض تفاعلات دورة اليوريا.

ولغرض تحلل 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

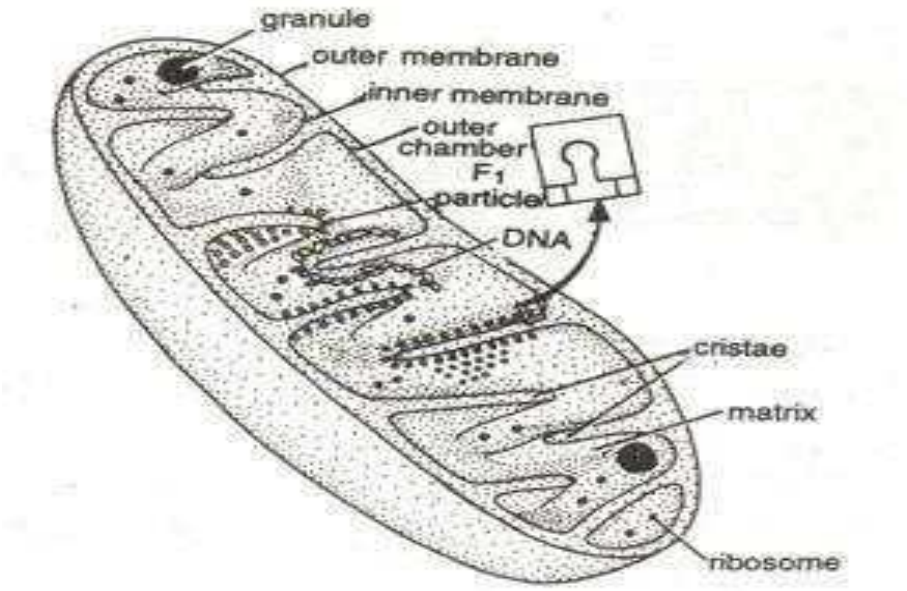


Fig. 2 Structure of mitochondrion cut longitudinally.

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum

تعرف الشبكة الاندوبلازمية بانها عبارة عن شبكة ثنائية الجدار موجودة في السايتوبلازم ومنتشرة بصورة كبيرة وتعد الشبكة الاندروبلازمية جهازاً معقداً بحد ذاته حيث 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 السايتوبلازمي cytoplasmic vacules

system او الشبكة الفجوية السايتوبلازمية cytoplasmic vacules net حيث يتألف هذا النظام من المكونات التالية-:

1. **الغلاف النووي Nuclear envelope.**
2. **معقد كولجي Golgi complex.**
3. **الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum.**

لقد اشتق اسم الشبكة الاندوبلازمية من الحقيقة التالية وهي ان النظر بواسطة المجهر الضوئي يظهر وكأن هناك شبكة داخل السايتوبلازم وقد اطلق هذا الاسم من قبل الباحث Porter عام 1953 .

يوجد تنوع كبير جداً في الشكل والتركيب الدقيق للشبكة الاندوبلازمية وذلك يعتمد على نوع الخلية ووظيفتها بالاضافة 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 سايتوبلام الخلية. ان الشبكة الاندوبلازمية قد وجدت في جميع انواع الخلايا التي درست باستثناء خلايا الدم الحمراء البالغة للبائن. تكون الشبكة الاندوبلازمية مظهرياً بثلاثة اشكال هي:

1. الشكل الصفائحي lamellar form (Cisternae)

وهي عبارة عن اكياس مسطحة طويلة تشبه الانابيب غير المتفرعة قطرها حوالي (40-50 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.

2 .الشكل الحويصيلي Vesicular form

حيث تكون الحويصلات بيضوية او بشكل تركيب فجوي محدد بغشاء قطرها حوالي (25-500 مايكروميتر والتي تبقى منفصلة في السايتوبلازم ويقع هذا الشكل في اغلب الخلايا الا انه موجودة بغزارة في الشبكة الاندوبلازمية الناعمة.SER

3.الشكل الانبوبي Tubular form

وهي تراكيب متفرعة تكون بالاشتراك مع الحويصلات والاكياس المسطحة الجهاز الشبكي في الخلية وقطرها حوالي (50-190مايكروميتر وهي تشاهد في جميع الخلايا ولكنها غالباً ماتكون موجودة في SER ويكون هذا الشكل حركي اً Dynamic حيث يشترك مثلاً مع حركة الاغشية او في انفصال او التحام الاغشية للنظام الفجوي السايتوبلازمي.

