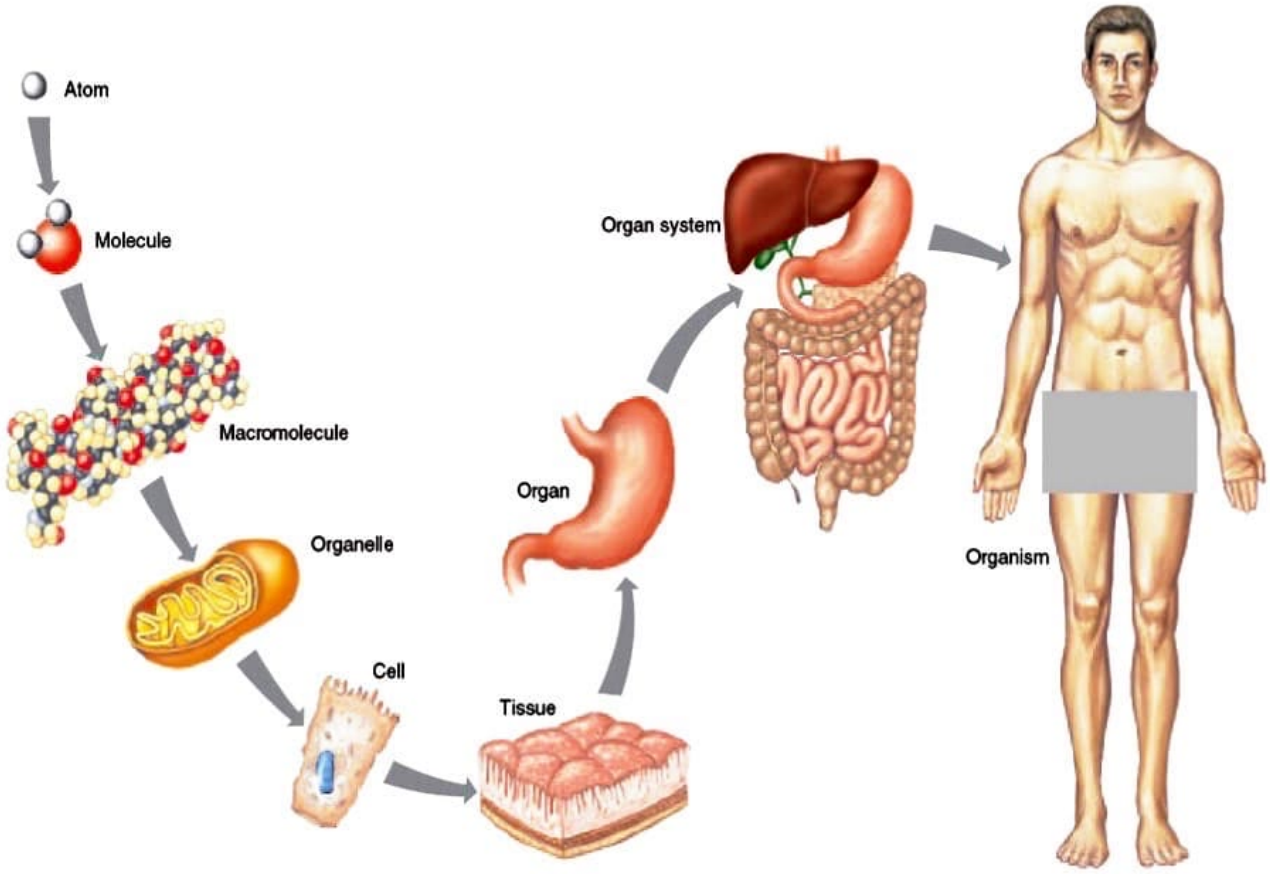
الخلية ومكوناتها

الخواص العامة للخلية

تتألف المادة الحية من العناصر المختلفة التي تكون أنواعاً مختلفة من المركبات البسيطة والمعقدة والتي بدورها تتجمع وتتآزر لتكون تراكيب خلوية غاية في التنظيم تتألف منها الخلية التي تشكل وحدة التركيب مجموعة من الخلايا تكوّن الأنسجة، ومجموعة الأنسجة تكوّن الأعضاء فالأجهزة فالجسم (**الشكل 1-2**) والوظيفة (كل تركيب خلوي يؤدي وظيفة معينة لتتآزر كافة الوظائف الخلوية لتشكل بذلك وحدة الوظيفة للنسيج فالعضو فالجهاز فالجسم) والوراثة والتكاثر(تنقسم الخلية لتعطي خلايا جديدة تنقل الصفات الوراثية) في الكائن الحي.



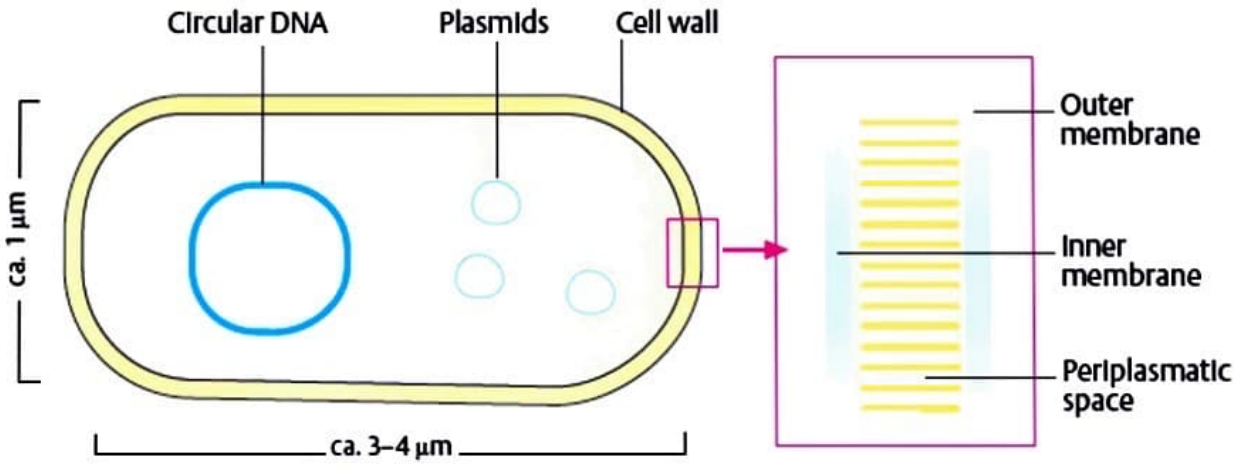
الشكل(1-2): يوضح تسلسل تكوين الكائن الحي (من الذرة Atom- الجزيئة Molecule- الجزيئة الكبيرة Macromolecule – العضية Organelle – الخلية Cell- النسيج Tissue – العضو Organ – جهاز العضو Organ system وصولاً الى الكائن الحي Organism).

