

خلايا حقيقية النواة Eukaryotic cells

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

الخلية الحيوانية Animal cell

تختلف الخلايا الحيوانية فيما بينها من حيث الحجم والشكل والتخصص الا انها جميعاً تكون متشابهة من حيث التركيب وتتكون الخلية الحيوانية من التراكيب التالية:

تركيب الخلية الحيوانية

1) الغشاء البلازمي Plasma membrane

2- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum

3- معقد كولجي Golgi Complex

4- الماييتوكوندريا Mitochondria

5- الاجسام الحالة Lysosomes

6- النواة Nucleus

الخلية النباتية Plant Cell

تحتوي الخلية النباتية على جميع التراكيب التي تحتويها الخلية الحيوانية فضلاً عن احتوائها على بعض التركيب الخاصة بها وهذه التراكيب هي:

تركيب الخلية النباتية

1- جدار الخلية Cell Wall

2- الفجوات Vacuoles

3- الروابط البلازمية Plasmodesmata

4- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

تركيب ووظيفة الجدار الخلوي Structure and Function of Cell Wall

جدار الخلية النباتية Plant Cell Wall

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

المظهر الخارجي لجدار الخلية

الجدار الاولي Primary wall

وهو الجدار الموجود في الطبقة الخارجية للخلية ولا يكون الجدار الاولي للخلية ملاصقاً تماماً مع مثيله في الخلية . تفصل فيما بينها Middle Lamella المجاورة حيث توجد هنالك صفيحة وسطى

الجدار الثانوي Secondary wall

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

التركيب الكيميائي Structural chemistry

. يشكل الجدار الخلوي الحشوة خارج خلوية للنبات ويتكون اغلبها من بوليمرات كاربوهيدراتية

التركيب الكيميائي لجدار الخلية النباتية

الجدار الاولي Primary wall

يشكل السليلوز حوالي ٢٥-٤٠% من الوزن الجاف للجدار الاولي ، بينما تشكل السكريات المتعددة الاخرى اكثر . % من ٥٠ في حين تشكل البروتينات نسبة لا تزيد عن ٥

السليلوز Cellulose

هو وحدات متكررة من سكر الكلوكوز حيث تكون سلاسل طويلة ، والسلسلة الواحدة تحتوي على اكثر من ١٠٠٠٠٠ جزيئة من الكلوكوز وهذه السلاسل ترتبط مع بعضها البعض بواسطة روابط هيدروجينية ، كما تمتد بشكل متواز مع بعضها البعض ، مرتبة بشكل الياف بشكل دقيق ضمن جدار الخلية مكونة اليف سليلوزية دقيقة

انصاف السليلوز : ويتكون من سكريات ارابنوز و زايلوز و كالاكتوز و مانوز بالاضافة الى حامض الكلوكورونيك و مرتبطة مع بعضها البعض بشكل معقد

البكتين

و هو سلسلة طويلة تتكون في الاقل من ٢٠٠٠ جزيئة من حامض الكالاكتورونيك مع بعض السكريات المرتبطة في السلاسل الجانبية وتحوي السلسلة ايضا" على ايونات الكالسيوم

البروتينات السكرية : حيث يوجد نوعان منها في جدار الخلية يمثل النوع الاول انزيمات مرافقة للجدار كانزيم انفرتيز وترتبط Extensin وانزيم السيلوليز و البيروكسيديز ، واما النوع الثاني فيشمل البروتينات التركيبية المسماة ب السكريات مع البروتين بروابط كلايكوسيدية حيث يرتبط الكالاكتوز مع السيرين و الارابنوز مع هيدروكسيل البرولين

الجدار الثانوي

ويكون اسمك من الجدار الاولي ويحتوي على نسبة عالية من السليلوز مقارنة مع الجدار الاولي . و تترتب الالياف الدقيقة ضمن الجدار الثانوي بشكل دقيق وتكون الطبقة الوسطى له سميكة بالمقارنة مع بقية الطبقات وهذا يعود الى الترتيب العشوائي لالياف السيلوز في هذه المنطقة فضلا" عن هذا فان مادة اللكتين تشكل حوالي ٥٠ % من الوزن الجاف للجدار الثانوي والتي تكسبه المتانة خصوصا" عندما يحتوي على نسبة قليلة من السليلوز ويكون اللكتين على هيئة جزيئات فينولية كبيرة معقدة يزيد وزنها الجزيئي عن ١٠٠٠٠٠

الوظيفة Function

يشكل جدار الخلية حاجزا" فيزيائيا" يمنع اجتياح الفايروسات والبكتيريا المرضية و الابواغ الفطرية