مكونات الشبكة الاندوبلازمية

وتوجد الشبكة الاندوبلازمية في مختلف الخلايا في النباتات والخلايا حقيقة النواة وتمتد من الغشاء الخلوي وتحيط بالنواة والمايتوكوندريا وترتبط بجهاز كولجي مباشرة وهناك تشابه كبير بين غشاء

البلازما وغشاء الشبكة الاندوبلازمية من حيث التركيب حيث ان كليهما يكون من نموذج المبرقش السائل Fluid Mosaic Model ويختلفان فيما بينهما في السمك والنسبة بين البروتينات والدهون حيث يكون غشاء البلازما اكثر سمكاً من غشاء الشبكة الاندوبلازمية ويحتوي غشاء الشبكة الاندوبلازمية على نسبة من البروتينات اعلى من الدهون مقارنة بغشاء البلازما لذلك يكون اكثر استقراراً من حيث التركيب اذا ما قورن بغشاء البلازما .

انواع الشبكة الاندوبلازميةTypes of endoplasmic reticulum

يمكن تقسيم الشبكة الاندوبلازمية الى نوعين هما :

1.الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum :

وتسمى بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة أو المحببة (Granular) نتيجة لكون سطحها الخارجي مرصع بحبيبات من الرايبوسومات)او حبيبات بالاد نسبة الى مكتشفها Palade سنة 1955(والرايبوسومات تعرف بانها عبارة عن دقائق يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني حيث تتألف من 60% من البروتين و 40% من الحامض النووي الرايبوزي RNA ويتراوح حجم الرايبوسومات بين 100-150 انكستروم ويتكون الرايبوسوم من وحدتين فرعيتين Subunitsاحدها وحدة فرعية حجمها كبيراً وتدعى الوحدة الكبيرة Large subunit والاخرى صغيرة تدعى الوحدة الصغيرةsmall 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.

2 . الشبكة الاندوبلازمية الملساء او غير المحببة
Agranular or smooth endoplasmic reticulum

وهي الشبكة التي يفتقر سطحها الخارجي الى حبيبات الرايبوسوم وبذلك تظهر سطوحها ملساء او غير محببة وتكثر عناصر السطح الاملس في المادة الاولية لبعض الخلايا مثل الخلايا البيضاء الناضجة والسبيرماتوسايت Spermatocyte والخلايا
الدهنية adipose cells والخلايا البينية Interstitial cells والخلايا الخازنة

للكلايكوجين في الكبد والياف التوصيل للقلب. ان الخلايا العضلية غنية بها لذا تعرف بـ Sarcoplasmic reticulum.تظهر عناصر الشبكة الاندوبلازميية الملساء تركيباً اما تكون شبيهة بالكيسات او الحويصلات التي يتراوح قطرها بين 25-500 نانوميتر او على شكل انبوبي والذي يتراوح قطره بين 50-100 نانوميتر ويمكن ان نلاحظ نوعي الشبكة الاندوبلازمية في الخلية نفسها وفي وقت واحد او في اوقات متفاوتة خلال دورة حياة هذه الخلية ويلاحظ غالباً النوعان نظاماً واحداً مستمراً بحيث لا تكون الفروق اساسية الى الحد الذي يمنع احد الشكلين من تحوله الى الشكل الاخر هذا بالاضافة الى ان الشبكة الاندوبلازمية الملساء تختلف في نوع الانزيمات الموجودة والوظائف التي تقوم بها.

التركيب الدقيق للشبكة الاندوبلازمية

Ultrastructure of endoplasmic reticulum

ان تجاويف الصهاريج Cisternae والحويصلات والنبيبات للشبكة الاندوبلازمية محددة بغشاء رقيق سمكه) 50-60(انكستروم وان اغشبة الشبكة الاندوبلازمية كما اسلفنا هي من نوع المبرقش السائل Fluid Mosaic Model تشابه وحدة الغشاء membrane unit لغلاف النواة وجهاز كولجي ويتألف الغشاء من طبقة ثنائية الجزيئة من الدهون المفسفرة والتي ضمنها توجد البروتينات بانواعها المختلفة. وغشاء الشبكة الاندوبلازمية مستمراً مع الغشاء البلازمي وغلاف النواة وجهاز كولجي وان تجويف الشبكة الاندوبلازمية .