الحجم والشكل Size and shape

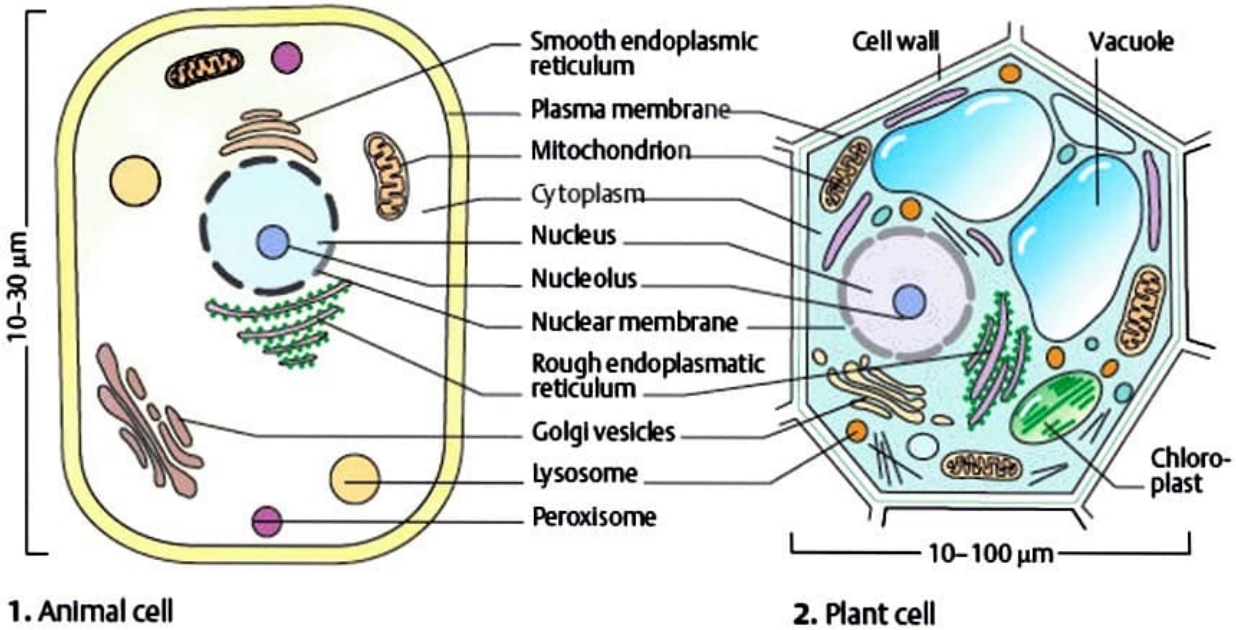
تختلف الخلايا في أشكالها وأحجامها عن بعضها البعض وذلك استناداً الى النسيج الذي تتواجد فيه الخلية وحسب الوظيفة التي تؤديها، فمثلا نجد ان خلية الدم الحمراء Red Blood Cell (RBC) تتخذ الشكل الدائري المنبعج لتتمكن من استيعاب اكبر كمية من الأوكسجين او ثاني أوكسيد الكاربون لنقلهما من والى الرئتين وأنسجة الجسم، وهي ذاتها كروية لتسهيل عملية انتقالها عبر الأوعية الدموية وتدحرجها داخل السائل الدموي، في حين وجد ان الخلية العصبية Neuron تتخذ الشكل الخيطي لان وظيفتها نقل الإشارات العصبية من نقطة معينة الى أخرى وبذلك يجب ان تكون طويلة لتسريع عملية النقل، وبالتالي تتراوح أشكال الخلايا من الدائرية الى المفلطحة أو المستطيلة او أحياناً غير منتظمة الشكل او ما يعرف بصاحبة الشكل المتغير، كما هو الحال في الأميبيا. أما حجم الخلايا فيختلف تبعاً للشكل إلا أن أغلبية الخلايا ذات حجم صغير يقاس بالميكرون (الخلايا الطلائية حوالي 60 ميكروناً) ما عدا بعض بيض الطيور التي تعد اكبر خلية لاحتوائها على مواد غذائية مخزونة. أما اصغر الخلايا فيعتقد انها خلية المايكوبلازما Mycoplasma (وهي على شكل كائنات دقيقة) والتي يبلغ قطرها تقريباً 0.1 مايكرون، وبالنسبة لعدد الخلايا في الجسم فيختلف استناداً الى نوع الكائن الحي ومراحل نموه وحالته الصحية فمثلاً يبلغ عدد خلايا جسم الإنسان الكامل النمو تقريباً 75 تريليون خلية.

أنواع الخلايا Types of the cells

إن الخلايا بشكل عام تقسم الى **بدائية النواة Prokaryotes (الشكل 2-2)** (التراكيب الداخلية غير متميزة داخل أغشية خاصة بها كالمادة النووية، مثل خلايا البكتيريا والطحالب الخضراء- المزرقة) **وحقيقية النواة Eukaryotes** (التراكيب الداخلية متميزة كل داخل غشاء معين) وتشمل أنواع الخلايا الأخرى كافة**(الشكل 3-2)**.



الشكل(2-2): خلية بدائية النواة.



الشكل(3–2): خلايا حقيقية النواة (1– خلية حيوانية Animal cell ، 2– خلية نباتية Plant cell).

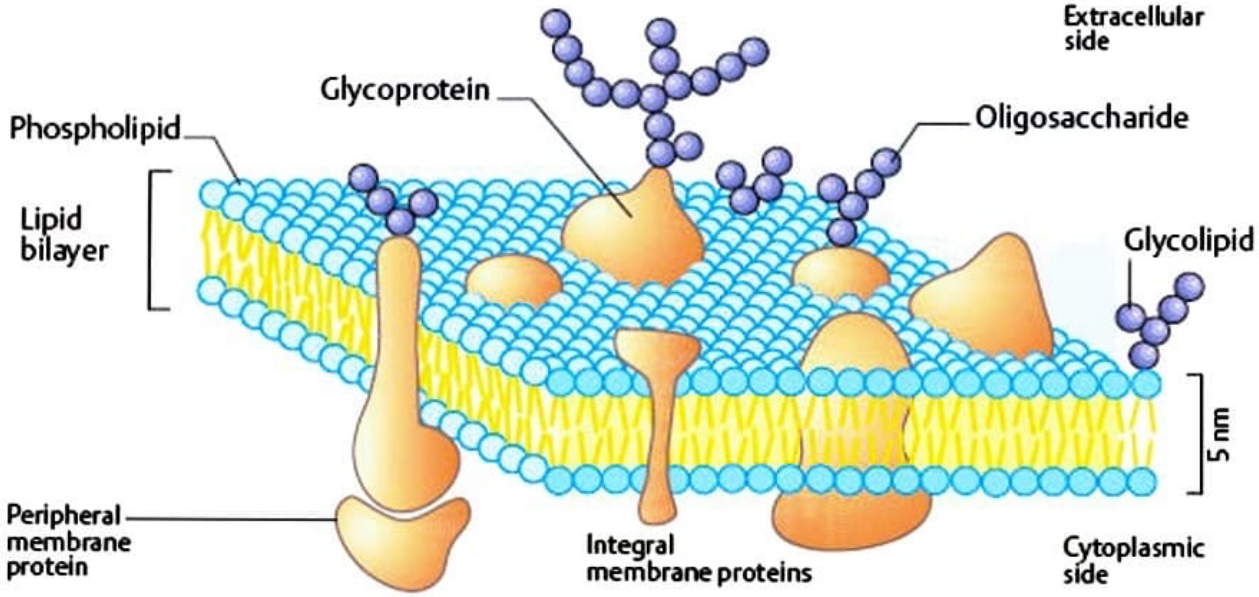
التركيب الخلوي Cellular structure

1– الجدار الخلوي Cellular wall

يقتصر وجود هذا الجدار على خلايا النباتات والفطريات والطحالب والبكتيريا **(الشكل 3–2)** وبذلك يعّد نقطة اتصال بين الخلايا مع البيئة المحيطة للخلية. ويتألف الجدار من مادة السليلوز المغلّظة التي تتخللها فتحات صغيرة لمرور الماء وتنتشر عليه مجاميع كيميائية من مواد دهنية وبروتينية وبكتينية تساعد على ربط وتناول الغذاء خاصة المعادن منها. كما ويتخلل الجدار روابط بلازمية Plasmodesmata تربط بين السايتوبلازم في الخلايا النباتية المتجاورة. وقد يكون الجدار مغلّظاً بمادة الليكنين Lignin والهيميسليلوز Hemicellulose والبكتين Pectin. وهناك أهمية اقتصادية عالية للجدار الخلوي في صنع الورق والقطن والمطاط والأخشاب. وتتلخص وظائف الجدار الخلوي في حماية الخلية وإعطائها الشكل الثابت. كما يساهم في تنظيم الضغط الأزموزي Osmotic pressure للخلية فضلاً عن انه يساعد في عملية نقل العناصر الغذائية Nutrient uptake.