تعبير من خلاله الجزيئات التي تصل اوزانها الجزيئية الى ٦٠%

يمنع انتفاخ الخلية النباتية بعد ان تصل الى حجمها النهائي عند انتهاء يمثل الهيكل التركيبي للخلية النباتية بسبب قوته وصلابته الانقسام الخلوي بالرغم من وجود الضغط الاوزموزي والسبب في ذلك يعود الى حصول تغيير في ترتيب الالياف الدقيقة للسيلولوز

يوفر الحماية الميكانيكية للخلايا النباتية ضد الفطريات الممرضة

تعمل السكريات المتعددة لجدران بعض الخلايا النباتية كمواد كربوهيدراتية خازنة كجدران بذور نبات التمر هندي

منشأ الجدار في الخلية النباتية Origin of cell wall

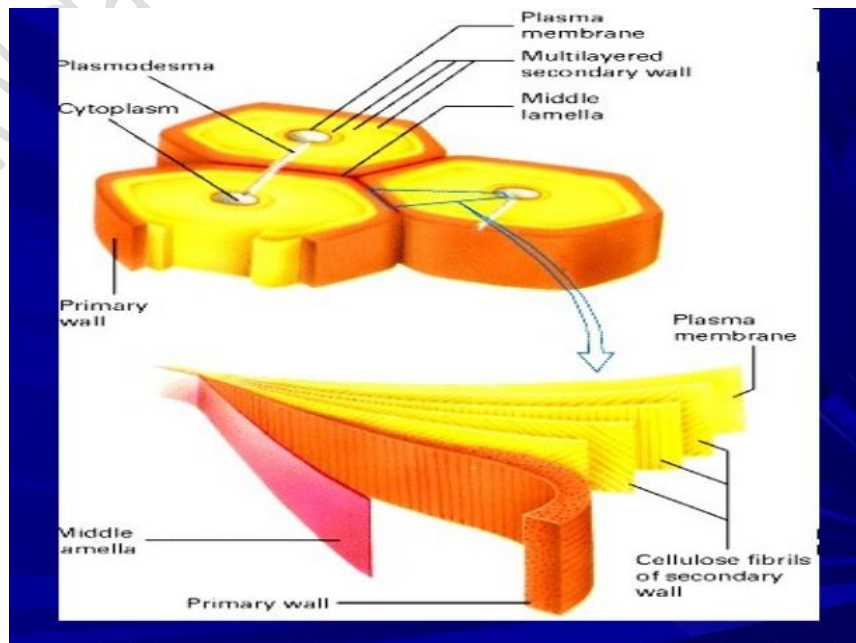
لقد تم الحصول على معلومات مباشرة حول تكوين الصفيحة الوسطى من خلال دراسة قلنسوة البصل وباستخدام المجهر الالكتروني EM. تتكون صفيحة الخلية على طول منتصف الخلية المنقسمة لتفصل السابتوبلازم للخلايا الشقيقة

(Daughter cells) ثم تشترك تدريجياً في عملية تكوين الصفيحة الوسطى في كل من الخليتين الشقيقتين وبعد انفصال المجموعتين الكروموسوميتين وحركة الكروموسومات الى قطبي الخلية بعد عملية الانقسام تظهر ثلاث انواع من التراكيب متجمعة في منتصف الخلية وهي :

وحدات قصيرة مزدوجة الغشاء للشبكة الاندوبلازمية **Endoplasmic reticulum** والتي قد انتقلت من السطح الخارجي للخلية .

فجوات صغيرة يصل حجمها حوالي ٢٠ نانومتر في ابعادها التي تصطف على طول المركز ابتداء من منتصف الخلية ومتجهة تدريجياً الى الخارج لكي تقسم الساييتوبلازم الى قسمين ثم تلتحم هذه الفجوات مع بعضها البعض مكونة تركيباً متماثلاً لغشاء متكامل قاطعاً للخلية مع فتحات تتخللها تراكيب البلازمودسماتا Plasmodesmata كما تظهر اجزاء من الشبكة الاندوبلازمية تصاحب هذه التراكيب .

الفراكموسوم Phragmosome: تمثل النوع الثالث من التراكيب التي وجدت على طول منتصف الخلية المنقسمة قبل تكون صفيحة الخلية وتقع على جانبي الفجوات الصغيرة وملزمة ايضاً مع اجزاء الشبكة الاندوبلازمية اما ابعادها فتصل الى ما يقرب من ٢٥٠ مايكرومتر تختفي الفراكموسومات من الوسط في المرحلة النهائية نتيجة لعملية الانقسام وانفصال الساييتوبلازم للخليتين الشقيقتين ولهذا فقد افترض انها تشترك بصيغة او باخرى في تكوين الصفيحة الوسطى ويعتقد ان معقد كولجي Complex Golgi هو الذي يكون مسؤولاً عن تكوين الفجوات الصغيرة ويطلق الفراكموبلاست Phragmoplast على التراكيب الثلاثة التي تشترك في تكوين جدار الخلية والصفيحة الوسطى والتي تمثل خاصية اغلب الخلايا النباتية.