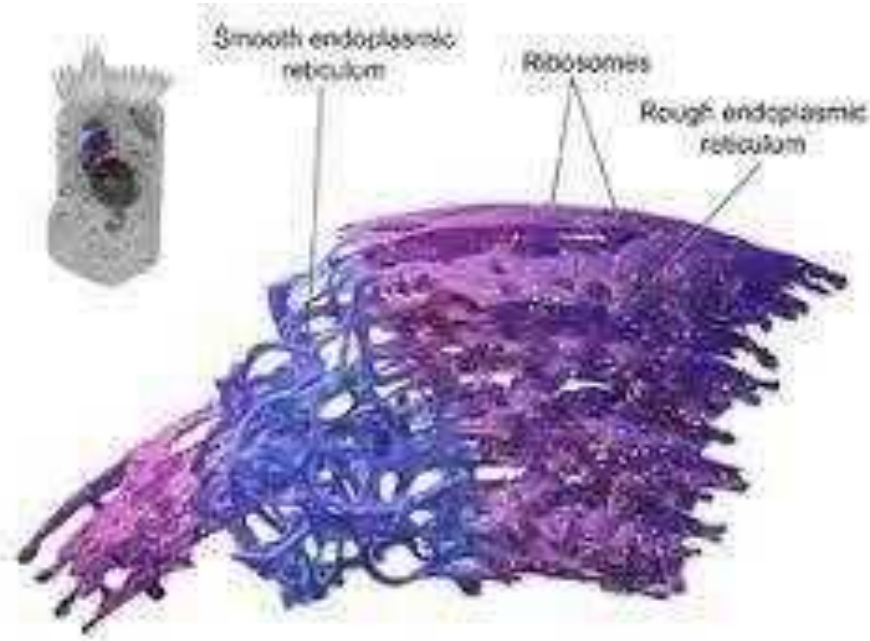
نامياً بشكل جيد ويعمل كممر للمواد المفرزة وقد لاحظ الباحث Palade عام 1956 ان هنالك حبيبات افرازية موجودة في تجويف الشبكة الاندوبلازمية وفي بعض الاحيان يكون هذا التجويف ضيقاً جداً مع ملاحظة غشائين قريبين من بعضهما وقد يمتدان في بعض الخلايا التي تكون فعالة في بناء البروتين مثل الخلايا البلازمية Plasma cells والخلايا الكأسية goblet cells وقد قدر الباحث Weibel وجماعته في العام 1969 ان السطوح الكلية للشبكة الاندوبلازمية الموجودة في) 1(مل من نسيج الكبد تساوي تقريباً)10(م2 وان ثلثي هذا المقدار هو من نوع الشبكة الاندوبلازمية الخشنة.RER

Enveloppe
nucléaire

ucléaire

e lisse

lasmique



Endoplasmic Reticulum

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 السايتوبلازمية وهي النبيبات الدقيقة موجودة في مناطق غنية بالكلايكوجين ويمكن ملاحظتها كجسيمات كثيفة تعرف بالكلايوكوسوم Glycosomes موجودة في الارضية السايتوبلازمية واقطارها تتراوح بين) 200-50(نانومتر 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.

وظائف الشبكة الاندوبلازمية

Functions of endoplasmic reticulum

الاسناد الميكانيكي:

يقسم السايتوبلازم الى غرف او مخادع بواسطة الشبكة الاندوبلازمية ويعتقد بانه يعمل كسند اضافي للحالة الغروية للسايتوبلازم .

التبادل:

يزود السطح الداخلي الواسع جداً من قبل الشبكة الاندوبلازمية حوالي 11م2 /مل في خلايا الكبد ويلعب دوراً مهماً في التبادل بين ارضية السايتوبلازم 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 واطئ التركيز Hypotonic ويعتقد بان غشاء الشبكة الاندوبلازمية مثل الغشاء البلازمي ويشترك في النقل الفعال او الانتشار الميسرعن طريق انظمة.Permeases

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 العادة الى ارضية السايتوبلازم و مثال على ذلك البروتينات التي تفرزها Serum Protein –Tropocollagen Secretion

Granules تتكون هذه البروتينات بواسطة Polysomes وتخترق الشبكة الاندوبلازمية حيث تخزن فيها وعند ذلك تنتقل بواسطة القنوات المختلفة للشبكة الى جهاز كولجي في الغالب ثم الى غشاء الخلية وبعدها الى الخارج ويعتقد ان الشبكة الاندوبلازمية الملساء مشتركة في تخليق

وخزن الدهون حيث لوحظ انها واسعة ومعقدة في الخلايا الخاصة بتخليق الدهون وخزنها وان الشبكة الملساء والخشنة لها علاقة وثيقة في تخزين الكلايكوجين او تشترك في تكوين الجدار السليلوزي في النباتات .