2– غشاء الخلية Cellular membrane

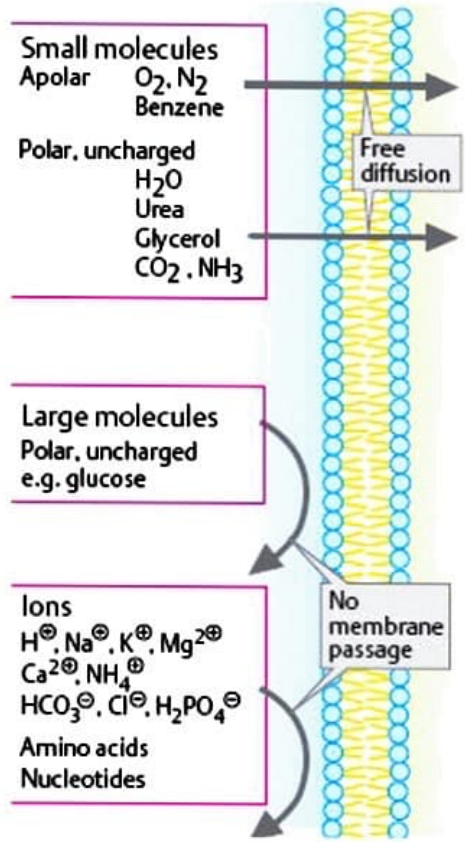
يشكل الغشاء الخلوي المحيط الخارجي لكافة الخلايا الحيوانية وهو عبارة عن جدار غشائي رقيق (60-90 أنكستروم) يتكون من مواد دهنية مفسفرة Phospholipids تتداخل مع بروتين داخلي وخارجي وهذا ما يعرف بالنموذج الفسيفسائي السائل Fluid Mosaic Model الذي افترضه العالمان سانكر ونيكلسون عام 1972 والذي يعّد الأكثر قبولاً بين النماذج العديدة التي وضعت سابقاً **(الشكل 4–2)**.



الشكل(4-2): تركيب الغشاء البلازمي للخلية.

ويتألف الغشاء البلازمي من طبقتين من الدهون المفسفرة يتخللهما بروتين داخلي ويحيط بهما بروتين خارجي، وترتبط السكريات Carbohydrates بالبروتينات من الخارج مكونة ما يعرف بالسكريات البروتينية Glycoproteins. ويحمل الغشاء بروتينات متخصصة للاستقبال والنقل Protein carriers عبر الغشاء وكذلك للتمييز الخلوي أو ما يعرف بالتعارف الخلوي Cell recognition ويزداد حجم الغشاء البلازمي عن طريق الحويصلات الغشائية القادمة من أجسام كولجي وبذلك يمكن أصلاح الغشاء الخلوي إذا ما حصل خلل بسيط. **وتتلخص وظائف الغشاء البلازمي بالوظائف الآتية:**

1- **تنظيم عملية مرور المواد لداخل وخارج الخلية** حيث يتمكن الغشاء من اختيار المواد التي يسمح لها بالمرور خلاله وتدعى هذه الخاصية بالنفاذية الاختيارية (شبه نفاذية) Semi-permeability إذ تحتاج هذه العملية الى طاقة **(الشكل 5-2)**. وبالرغم من أن هناك حداً أقصى لحجم الجزيئات التي يمكن ان تمر خلال الغشاء البلازمي، إلا أن الحجم وحده ليس هو العامل الفاصل في هذا الشأن فهناك مواد تمنع من المرور بالرغم من صغر حجم جزيئاتها المتناهي، كما أن قسماً من الجزيئات الصغيرة لا يسمح لها بالمرور في اتجاه معين دون الاتجاه المضاد كأن تمر مثلاً من خارج الخلية إلى داخلها وليس العكس. وتختلف المواد التي يسمح لها بالدخول إلى الخلية أو الخروج منها من وقت لآخر تبعاً للحالة الوظيفية للخلية.

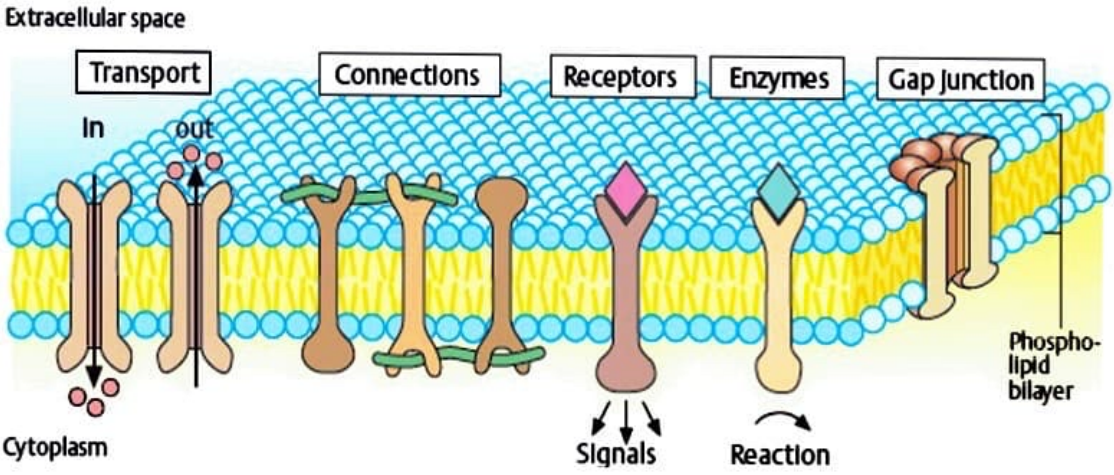


الشكل(5-2): السماح او عدم السماح لعبور الجزيئات الصغيرة والكبيرة والأيونات والأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات داخل الخلية من قبل الغشاء البلازمي Membrane.

2- **استقبال المعلومات التي تمكّن الخلية من الإحساس بالتغيرات المحيطة والاستجابة لها**، إذ تحاط سطوح الخلايا بمستقبلات بروتينية Proteins receptors تستقبل أشارات كيميائية من الخلايا المحيطة تكون على شكل هورمونات Hormones او عوامل نمو Growth factors او نواقل عصبية Neurotransmitters . ونتيجة لذلك يعمل الغشاء البلازمي على إرسال أشارة الى داخل الخلية تؤدي الى استجابة محددة مرتبطة بشدة المؤشر.

3- **المحافظة على العلاقة الكيميائية والبنائية بين الخلايا المجاورة**، إذ توجد بروتينات معينة على الغشاء البلازمي تنظم عمليات الاتصالات الخلوية وتبادل المواد ومدى التصاقها مع بعضها البعض.