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 لا يمكن تمييزه بسهولة باستخدام المجهر الضوئي ويلاحظ في بعض الخلايا ان الغشاء البلازمي محاط بطبقات واقية اكثر سمكاً بحيث يمكن تمييزها بالمجهر فمثلاً معظم الخلايا النباتية تمتلك جداراً سليولوزياً سميكاً يغطي ويدعم الغشاء البلازمي والذي يطلق عليه اسم الجدار الخلوي Cell Wall اما خلايا الحيوانات فبعضها محاط بمواد قوية . ان للجدار الخلوي الوظائف المهمة للخلية غير انه لايلعب أي دور في عملية عبور المواد وانتقالها من 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 للسائتوبلازم والتي يكثر وجود Amino Phospholipids عليها وقد اقترح الباحثون ان هذا التباين يكون ثابتاً حيث لا يحدث تبديلاً (تبادل) بين طبقتي الدهن ويمكن ان يعزى ذلك الى ان المجاميع القطبية الكارهة للماء Hydrophobic لطبقة الدهن الثانية تتطلب طاقة عالية اذا ما ارادت الحركة خلال المركز.

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 H غ. Hydrophobic

وتشير نتائج الدراسات الى ان **الدهون الغشائية** تكون بشكل طبقة ثنائية الدهن bilayer lipid أي مكونة من جزيئين 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 فمثلاً الدهن المفسفرة من نوع (Sphingomyelin , Phosphotidyle , Ethanolamine) تكون متعادلة كهربائياً عند pH متعادل حيث تسمى بالدهون المفسفرة المتعادلة وتميل الى الارتباط بشكل وثيق بطبقة الدهن الثنائية المكونة للغشاء البلازمي ويتصف بهذه الخاصية ايضاً الكوليسترول Cholestrol. كما وجد ان ٢٠-٥% من الدهن المفسفرة يكون pH حامضياً فمثلاً Sulfo lipids , Phosphotidyl Serine, Phosphotidy inositol والدهن الكبريتية تكون الدهن المفسفرة الحامضية مشحونة بشحنة سالبة وانها متلازمة بصورة رئيسية في الغشاء البلازمي مع البروتينات.

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 المحيطة peripheral protein الخارجية مكونة بروتينات سكرية او تتفرع من النهايات القطبية لجزيئات الدهن المفسفرة في طبقة الدهن الخارجية ((مكونة الدهن 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 وهي:

6 D-Mannose , D-Glucose , N-Acetyl glucosamine , L-Fucose , Xylose , Galactose , N-Acetylneuramnie , N-Acetyl galcte

يسمى 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 الكربوكسيل والفوسفات وهذا ما يجعل البروتينات الموجبة الشحنة تلتصق بها كما تتحد كمية صغيرة من هذا الحامض مع الدهن لتكوين الكانكليوسايدات Gangliosides أي الدهن السكرية Glycolipids في الغشاء البلازمي لخلايا الكبد وتشكل الدهن السكرية المكون الاساسي لسطح الخلايا حيث تلعب دوراً مهماً في النقل الايوني. وان الشحنة السالبة للاغشية البلازمية فأنها تنخفض عند معاملةها بأنزيم Neuraminidase علماً ان هذا الانزيم يستخلص مع حامض السياليك.

البروتينات الغشائية Membrane proteins

تشكل البروتينات المكونات الرئيسية لمعظم الاغشية البايولوجية 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 (extrinsic) Proteins** تشمل البروتينات التي تغطي مناطق معينة من طبقة الدهن الثنائية ولا تخترقها وتشكل نسبة تقل عن ٣٠% من مجموعة البروتينات الغشائية وتتميز بما يلي:

- تكون مرتبطة ارتباطاً ضعيفاً بالغشاء البلازمي بحيث يمكن فصلها بسهولة.
- تذوب في المحاليل المائية.
- تكون غنية بحوامض امينية تمتلك سلاسل جانبية محبة للماء (Hydrophilic) التي تسمح بالتفاعل مع الماء المحيط بها ومن السطح القطبي لطبقة الدهن الثنائية الجزيئات.
- تنتشت عند وضعها في محاليل ذات درجة حامضية تعادل ٧ (pH=7).
- تمتلك البروتينات المحيطية عند السطح الخارجي للغشاء سلاسل من السكريات ومن الامثلة على هذا النوع من البروتينات هي Spectrin الذي يمكن فصله من اشباح كريات الدم الحمراء و C Cytochrome للمايكوبكتيريا وعلى الرغم من وجود البروتينات المحيطية خارج الطبقة الدهنية الثنائية الا انها لا تغطيها بشكل كامل كما كان يعتقد سابقاً.