ازالة السموم:

يعتقد ان خلايا الكبد وعند تعرض الجسم لمواد سامة فأن 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 .

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.

ان احتواء اغشية الشبكة الاندوبلازمية للعديد من الانزيمات ذات الانشطة الايضية والتخليقية يعني انها توفر سطوح واسعة للتفاعلات الانزيمية.

تعمل اغشية الشبكة الاندوبلازمية على تكوين الغلاف النووي الجديد بعد كل انقسام.

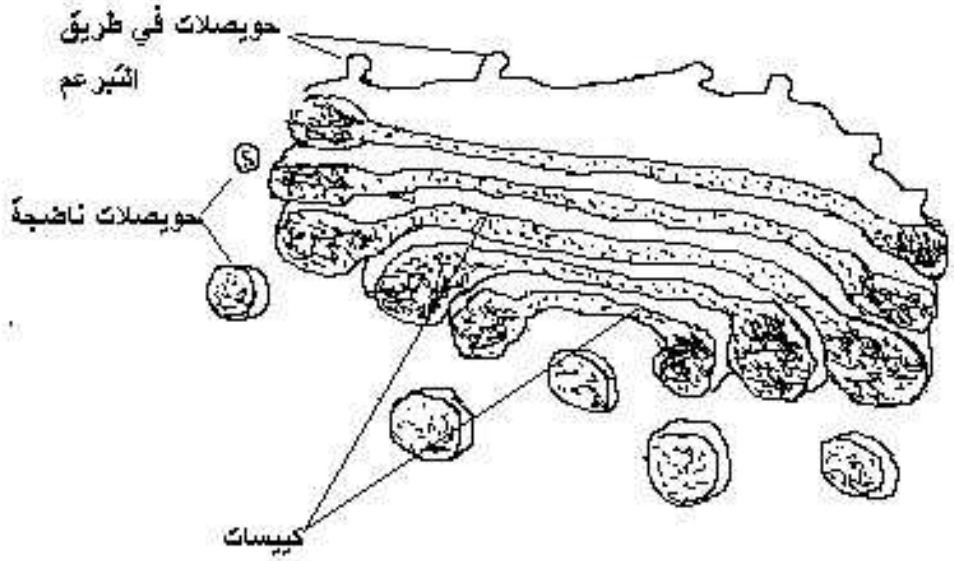
تعمل الشبكة الاندوبلازمية الملساء على تخليق الدهون مثل الدهون المفسفرة والكوليسترول والبروتينات الدهنية.

منشأ الشبكة الاندوبلازمية Origin of Endoplasmic Reticulum

لقد بينت اغلب الدراسات عن منشأ الشبكة الاندوبلازمية امكانية تكونها من جدار النواة فمن جملة الدراسات التي قام بها كاي Gay عام 1956 وقد لاحظ وجود فقاعات bleds تتكون من جدار النواة متجهة نحو السايتوبلازم وبانفصالها عن جدار النواة تتحول الى اغشية شبيهة بالاكياس المسطحة وقد اشار الباحثان Seikevitz و Palade عام 1960 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 .

جهاز كولجي:

يتألف جهاز كولجي من جسيمات قاعدية)ديكتوزومات(، يتكون كل جسيم قاعدي من تطبق) 4 – 8 (كييسات مسطحة مقوسة ومجوفة تتبرعم الكييسات مشكلة حويصلات كولجية ،يحيط بكل كييس غشاء أملس سمكه 75° A له بنية ثلاثية الوريقات.



رسم تخطيطي لما فوق البنية الجسيم القاعدي

بنية جسيم قاعدي)ديكتيوزوم(

دَوره :

1–تدل الدرسات المختلفة أنّ لجهاز كولجي دور في إكتمال تشكيل البروتينات والدسم وتحويلها إلى غلوكوبروتينات، وغلوكوليبيدات

2–يساهم في تركيب الغشاء السيليلوزي والصفيحة الوسطى في الخلية النباتية.

3–كما يلعب جهاز كولجي دوار في تجميع وتخزين ونقل منتجات الشبكة الاندوبلازمية.