4- **وظائف أخرى** منها حماية الخلية، حركة الخلية، الإفرازات او في بعض الخلايا يقوم بنقل الإشارات العصبية Neurotransmitters **(الشكل 6-2)**.

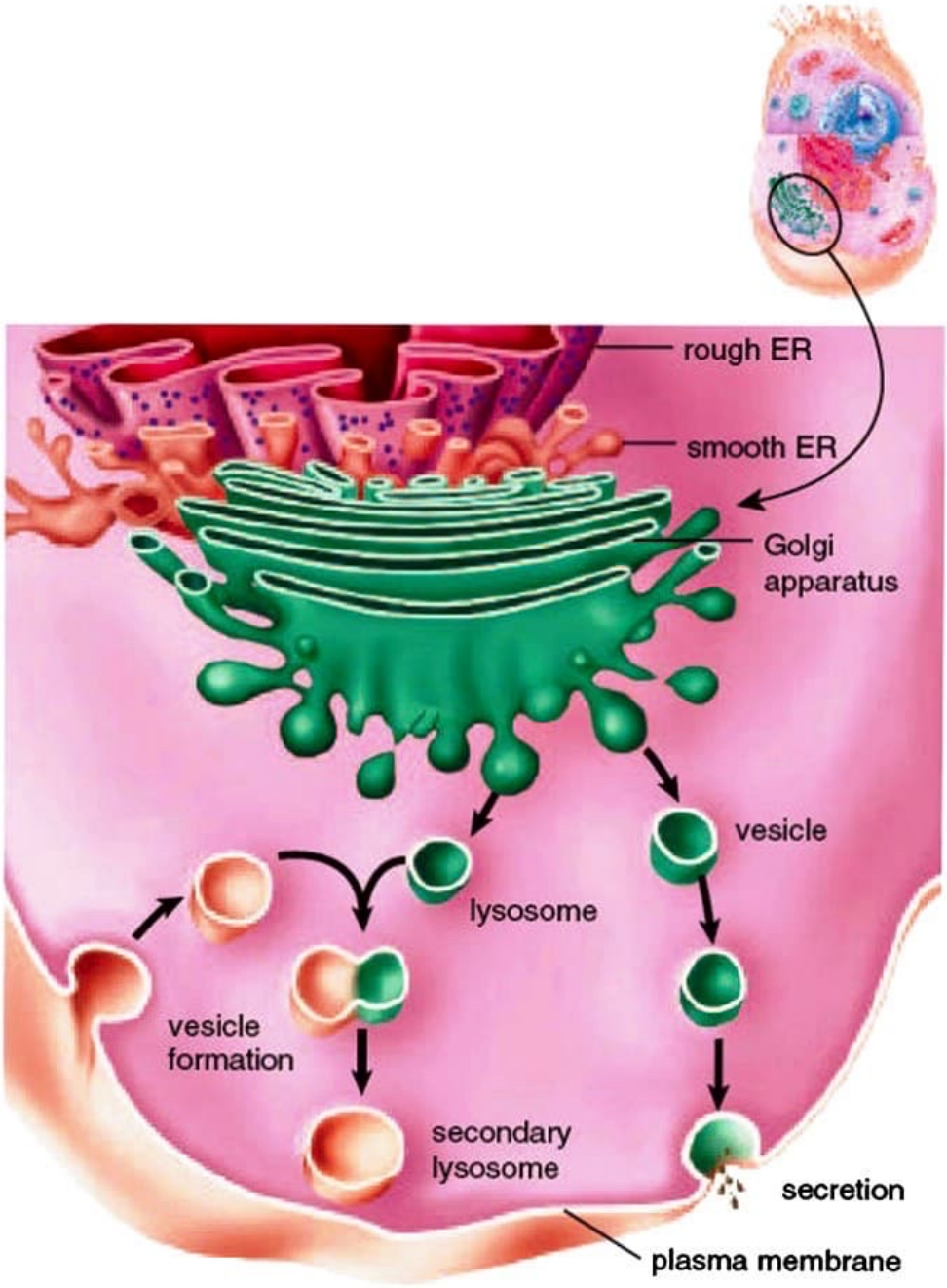


الشكل(6-2): تركيب الغشاء البلازمي وأهم وظائفه (الإيصال Gap junction، الاستقبال Receptors، الربط Connection ، النقل Transport) .

3- الشبكة الإندوبلازمية والرايبوزومات The Endoplasmic reticulum and the ribosomes

الشبكة الإندوبلازمية عبارة عن أنابيب وانبعاجات عشوائية تنتشر في السايتوبلازم على شكل شبكة وتتصل من الخارج مع الغشاء الخلوي ومن الداخل في بعض النقاط مع الغشاء النووي. ومن ناحية التركيب فلها التركيب نفسه للغشاء البلازمي وهي تعمل على توصيل ونقل المواد داخل الخلية او خارجها وخاصة البروتين. كما أنها تعمل على دعامة الخلية من الداخل نظراً لانتشارها داخل الخلية. وتقسم الشبكة الإندوبلازمية الى نوعين، الأول هو الشبكة الاندوبلازمية الناعمة Smooth endoplasmic reticulum (SER) لا تحمل رايبوزومات ولكنها تسهم في نقل المواد وبناء المواد الدهنية، اما النوع الثاني فهو الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum (RER) والتي تحمل رايبوزومات.

والرايبوزومات عبارة عن جسيمات صغيرة توجد اما على الشبكة الاندوبلازمية او منتشرة في السايتوبلازم وقد تتجمع لتكون ما يعرف بالأجسام العديدة (بولي سوم) Polysome، وتتكوّن من البروتينات والحامض النووي، وهي مراكز تصنيع البروتينات التي تنتقل داخل الشبكة الإندوبلازمية او تخزن بالحويصلات الغشائية من أجسام كولجي ليتم شحنها الى الجهة المطلوبة (**الشكل7-2**). وتمتاز خلايا الكبد والبنكرياس باحتوائها على كمية كبيرة من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة نظراً لنشاطها الكثيف في صنع البروتينات. إذ أن الخلايا التي تتميز بصنع الدهنيات تحتوي على كمية اقل نسبياً من الشبكة الإندوبلازمية الخشنة، وتحتوي الشبكة الإندوبلازمية على مراكز تخزين مؤقت تدعى الجسم المركزي Cistern.



الشكل(7-2): الشبكة الاندوبلازمية الخشنة(RER) والناعمة(SER) وجهاز كولجي واللايسوزومات Lysosomes وتكوين الحويصلات Vesicle والإفراز Secretion.