ب- البروتينات البينية **(Intrinsic) Integral Proteins** وهذه 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 ٧٠% وتتميز بما يلي:

- تكون مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالغشاء البلازمي لذلك تتطلب طرقاً معقدة لعزلها ويستعمل لهذا الغرض مواد صابونية Detergent.
- لا تذوب في المحاليل المائية.
- الاجزاء البارزة منها على السطح الخارجي للغشاء ترتبط مع الكربوهيدرات لتكون البروتينات السكرية.
- 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.
- تتجمع عند وضعها في محاليل ذات درجة حامضية تعادل ٧ (pH=7) ومن الامثلة على هذا النوع من البروتينات معظم الانزيمات المرتبطة بالغشاء ومستضدات التوافق النسيجي ومستلمات الدواء والهرمونات.

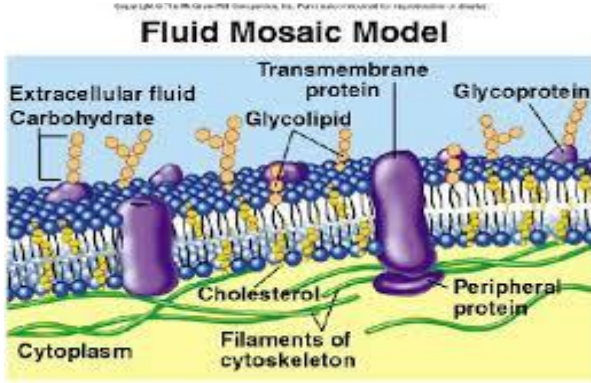
الدراسات المبكرة للغشاء البلازمي وموديلات الاغشية Plasma membrane models

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

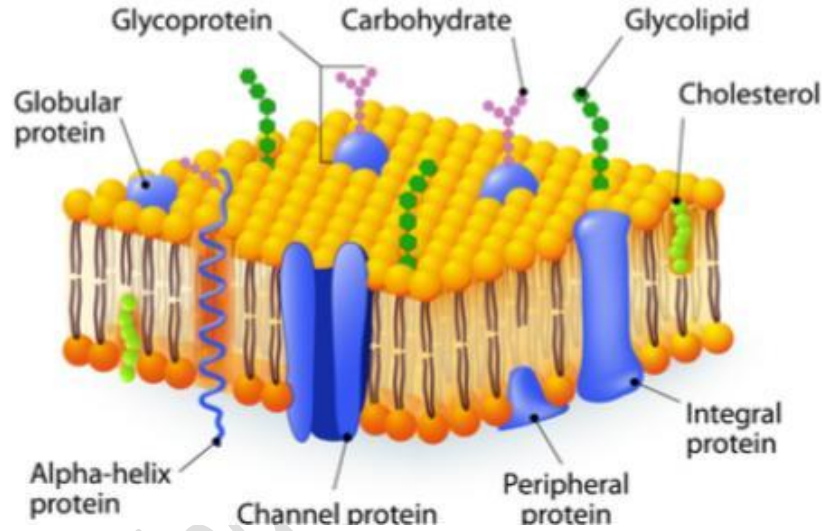
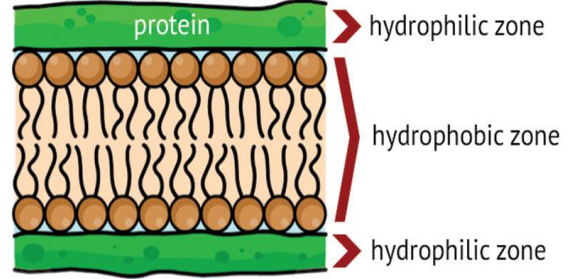
وفي عام ١٩٢٦ تمكن كورتنر Gortner وكريندل Grendel من استخلاص الدهون من اغشية كريات الدم الحمراء لعدد من الحيوانات وقد بينا ان مجموع ما تم استخلاصه من المواد الدهنية من اغشية الكريات الدم الحمراء يكفي لتشكيل سطح سمكه جزئية واحدة ومساحته ضعف مساحة سطح كرية حمراء ولقد افترضنا من ذلك الوقت ان الغشاء يتكون من طبقة ثنائية من جزيئات المادة الدهنية Lipid bilayer بحيث تترتب جزيئات هاتين الطبقتين بصورة تكون فيها النهايات الكارهة للماء ((او غير القطبية)) متقابلة والنهايات المحبة او الاليفة للماء بعيدة عن بعضها . وفي عام ١٩٣٥ افترض دافسون H.Daveson ودانيللي J.Daniealli ان الغشاء البلازمي مكون من طبقة الدهن الثنائية محاطة بطبقة رقيقة من المادة البروتينية من الداخل والخارج. وقد سمي هذا الموديل باسميهما ويعتبر الباحثان دافسون ودانيللي الاول بكون فرضيتهما مبنية على اساس الوظيفة الفسلجية للغشاء البلازمي وفي العام ١٩٥٠ حورا موديلهما هذا موضحين بهذا الموديل المحور الثقوب الغشائية التي تكون مبطنة بجزيئات البروتين. وفي نهاية الخمسينات وبعد اكتشاف المجهر الالكتروني حاول بعض الباحثين دراسة الاغشية البلازمية على مستوى المجهر الالكتروني وباستخدام مثبت جديد وهو برمنكنات البوتاسيوم Potassium Permanganate ووجد روبرتسون J.David Robertson عام ١٩٥٩ ان العديد من الاغشية مكونة من تركيب ثلاثي الطبقة سمكه يصل الى حوالي ٧٥٠ A الى ١٠٠٠ A سمى هذا التركيب الثلاثي الطبقات بوحدة الغشاء membrane Unit والطبقتان الخارجيتان ((العليا والسفلى)) لهذا التركيب كثيفتان الكترونياً وتظهران في صور المجهر الالكتروني قائمتا اللون يصل سمك كل منهما الى ١٠٠ A اما بالنسبة للطبقة الثالثة والتي تحتل موقعاً وسطياً بين هاتين الطبقتين فتمتاز بكونها رقيقة واكل كثافة الكترونياً من الطبقتين السابقتين وتظهر فاتحة اللون في صور المجهر الالكتروني ويصل سمك هذه الطبقة الوسطية حوالي ٤٥٠ A وتختلف سمك الطبقات الثلاثة باختلاف الاغشية البلازمية للكائنات الحية المختلفة ((كائنات بدائية النواة وكائنات حقيقية النواة والاعشية البلازمية لخلايا الكائن الحي الواحد)) كما تختلف اغشية العضيات المختلفة للخلية الواحدة وتختلف حتى في الغشاء الواحد. وقد فسر موديل وحدة الغشاء Model Membrane Unit على المستوى الجزيئي بالاعتماد على موديل دافسون- دانيللي