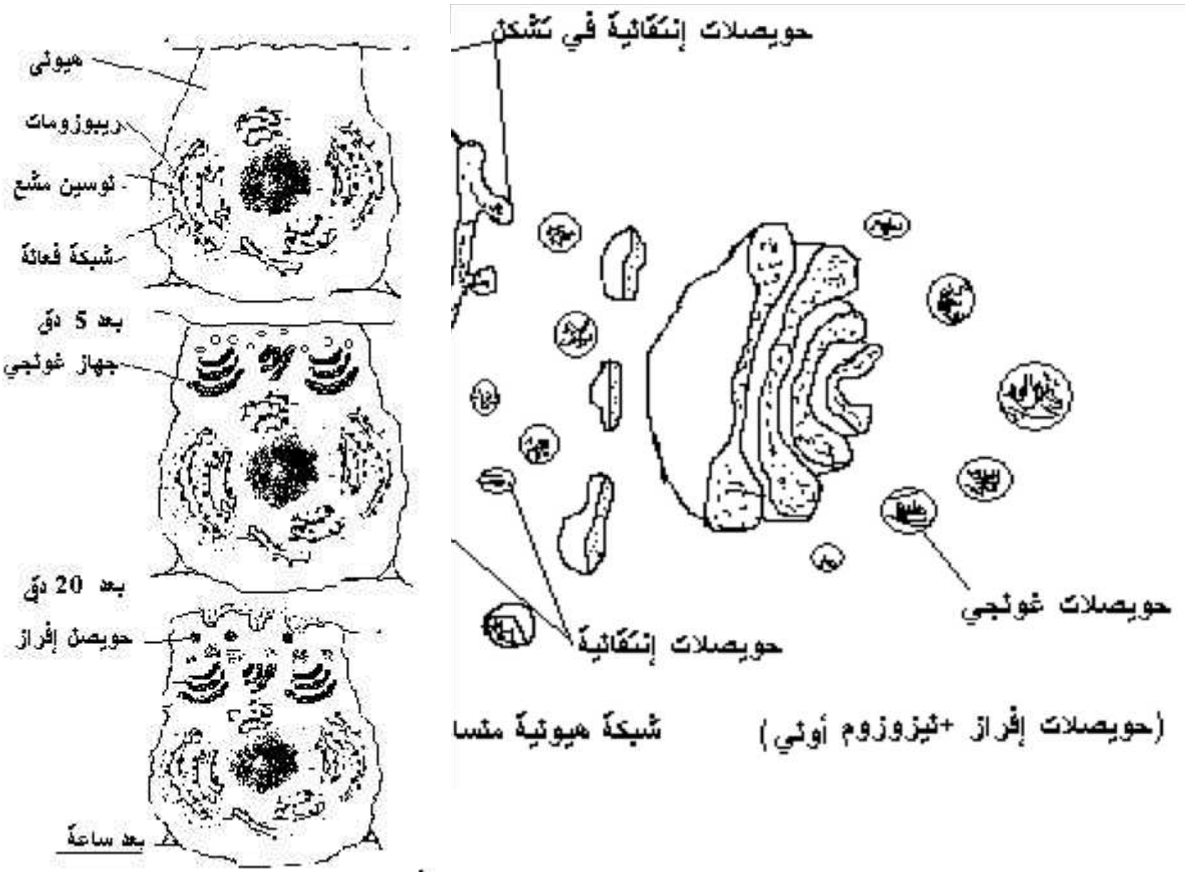
-جـ-العلاقة البنوية والوظيفية بين الشبكة الاندوبلازمية جهاز كولجي :

هناك عدة فرضيات تثبت وجود هذه العلاقات.

جـ-1- - وجود مناطق انتقال بين الشبكة الاندوبلازمية وجهاز كولجي

إن الحويصلات الصغيرة المتفرعة من غشاء ا

لشبكة الاندوبلازمية الملساء ت تجمع وت تحد مشكلة جهاز غشائي متطا ول، عبارة عن الكييس الكولجي .



جـ-2- نقل البروتينات المتشكلة من الشبكة الاندوبلازمية إلى جهاز كولجي

تقوم الشبكة الفعالة بتشكيل البروتينات بفضل الحبيبات ال اريبية المتوضعة عليها ثم تنقل البروتينات إلى جهاز كولجي حيث تخزن وتصدر ضمن حويصلات كولجية، إلى أماكن عملها، لقد تم التأكد من هذه الفرضية بواسطة تجربة بالاد .