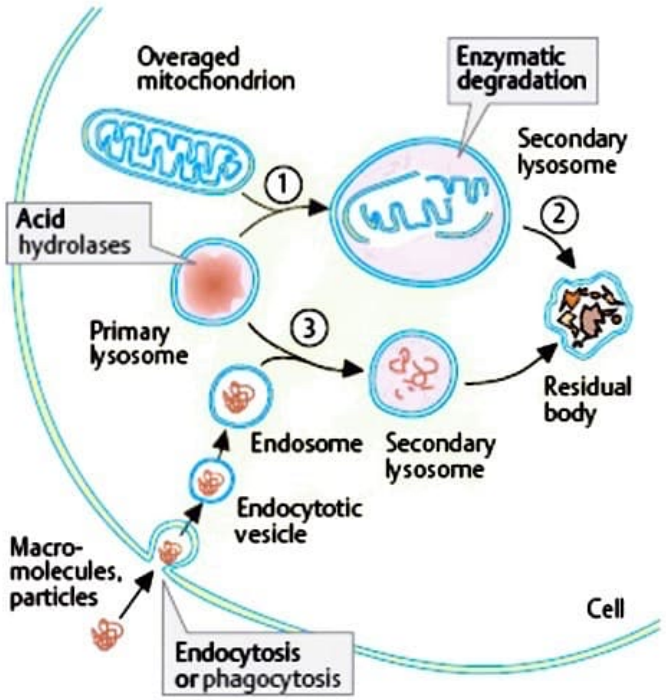
4- جهاز كولجي Golgi apparatus

وهي تراكيب غشائية أنبوبية تتجمع لتكوّن مجموعة ديكتوسومات Dictosomes وتتكون من مجموعة من الحويصلات الغشائية (تحتوي كل مجموعة على 5-8 حويصلات، **الشكل 7-2**). ويختلف عددها من خلية لأخرى حسب وظيفتها إذ تكثر في الخلايا الإفرازية(كما في بعض خلايا الأمعاء Goblet cells) وخلايا النقل. وترتبط وظيفة هذه الأجسام في النشاط الإفرازي للخلية، إذ يعمل الجهاز على تركيز إفرازات الخلية على شكل حبيبات او قطرات كوحدة للتخزين داخل الخلية او للتصدير خارجها فيتم شحن الإفرازات

داخل حويصلات تنتقل عبر الخلية لترتبط مع الغشاء البلازمي وبذلك يتم تفريغ المواد الإفرازية (**الشكل 7-2**). ولقد وجد ان وظيفة جهاز كولجي مرتبطة بتركيب الجسيمات الحالة (اللايسوزومات) Lysosomes. كذلك تكون الفوسفولبيدات نشطة جداً في هذا الجهاز.

5- الجسيمات الحالة (اللايسوزومات) Lysosomes

الجسيمات الحالة او اللايسوزومات عبارة عن تراكيب غشائية صغيرة على شكل أكياس تعمل بوصفها حويصلات لتخزين إنزيمات ومواد معقدة هاضمة تستطيع هضم مختلف المواد الغذائية النشوية والبروتينية والدهنية والأحماض النووية. وتساعد هذه الأجسام في هضم ما يصعب تحلله وذلك عن طريق البلعمة Phagocytosis، ثم طرد المواد المحللة. كما تعمل محللاً ذاتياً للخلية Autolysis حال موتها ولذلك تدعى بأكياس الانتحار الخلوي Cellular suicide bags(**الشكل 8-2**).

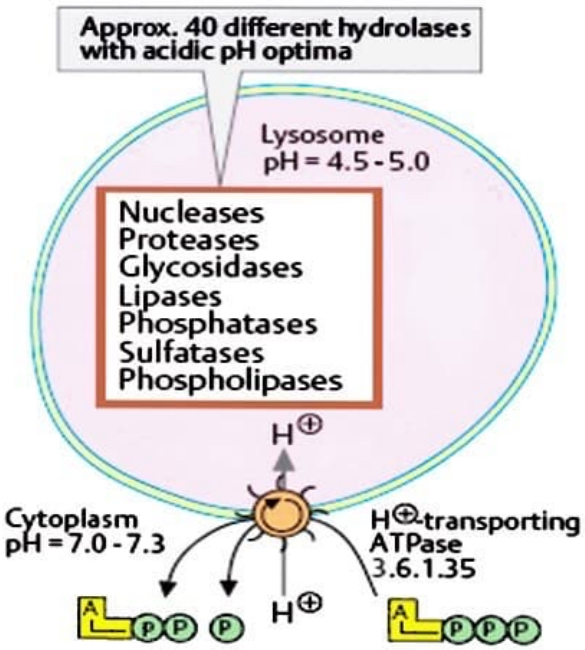


الشكل(8-2): دور اللايسوزومات في عملية هضم الاجسام الغريبة .

وتختلف أعداد اللايسوزومات من خلية لأخرى حسب وظيفتها، إذ تكثر في خلايا الدم البيض لتساعد في هضم الأجسام الغريبة كالميكروبات المختلفة، وتوجد اللايسوزومات في جميع الخلايا الحيوانية بأعداد وأشكال مختلفة.

تتكون اللايسوزومات من حشوه كثيفة تحاط بغشاء اللايسوزومات على إنزيمات محللة مثل الرايبونيوكليز Ribonuclease، دي اوكسي رايبونيوكليز Deoxyribonuclease، فوسفاتيز Phosphatase، كلايكوسايديز Glycosidase، اللايبيز Lipase، سلفاتيز Sulphatase، البروتينيز Proteinase، فوسفولايبيز Phospholipase وغيرها (**الشكل9-2**)، ومن المعلوم إن هذه الإنزيمات تبقى غير فعّالة ما دامت موجودة داخل اللايسوزومات. أما عند تمزق جدار اللايسوزومات تنطلق هذه الإنزيمات الى الخارج

مؤديةً الى هضم الخلية نفسها Autolysis. وتهضم البكتيريا بوساطة خلايا الدم البيض وذلك بان تقوم بتطويق البكتيريا وتطلق الإنزيمات المحللة الموجودة داخل اللايسوزومات.



الشكل (9-2): تركيب ومحتويات اللايسوزوم.

6- المايتوكوندريا Mitochondria

المايتوكوندريا (المفرد: المايتوكوندريوم Mitochondrium) عبارة عن تراكيب خلوية بيضوية الشكل محاطة بغشاء خارجي أملس يحتوي على مسامات Pores يطلق عليها اسم بورن porin وهي قنوات (بروتينية) غير تخصصية تسمح بمرور المركبات ذات الأوزان الجزيئية التي تقل عن 10 كيلو دالتون بآلية الانتشار Diffusion، وإنزيم بالموتيل مرافق الإنزيم A (Palomityl CoA) وغشاء داخلي يبرز منه طيات (انثناءات) تدعى Cristae والتجويف الداخلي الذي يدعى بالحشوة Matrix (**الشكل 10-2**) وتحتوي الأخيرة على البروتينات والإنزيمات اللازمة لعملية أيض المواد الغذائية لإنتاج الطاقة ولذلك تعرّف المايتوكوندريا بمركز أنتاج الطاقة، وعليه فهي تكثر في الخلايا والأنسجة ذات النشاط الحيوي الكبير مثل الخلايا الداخلية وخلايا عضلة القلب. ويحتوي **الغلاف الداخلي للمايتوكوندريا على المكونات الآتية:**

أ- سلسلة نقل الالكترونات Electrons transport chain.

ب- الإنزيم المسؤول عن تكوين ATP والذي يسمى ATPase المعقد.