فالطبقة الوسطى لموديل وحدة الغشاء تقابل طبقة الدهن الثنائية لموديل دافسون- دانيلي والطبقتان الخارجيتان المحيطتتان بالطبقة الوسطى فتمثلان طبقتي البروتين المحيطة بطبقة الدهن الثنائية في موديل دافسون-دانيلي ونتيجة للاكتشافات الجديدة فقد ظهرت عدد من الملاحظات والاراء التي تعارض موديل وحدة الغشاء ومنها:

- عمومية هذا الموديل حيث من الصعب شموله لمختلف الاغشية الخلوية لاختلافها عن بعضها البعض وحتى لاختلاف اجزاء الغشاء البلازمي المكون للخلية الواحدة.
 - لا يوجد دليل قوي حول تطابق تركيب وحدة الغشاء الملاحظ بالمجهر الالكتروني مع ترتيب خاص بجزيئات البروتين والدهن الغشائية.
 - توفر ادلة حديثة تشير الى ان البروتينات والدهن الغشائية المكونة للغشاء البلازمي لا تبقى ثابتة بل تتغير عند اضافة البروتينات والدهون الى الغشاء او عند ازالتها منه او عند توزيعها على طول الغشاء حيث تتغير نسبة البروتينات والدهون المكونة للغشاء من وقت الى اخر بتغير الظروف
- ولقد اظهر عدد من المشتغلين في حقل المجاهر ان بعض الاغشية الحية وربما من ضمنها الاغشية البلازمية تمتلك تركيباً اكثر تعقيداً من تركيب وحدة الغشاء وقد فرض هؤلاء الباحثون بان الغشاء (او حتى جزء منه) عبارة عن سطح مرصوف بوحدات ثانوية Subunits صغيرة كروية او مضلعة الشكل بدلاً من ان تكون بصورة طبقة مستمرة وقد قام الباحث Green بنشر موديل مبني على هذا الاساس أي مبني على اساس التداخل بين البروتين والدهن في الاغشية وقد اطلق على هذا الموديل اسم موديل وحدة الغشاء Subunit Membrane model او موديل بلورات البروتين Protein Crystal Model حيث يكون البروتين في هذا الموديل بصورة كتل منفصلة بين طبقة الدهن الثنائية وقد ادخلت احدى التغيرات على مفهوم الموديل السابق (موديل وحدة الغشاء) من قبل سينكر S.J.Singer ونيكلسون Nicolson في عام ١٩٧٢ الذي سمي بالموديل الموزائكي السائل Fluid Mosaic Model ويظهر هذا الموديل ارتباطاً وثيقاً بين الدهن والبروتين كما في الموديل السابق ولكن بترتيب اقل صلابة واتحاداً (أي اكثر مرونة) فبدلاً من ان يكون البروتين مرتباً بصورة منفصلة فانه يطفو بصورة حرة في طبقة الدهن الثنائية يعتبر هذا الموديل اكثر قبولاً في الوقت الحاضر ومن مميزات هذا الموديل هو ان البروتينات البيئية والدهون تكون:
- مرتبة بترتيب يشبه الموزائيك (المبرقش).
 - 2-قادره على انجاز حركات النقل في كل مساحة طبقة الدهن الثنائية وهذا ما يسمى بالسيولة Fluidity التي لها علاقة مع قابلية انتقال مكونات الغشاء من الدهون المفسفرة مما يؤدي موديل الموزائكي السائل في صورة المجهر الالكتروني لاغشية محضرة بطريقة التجميد الكليشية. Freeze Etching method.