التجربة: عند حقن حمض أميني مشع)لوسين (في خلية بنكرياس لخنزير الهند، فإنه يلاحظ بعد 5 دقائق من الحقن إندماج الحمض الأميني المشع في البروتينات على

مستوى الشبكة الاندوبلازمية .وبعد 20 دقيقة من الحقن يلاحظ انتقال الإشعاع إلى جهاز كولجي مما يدل على هجرة البروتينات من الشبكة الاندوبلازمية إلى جهاز كولجي .وبعد ساعة من الحقن يلاحظ الإشعاع في مستوى الحبيبات الإف ارزية الناتجة عن تبرعم الكييسات الكولجية.

- أنظر الشكل – 12

_ ----------

النتيجة:

يتركب البروتين على مستوى الشبكة الاندوبلازمية الفعالة ثم يخزن البروتين المصنع في جهاز كولجي الذي يطرحه عن طريق حويصلات إف ارزية.

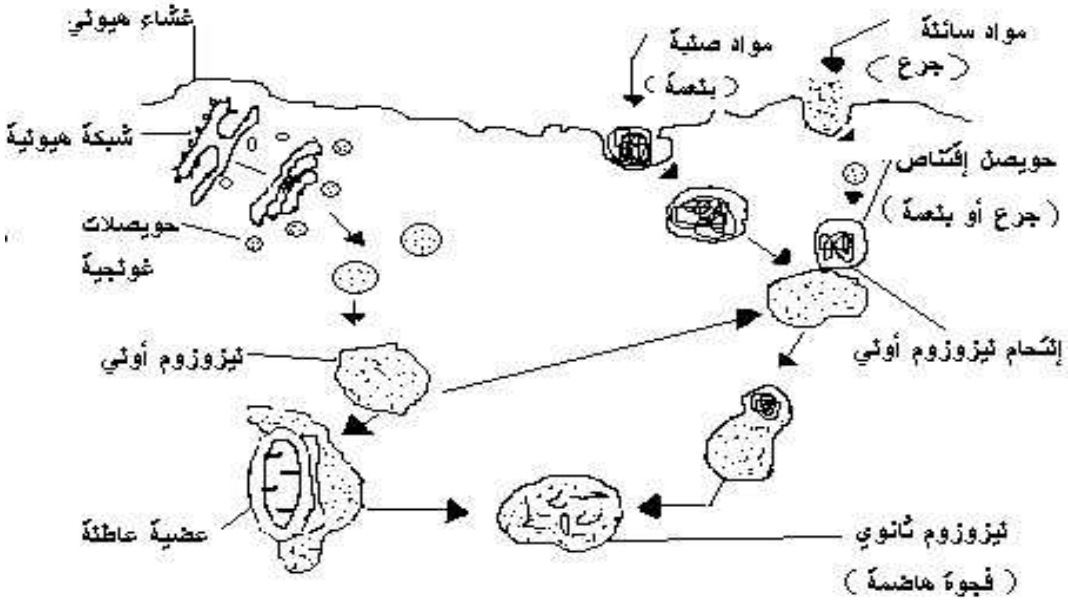
-جـ 3 –الجسيمات المحللة) الليزوزومات: (

الجسيمات المحللة حويصلات صغيرة منتشرة في الشبكة الاندوبلازمية الأساسية قطرها حوالي 5.0 ميكرون، محاطة بغشاء بلازمي مقاوم، تنشأ من تبرعم الكييسات الكولجية تلعب الجسيمات المحللة دوار هاما في هضم وتحليل الأجسام الغريبة و المكتنفات التي فقدت نشاطها.

تميز الجسيمات المحّللة إلى مجموعتين.

ا – جسيمات محللة إبتدائية غنية بالأنزيمات ،تخزن في صورة غير فعالة.

ب – جسيمات محللة ثانوية : وهي فعالة نشطة تتدخل في هدم مكونات خلوية عاطلة أومواد ممتصة من طرق الخلية.


غشاء هيولي
مواد صلبة
(بلعمة)
مواد سائلة
(جرع)
شبكة هيولية
حويصل إفتراص
(جرع أو بلعمة)
حويصلات
غولجية
نيزوزوم أولي
إلتحام نيزوزوم أولي
عضية عاطلة
نيزوزوم ثانوي
(فجوة هاضمة)