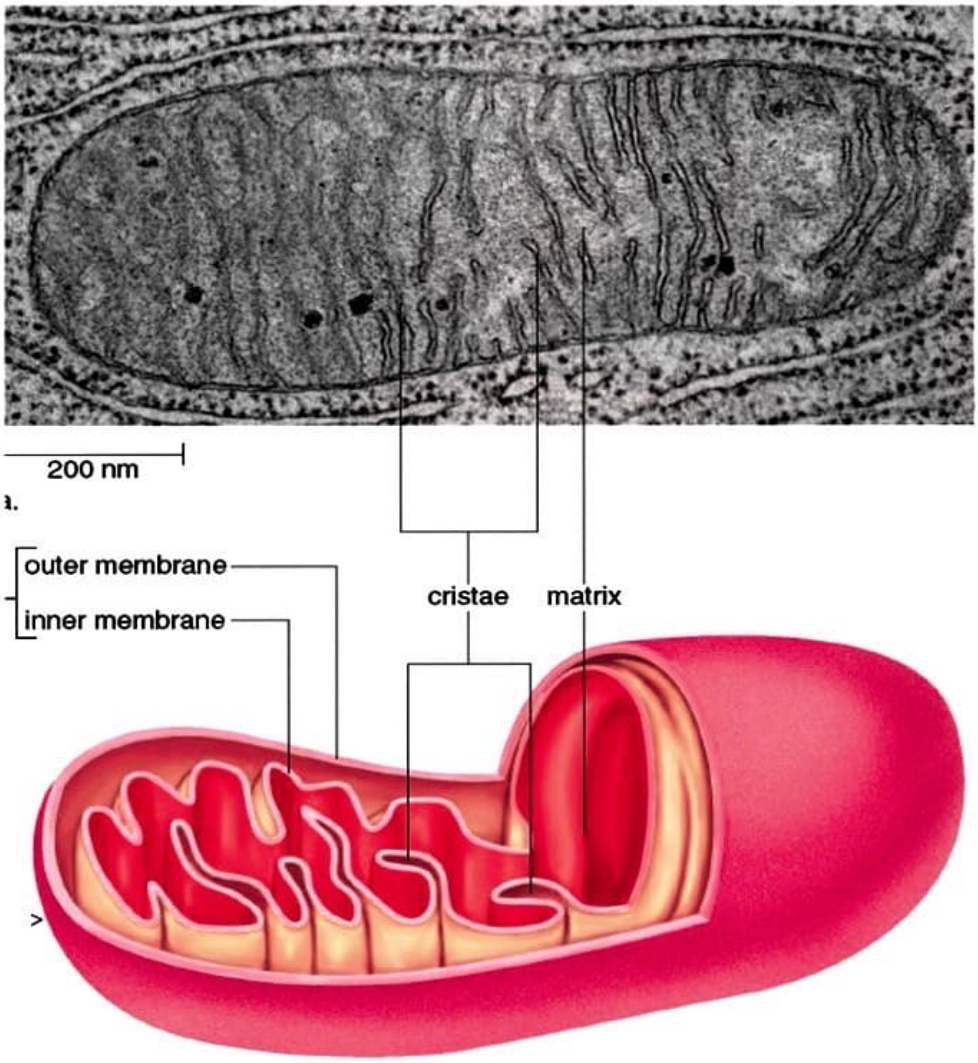
جـ- مجموعة من البروتينات الناقلة التي تقوم بنقل ATP/ADP، Pi، Ca، بعض المركبات الوسطية لدورة كربس.

أما حشوة المايتوكوندريا فتحتوي على المكونات الآتية:

أ- إنزيمات دورة الحامض الثلاثي الكاربوكسيل(دورة كربس).

ب- إنزيمات أكسدة الأحماض الدهنية.

جـ- الحامض النووي الديوكسي رايبوزي DNA، والحامض النووي الرايبوزيي RNA، ومكونات بناء البروتين.

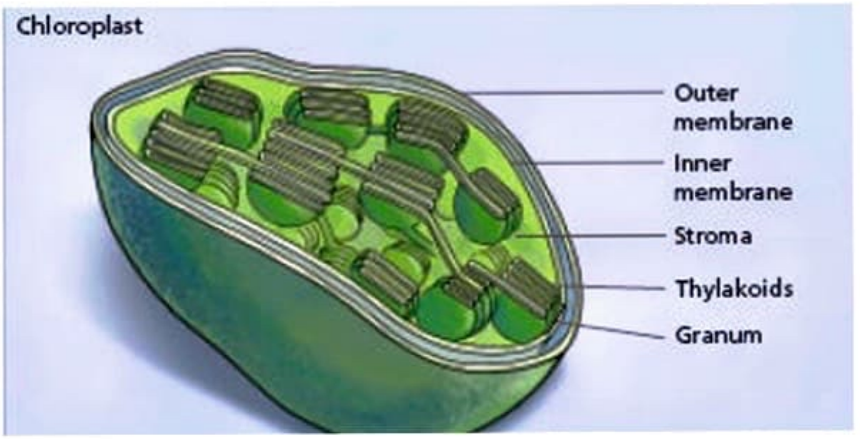


الشكل(10-2): المايتوكوندريوم Mitochondrium وتركيبه الداخلي(الجدار الخارجي Outer membrane والجدار الداخلي Inner membrane والطيات Cristae والحشوة الداخلية Matrix).

7- البلاستيدات Plastids

البلاستيدات تراكيب خلوية أهمها البلاستيدات الخضراء (كلوروبلاست)Chloroplasts (**الشكل11-2**) وهي مستقلة في مادتها الوراثية وإنزيماتها وبروتيناتها، كما هو الحال في المايتوكوندريا. وتمثل مركز البناء في الخلية وإنتاج المركبات الغذائية وبذلك تعمل عكس عمل المايتوكوندريا وظيفياً. ويقتصر وجود

البلاستيدات على النباتات الراقية والبسيطة والطحالب الدقيقة وتتفاوت في أعدادها وأنواعها بين نوع وآخر، وتقسم البلاستيدات من حيث أنواعها الى بلاستيدات خضراء Chloroplasts تقوم بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis وبلاستيدات ملونة Chromoplasts تحتوي على أصباغ ملونة تعطي الألوان كما في بعض الأزهار والثمار الناضجة بالإضافة للبلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts التي تعمل على تخزين المواد الغذائية النشوية والدهنية والبروتين كما هو الحال في الجذور الخازنة (الجزر) والسيقان (البطاطا) والبذور (الباقلاء والفاصوليا).



الشكل(11-2): البلاستيدات الخضراء (كلوروبلاست Chloroplast).

8- الأجسام الدقيقة (المجهرية) Peroxisomes or Microbodies

الأجسام الدقيقة تراكيب صغيرة الحجم تنتشر على شكل حويصلات في السايتوبلازم وتحتوي على إنزيمات أكسدة متخصصة تقوم بتحويل المواد الزائدة عن الحاجة او المواد السامة ومثال ذلك الإنزيمات المسؤولة عن تحويل الدهون المخزونة في بعض البذور الى سكريات أثناء عملية الإنبات Germination، وكذلك إنزيم البيروكسيديز Peroxidase (ومن هنا جاءت التسمية) الذي يحلل مادة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 السامة الى الماء والأوكسجين.

9- الهيكل الدعامي للسايتوبلازم Cytoskeleton

أ- الخيوط والانبيبات الدقيقة Microfilaments and microtubules

الخيوط عبارة عن ألياف اسطوانية طويلة جوفاء تتركب من مادة بروتينية تدعى أكتين Actin tublin ولها القدرة على الانقباض والحركة وبالتالي تساعد في دعامة السايتوبلازم والحركة السايتوبلازمية، اذ تساعد في حركة الكروموسومات أثناء انقسام الخلية ونقل المواد داخلها وفي المحافظة على شكلها العام وتوجد في الخلايا الحيوانية والنباتية.