Sandwich (Davson-Danielli) model of cell membrane



النشاط الوظيفي لغشاء البلازما Functional Activity of Plasma Membrane

يعمل غشاء الخلية على تنظيم مجرى المواد الى داخل وخارج الخلية ويعتمد هذا التنظيم على نفاذية الغشاء وان هذا الغشاء يسمح بحركة الاجسام الصغيرة خاصة، لذا نرى ان الماء يمر بسهولة الى داخل وخارج الخلية بينما لا يسمح بمرور جزيئات كبيرة من خلاله ومع ذلك يلاحظ ان بعض الجزيئات الكبيرة لها القابلية على اختراق الغشاء في وقت محدد من عمر الخلية. وعلى هذا الاساس فانه يمكن وصف غشاء البلازما بانه ذلك الغشاء الذي يختار الاجسام لتمر خلاله. 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 الحواجز الغشائية وهي:

اولاً: النقل عن طريق تكوين الحويصلات

لأغشية بعض الخلايا القدرة على احاطة بعض المواد وتكوين حويصلات غشائية حيث عن طريقها يتم ادخال و اخراج 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 Enfolding للغشاء ناتجاً في تكوين كيس يحتوي على الدقائق المطلوب هضمها وبعدها فان هذه المواد تتحرر بطريقة ما من الكيس الى داخل الخلية وان الغشاء الذي كان محيطاً للدقيقة قد يصبح جزءاً من الشبكة الاندوبلازمية ويمكن تلخيص العملية وذلك بتكوين اصابع غشائية خارجية تنحني بعدها الى الخلف لتلتحم في النهاية بغشاء الخلية ومرة ثانية مكونة بذلك فجوة غذائية تحتوي بداخلها على المادة الغذائية.

ج- اللقف الخلوي Rhoheocytosis

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

ثانياً- الاخراج الخلوي Exocytosis

ويمكن تقسيم هذه العملية الى عدة اقسام هي:

أ- الافراز الكلي Holocrine Secretion

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

ب- الافراز الجزئي Eccrine Secretion

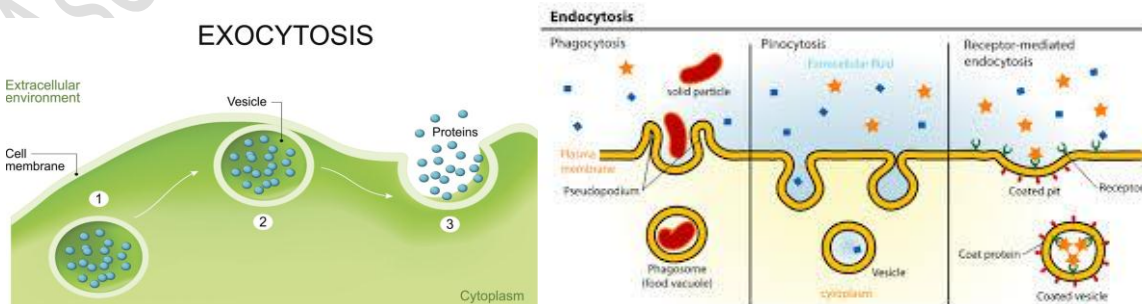
وهو عكس الافراز الكلي اذ تبدأ العملية ببناء البروتينات السكرية بواسطة الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (المحببة) Granular Endoplasmic Reticulum ثم تترزم بهيئة اجسام محددة باغشية ثم تحرر محتوياتها داخل تجويف بواسطة التحام الغشاء الموجود حول الجسم بالغشاء الخلوي وتنتج عن هذه العملية انخفاضات مؤقتة تنشأ عند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