ب- الشبكة الخلوية الداخلية Micro trabecular lattice

تتركب الشبكة من خيوط بروتينية رفيعة، تنتشر في أنحاء السايتوبلازم وتتصل بالغشاء البلازمي مع بعض التراكيب الداخلية وبالإضافة لوظيفة الدعامة التي تقدمها هذه الشبكة فان الدراسات الحديثة تشير الى أن الشبكة تلعب دوراً في الاستجابات الحركية داخل الخلية مثل حركة الحبيبات الصبغية في جلود بعض الحيوانات سريعة التغيير في اللون مثل حيوان الحرباء.

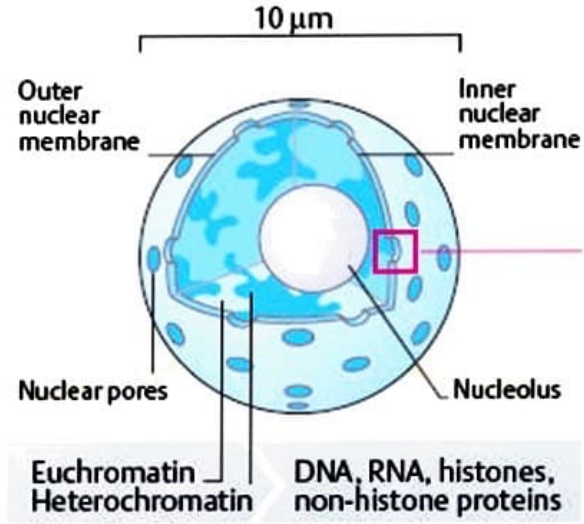
10- الفجوات العصارية Vacuoles

الفجوات العصارية تراكيب غشائية على شكل أكياس وحويصلات تحتوي على سائل او عصارة تتكون من مواد عضوية ولاعضوية، وأما أن تكون فجوة منقبضة Contractile vacuole تعمل على التخلص من الفضلات الزائدة او فجوة غذائية Food vacuole تعمل على تخزين الغذاء. وتحتوي الخلايا الحيوانية على عدد قليل جداً وصغير من هذه الفجوات او لا تحتويها إطلاقاً في حين تحتوي الخلايا النباتية على فجوة كبيرة يزداد حجمها بازدياد نضوج الخلية، حيث تشكل بين 80- 90% من حجم الخلية النباتية المحاطة بقليل من السايتوبلازم وهي بذلك تساعد في تنظيم الضغط الأزموزي Osmatic pressure إذ تحتوي على مواد عضوية ولاعضوية تساعد في الاتزان الأزموزي للخلية.

11- النواة Nucleus

النواة تركيب خلوي دائري الشكل يتوسط الخلية ويبلغ قطرها تقريباً 5 مايكرون. وتقوم النواة بمجمل محتوياتها بالسيطرة على مختلف النشاطات الحيوية. ومن الناحية التركيبية تتكون من الغشاء النووي والسائل النووي والشبكة الكروماتينية. و**الغشاء النووي** يكون عادةً مزدوجاً ويعمل على حماية الأجزاء الداخلية وتتخلله عدة فتحات Pores تساعد على مرور المواد من والى النواة بالإضافة لقيامها بوظائف الشبكة الاندوبلازمية في حالة قلة أعداد الشبكة في بعض أنواع الفطريات. كما وتحتوي النواة على جسم النوية Nucleolus التي بدورها تتكون من بروتين وحامض نووي RNA وهي بذلك تتواجد حول منطقة من الجينات مسئولة عن صنع الحامض الرايبوسومي rRNA ولذلك تعرف هذه المنطقة بالمركز المنظم للنويّة وبالتالي لها علاقة في صنع rRNA (**الشكل 12-2**).

أما **السائل النووي** Nuclear plasma فهو سائل شفاف وكثيف القوام يوفر الظروف الحيوية اللازمة (الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية) للتراكيب النووية ونشاطاتها. واما **الشبكة الكروماتينية** Chromatin net فهي شبكة من الخيوط الرفيعة في حالة عدم الانقسام والتي لا تلبث ان تتميز وتتضح الى كروموسومات Chromosomes حال بدء الانقسام.



الشكل (12-2): النواة ومحتوياتها.

12- السايتوسول Cytosol

السايتوسول عبارة عن جميع المواد الذائبة في السايتوبلازم، إذ أن السايتوبلازم عبارة عن جميع محتويات الخلية من المواد الذائبة وغير الذائبة، **ويجري في السايتوسول المسارات الرئيسية المهمة وهي:**

أ- تقويض الكلوكوز (مسار الكلايكولسيس) Glycolysis pathway .

ب- عدد كبير من تفاعلات بناء الكلوكوز (مسار كلوكونيوجنسيس) Gluconeogenesis pathway .

جـ- مسار الفوسفوكلوكونيت Phosphogluconate pathway

د- بناء الأحماض الدهنية Fatty acids synthesis.

عمليات النقل Transport process

أن الوظيفة الأساسية لغشاء الخلية هو السماح لحركة المركبات الضرورية التي تحتاجها الخلية وعبورها إلى داخل الخلية. **وهناك عدة طرائق لذلك:**

1- النفاذ البسيط أو الحر Free or simple diffusion

تتمكن المواد الغذائية ذات الوزن الجزيئي الواطئ من النفاذ الى داخل الخلية. وتعتمد هذه العملية على تركيز المادة على جانبي الغشاء. إذ تتجه المادة من المحيط الأعلى تركيزاً إلى الاوطأ. أن هذا النوع من النفاذ لا يظهر أي تخصص مجسمي Stereo specific فمثلاً ان الأحماض الأمينية من نوع D و L تنفذ عبر الغشاء بنفس السرعة. ولا يعتقد أن لهذا النوع من النفاذية ميكانيكية وذلك بسبب بطء هذا النوع من النفاذ وعدم وجود أي نوع من الاختيار ينظم عبور المواد المختلفة خلال الغشاء.

2- النفاذ المسهل Facilitated diffusion

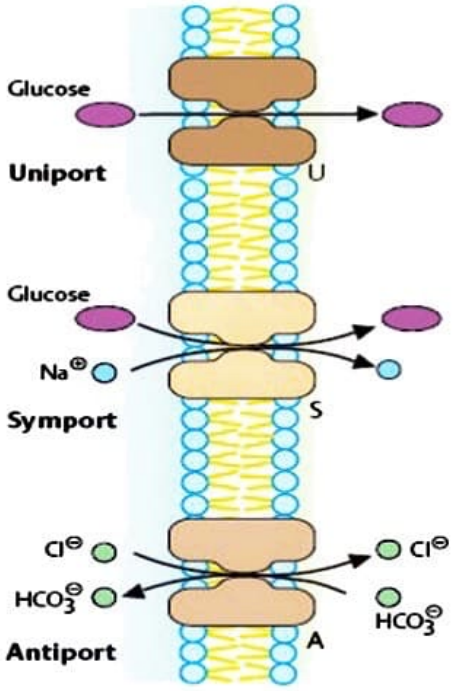
أن هذا النفاذ يشابه نوعاً ما النفاذ البسيط او الحر في وجوب اختلاف تراكيز المواد التي تعبر الغشاء على جانبيه ولا تحتاج عملية النفاذ هذه لصرف أي طاقة. **أما نقاط اختلاف النفاذ المسهل عن النفاذ الحر او البسيط فهي:**

I- وجود بروتين خاص يسمى الحامل Carrier الذي يساعد ويسرع في العملية.

II- وجود تخصص مجسمي في هذا النوع من النفاذ، أي يفرق بين الأحماض الأمينية من نوع D و L .