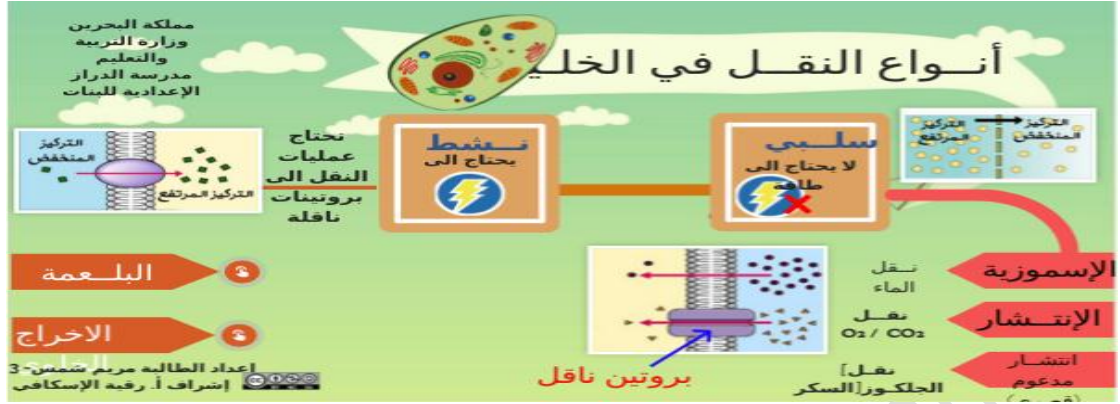
3- الافراز القمي Apocrine Secretion

ان هذا الافراز يلاحظ في الغدد تحت الفكوية للأرنب Submandibular sweet gland ولقد لوحظت عمليات مختلفة من الافراز حيث يندفع التجويف السطحي للخلية الى الخارج ليكون بروزات ثانوية واشكال كروية متصلة بالخلية بواسطة سويق رفيع بعدها تكون طبقة كثيفة من الساييتوبلازم 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.

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 الساييتوبلازم القمي وغشاء البلازما ان هذه العملية لا تتضمن زيادة او نقصان في محيط سطح الخلية كما انها نادرة الحدوث نسبياً.





ثانياً- الانتشار الحر Free Diffusion

تتحرك الكثير من المواد من خلال الاغشية بأسلوب الانتشار الحر، كما تشير الدراسات حيث تتناسب نسبة هذا الانتشار طردياً مع نسبة ذوبان تلك المواد في الليبيد . يستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان جزيئاته تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وسرعة حيث اقترح بان الاغشية تحتوي على ثقب (8-10) انكستروم تبطن بجزيئات محبة للماء حيث تكون هذه الفتحات ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء في حين تلاقى جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها.

ثالثاً- الانتشار الميسر واليات النقل Facilitated Diffusion and Carrier Mechanisms

ان المتأیضات الاساسية التي لا تذوب بالليبيد (كالكسكريات والاحماض الامينية) تدخل الخلية او عضياتها خلال عمليات تتطلب ارتباطات معكوسة مع بروتينات الغشاء وتتم هذه العملية وذلك من خلال تراكيب تسمى النواقل: Carriers والتي هي عبارة عن بروتينات في طبيعتها حيث تكون جزءاً من تركيب الغشاء وتعد متخصصة ولقد افترض وجود موقع ارتباط خاص في كل ناقل والذي يكون مسؤولاً عن ربط نوع معين من الجزيئات فبعد ان تنقل الجزيئة المرتبطة بالناقل الى الجانب الثاني من الغشاء فان الناقل يتحرر وقد يعيد الكرة ليساعد جزيئات اخرى على العبور. ان الذوبان النسبي للمتأیضات في الليبيد غير معنوي ولذا فان تفاعلها يكون مع البروتين وليس مع جزيئات الليبيد 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:

- من التركيز العالي الى التركيز الواطئ بالنسبة للمواد الابضية أي مع انحدار التركيز.
- 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 فإن 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 الابضية بواسطة الانزيمات.