أن ميكانيكية النفاذ المسهل تتم بقيام البروتين الخاص المذكور أعلاه والموجود في الغشاء بتكوين مركب معقد مع المادة التي سوف تنفذ الى داخل الخلية. بعد ذلك تنفصل هذه المادة عن المركب المعقد وتنفذ الى داخل الخلية. أن البروتين الحامل Carrier متخصص بنقل مواد معينة، ولقد تم فصل العديد من هذه البروتينات الحاملة متخصصة للكالاكتوز والكلوكوز والليوسين والفنيل الانين والارجنين والهستيدين والتايروسين والفوسفات والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم.

وهناك عدة طرائق في عملية نفاذ المواد بهذه الطريقة متبعةً أما أسلوب الإدخال المباشر (الأحادي) Uniport او الأسلوب التناظري Symport بارتباطه مع مواد أخرى او متبعةً أسلوب المضاد Antiport بإدخال مادة وطرح مادة أخرى (**الشكل 13-2**):



الشكل(13-2): طرائق إدخال المواد بالنفاذ المسهل (الأحادي Uniport والتناظري Symport والمضاد Antiport).

3- النقل الفعال Active transport

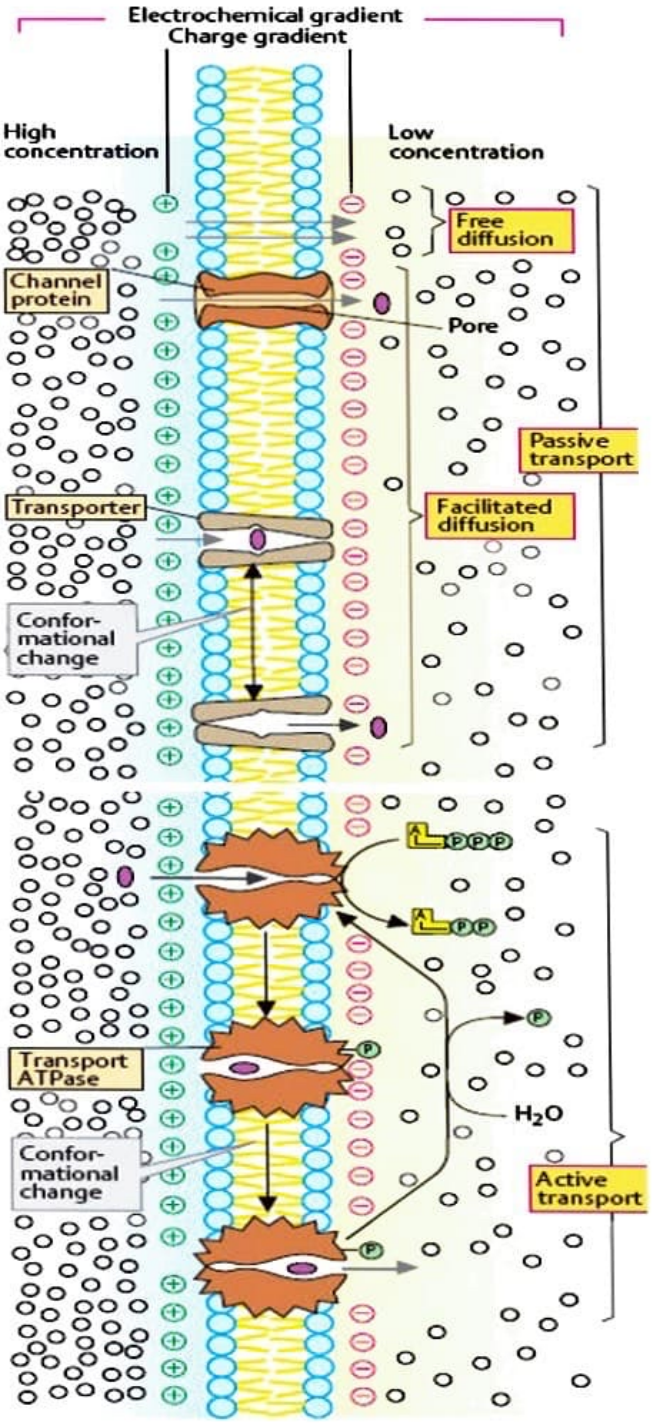
إن النقل بهذه الطريقة يشابه النفاذ المسهل عدا أن المادة التي تعبر خلال غشاء الخلية تمر من محيط ذي تركيز واطئ إلى محيط ذي تركيز عالٍ. واستناداً على ذلك فان العملية تحتاج لصرف طاقة. ولقد وجد أن بعض الخلايا تصرف أكثر من 50% من جزيئة الـ ATP الموجودة فيها للقيام بعملية تراكم الحامض الأميني الكلايسين داخلها(**الشكل 14-2**).

4- الشرب الخلوي (الرشف) Pinocytosis

في هذه الطريقة يتم انتقال الجزيئات الكبيرة مثل البروتين او الدهن عندما تكون سائلة من خلال جدار الخلية عن طريق احتضان هذه المكونات بالغشاء الخلوي وإحاطتها وإدخالها الى داخل الخلية ويطلق على هذه العملية اسم عملية شرب الخلية Cell drinking وعادة تمتص بعض البروتينات من خلال الخلايا المبطنة للأمعاء بهذه الطريقة.

5- الالتهام الخلوي (البلع) Phagocytosis

يتم انتقال الجزئيات الكبيرة من البروتينات او الدهون أو غيرها من المواد بهذه الطريقة من خلال أحاطتها واحتضانها بوساطة الغشاء الخلوي ثم إدخالها الى داخل الخلية.



الشكل(14-2): عمليات النقل من خلال غشاء الخلية.

الفروقات بين الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة

يوضح **الجدول (1-2)** المقارنة التركيبية بين الخلايا بدائية النواة Prokaryotes من جهة والخلايا النباتية والحيوانية الحقيقية النواة Eukaryotes من جهة أخرى.

جدول (1-2) : المقارنة التركيبية بين الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة.

التركيب	الخلية بدائية النواة	الخلايا حقيقية النواة	
		الخلية الحيوانية	الخلية النباتية
1- الغشاء الخلوي	موجود	موجود	موجود
2- الجدار الخلوي	موجود يحتوي على ببتيدوكلايكان*	غير موجود	موجود ويحتوي على السليلوز
3- الغشاء النووي	غير موجود	موجود	موجود
4-الكروموسومات	تتكون من DNA وتكون حلقية الشكل	تتكون من DNA وبروتين وتكون خيطية الشكل	تتكون من DNA وبروتين وتكون خيطية الشكل
5- المايتوكوندريا	غير موجودة	موجودة	موجودة
6-الشبكة الاندوبلازمية	غير موجودة	موجودة	موجودة
7- أجسام كولجي	غير موجودة	موجودة	موجودة
8- البلاستيدات	غير موجودة	غير موجودة	موجودة
9- الرايبوسومات	موجودة	موجودة	موجودة
10-الفجوات العصارية	غير موجودة	صغيرة الحجم او غير موجودة	توجد عادة وتكون كبيرة الحجم
11-اللايسوزومات	غير موجودة	غالباً موجودة	غالبا غير موجودة

* الببتيدوكلايكان Peptidoglycan عبارة عن مادة كاربوهيدراتية تتكون من عدة سلاسل من السكريات المتعددة Polysaccharides مربوطة ببعضها بوساطة سلاسل من الأحماض الأمينية.