رابعاً- النقل الفعال والضخ الايوني Active Transport and Ion Pump

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

1. طريقة ترسيب المواد من المحلول عندما تكون المواد في داخل الخلية حيث تختزل بفاعلية تركيز المذاب في الماء.
2. طريقة تغيير الجزيئة كيميائياً بعد ان تدخل الخلية حيث يحدث تغير في تركيز الجزيئة المعينة المطلوب في الانحدار التركيزي.
3. طريقة نقل المتأبضات metabolites التي يمكن ان تزود مباشرة بتفاعل ثان وان فرق الطاقة يستخدم لتسيير تفاعل النقل بعكس الانحدار التركيزي. ان النقل الفعال يقود الى التجمع المستمر للمواد في المنطقة التي يحدث بها تركيز عالي لهذه المواد. احد الافكار الموحدة التي بدأت تتبلور في السنوات الأخيرة توضح عملية النقل الفعال على اساس عمل المضخة Pumping actions حيث يجهر الضخ الفعال لإحدى المواد خارج الخلية القوة المسيرة للنقل الفعال للمواد الاخرى الى الداخل. ان عملية الضخ تكون اقتصادية او عملية كما انه تكون نظاماً بسيطاً ولهذا فان حركة المواد الى الخارج لنوع واحد من المواد تساعد في حركة كثير من انواع المواد الى الداخل وان المواد المذابة التي تضخ الى داخل الخلية هي ايونات البوتاسيوم والسكريات والاحماض الامينية. ان القوة الدافعة (الحركة) للنقل الى الداخل يعتقد انها التدرج لأيون الصوديوم Na^+ عبر الغشاء الخلوي وهذه القوة تخلق بواسطة النقل الفعال لأيون الصوديوم الذي يضخ خارج الخلية ان التركيز الخارجي لأيون الصوديوم Na^+ يبقى عالياً والتركيز الايوني في الداخل يبقى واطناً كلما استمر ايون الصوديوم بالانتقال خارج الخلية. ان الطاقة المطلوبة لضخ ايونات الصوديوم خارج الخلية تجهز بواسطة ATP والتي تحلل بواسطة انزيم adenosine triphosphatase المحفز بأيون المغنسيوم ويعتقد ان هذا الانزيم يقع في الغشاء الخلوي. ان هذا الضخ يعمل في الخلايا الحيوانية غير انه غير موجود في الخلايا النباتية او البكتيريا حيث ان كلا النوعين من الخلايا لا يحتاجان الى ايونات الصوديوم للقيام بالفعاليات الابضية. ان ضخ ايون الهيدروجين

يكون فعالاً في الخلايا البكتيرية اما عملية الضخ في الخلايا النباتية فهي ليست مفهومة بشكل كامل لحد الان. وهناك نوعان مميزان من ضخ ايون الصوديوم Na^+ خاصان بالخلايا الحيوانية.

a. فالنوع الاول يبين ان ضخ ايون الصوديوم الى الخارج مرتبط بقوة مع انتقال ايونات البوتاسيوم K^+ الى الداخل وهكذا فان ايون الصوديوم وايون البوتاسيوم تتبادل بطريقة اجبارية **Compulsory Way** ويدعى هذا النوع من ضخ ايون الصوديوم بالضخ المتبادل للصوديوم و البوتاسيوم او الضخ المتبادل المزوج **Sodium Pottasium Exchange Pump or the Coupled neutral Pump**

b. اما في النوع الثاني فأن دخول ايونات البوتاسيوم K^+ لايشترط خروج ايونات الصوديوم Na^+ في عملية ضخ الصوديوم المولدة للالكترونات والذي يسمى بضخ التولد الالكتروني **Electrogenic Sodium Pump** وذلك بسبب انحدار الجهد الكيميائي الكهربائي عندما لا يعوض خروج ايون الصوديوم بنسبة 1:1 من دخول ايون البوتاسيوم في اغلب الخلايا ويحصل نتيجة ذلك تجمع من K^+ الذي يعوض النقص في Na^+ او H^+ في البكتريا) وهو واحد من الادلة العملية لضخ التولد الالكتروني اكثر من الضخ الطبيعي.

c. وتجري داخل الخلية عمليتان حيويتان تتطلبان تركيزاً عالياً من ايون البوتاسيوم الاولى عملية تخليق البروتين في الرايبوسومات والثانية هي احدى الخطوات الانزيمية المهمة خلال عملية تحلل الكلوكوزو غالباً ما يتوازن التركيز الداخلي العالي من ايون البوتاسيوم بفقدان بعض الايونات الموجبة مثل الصوديوم او الهيدروجين او ان تكون هنالك زيادة في الابتلاع التي سوف تسبب انفجار الخلية وذلك باحداث حالة من الضغط الازموزي الداخلي العالي والنقل الفعال للاحماض الامينية الى داخل الخلايا هو نتيجة اخرى لفعل الضخ الايوني للصوديوم ان خروج الصوديوم من الخلية يولد جهداً داخلياً واطناً وخارجياً عالياً لتركيز الصوديوم. والطاقة اللازمة لهذا الجهد يعتقد انها تدعم القوة الدافعة لانتقال الاحماض الامينية الى الخلية في اتجاه ضد التركيز مؤدية الى تجمع هذه المركبات الضرورية اما جهد الصوديوم نفسه فيكون على حساب الـ **ATP**. وهناك انظمة بروتينية انزيمية متخصصة تساعد الاحماض الامينية من عبور الغشاء الخلوي في خطوات النقل الفعال.

المصدر •

كتاب علم حياة الخلية: الدكتور عباس حسين مغير الربيعي •