

# المحاضرة الرابعة

## المرحلة الأولى

تركيب ووظيفة جدار الخلية والغشاء البلازمي  
**Structure and function of cell wall and  
plasma membrane**

م.د. هبة الله عادل الحمداني

2020-2019

تركيب ووظيفة جدار الخلية والغشاء البلازمي  
**Structure and function of cell wall  
and plasma membrane**

يعد الغشاء البلازمي الحدود الحية لسايكوبلازم الخلية حيث يكون رقيق جدا" لذلك فان قسما" من الخلايا الحيوانية وجميع الخلايا النباتية لها غلاف واحد او غلافان وتكون الاغلفة ضرورية لحياة الخلية وبعضها يعمل سندا"للخلية تحت ظروف غير طبيعية .

wall

Plant cell جدار الخلية النباتية

تكون جميع خلايا افراد المملكة النباتية محاطة باغلفة وجدران غير حية ويتحدد شكل الخلية وحجمها وتركيب الانسجة على وجود هذه الجدران . ان تتخن هذه الجدران يتباين بين خلية واخرى ويعد نظام التتخن صفة مميزة للخلايا النباتية مثلا" :- خلايا النسيج الحشوي تكون

جدرانها رقيقة اما الخلايا التي تسيطر على توزيع الماء في انسجة الخشب فتكون جدرانها اكثر تنحنا".

### المظهر الخارجي لجدار الخلية النباتية

**الجدار الاولي:-** هذا الجدار موجود في الطبقة الخارجية للخلايا ولا يكون ملاصقا" لجدار الخلايا المجاورة بل يوجد بينها الصفيحة الوسطى middle lamellaتفصل بينها .

**الجدار الثانوي :-** وهو جدار اضافي يوجد في الخلايا المتخصصة ويحاذي السطح الداخلي للجدار الاولي ان تثخن بعض جدران الخلايا النباتية يعود الى وجود هذا الجدار .

عندما تكتمل تكوين الصفيحة الوسطى والجدار الاولي تبقى فتحات في جدار الصفيحة الوسطى تسمى بالنقر pits والتي تسمح بمرور المواد بين الخلايا المجاورة . وايضا من الممكن مشاهدت مواد سايتوبلازمية اوخيوط تدى بخيوط البلازمودسماتا plasmodesmata تمر من خلال النقر

### منشا الجدار في الخلايا النباتية

عند دراسة مقطع من فليسنوة البصل باستخدام المجهر الالكتروني يمكن الحصول على معلومات مباشرة حول تكون الصفيحة الوسطى حيث تتكون على طول منتصف الخلية المنقسمة لتفصل السايوتوبلازم للخلايا الشقيقة ثم تشترك في تكوين الجدار في كل من الخليتين الشقيقتين .

بعد انفصال المجموعتين الكروموسوميتين كل الى قطب من اقطاب الخلية بعد عملية الانقسام تظهر ثلاث انواع من التراكيب في منتصف الخلية هي :-

1- وحدات قصيرة مزدوجة الغشاء للشبكة الاندوبلازمية endoplasmic reticulum التي انتقلت من السطح الخارجي للخلية .

2- فجوات صغيرة يصل حجمها حوالي 20 مايكرون على طول المركز ابتدا من منتصف الخلية ومتجهه نحو الخارج لكي تقسم السايوتوبلازم الى قسمين ثم تلتحم هذه الفجوات مع بعضها لتكون تركيبا مشابها" للغشاء ويكون متكامل" قاطعا" الخلية مع وجود فتحات تتخللها تراكيب البلازمودسماتا وتصبح هذه التراكيب اجزاء من الشبكة الاندوبلازمية

### 3- الفراكموسوم phragmosome

هو النوع الثالث من التراكيب التي توجد في المنطقة الوسطى للخلية قبل تكون الصفيحة الخلوية وتقع على جانبي الفتحات الصغيرة وملازمة لاجزاء من الشبكة الاندوبلازمية وابعادها تصل الى 250 مايكرون . تختفي الفراكموسوم في المراحل الاخيرة او النهائية لعملية الانقسام السايوتوبلازمي من وسط الخلية لذا افترض انهم يشتركون في تكوين الصفيحة الوسطى .

هناك اعتقاد يقول ان معقد كولجي يكون مسؤول عن تكوين الفجوات الصغيرة اما التراكيب الثلاثة التي تشترك في تكوين جدار الخلية والصفيحة فتسمى الفراكموبلاست phragmoplast الذي يعد خاصية اغلب الخلايا النباتية .

### Plasma membrane

### - الغشاء البلازمي

يعد الغشاء البلازمي الجزء الذي يغلف السايوتوبلازم وهو يقع بين جدار الخلية والسايوتوبلازم في حالة الخلايا النباتية اما الخلايا الحيوانية فيعتبر الغلاف الخارجي لاغلبها ويكون هذا الغشاء في اغلب الخلايا غير واضح تحت المجهر الضوئي ولكن باستعمال المجهر الالكتروني تمكن العلماء من دراسة التراكيب الدقيقة لهذا الغشاء حيث

اجريت الدراسات على خلايا الدم الحمر وغلاف الغمد النخاعينيلالياف العصبية واستطاعت هذه الدراسات الحصول على معلومات قيمة تخص تركيب الغشاء البلازمي

### البرهان على ان مكونات الغشاء البلازمي تكون حرة في حركتها

عندما تنمو الخلايا مع بعضها في مزرعة سوف يكون هناك اندماج عرضي للخليتين لتشكل خلية واحدة ويحاط الساييتوبلازم في هذه الحالة بمزيج من غشاء مشترك وتكرار هذه الحالة من الاندماج يمكن زيادة حدوثها لاضافة راشح حامل ( من جنس سندي *Sendai virus* ) حيث ان هذا الراشح يلتصق بقوة على سطح الخلية وهذه الطبيعة اللاصقة تعمل على دمج الخليتين مع بعض حيث تعطي فرصة عالية للاندماج . في عام 1970 م استعان العالم فري والعالم وايددين بحالة الاندماج بين خليتين للتعرف على مكونات الغشائين المختلفين في الخلايا المندمجة المعزولة وان الامتزاج للغشائين يشكل غشاء حقيقيا حول الساييتوبلازم الهجين (الساييتوبلازم الناتج من اندماج الخليتين ) وقد واصلو العمل باضافة الراشح ساندي للمزرعة النسيجية لنمو خلايا الفار وخلايا الانسان حيث غطى سطح الخلايا للفار في تجربتهم باجسام مضادة بروتينية التي ترتبط بصورة قوية مع جزيئات خاصة موجودة على سطح الغشاء . ان موضع هذه الاجسام المضادة يكون واضح بسبب استخدام الصبغة الخضراء التي تتعلق بها ، اما خلايا الانسان فقد عوملت بهذه التجربة بنفس الطريقة لكن باستخدام اجسام مضادة تتعلق بالصبغة الحمراء المستخدمة بعد ذلك لاحظ الباحثان بعد الاندماج بين الخليتين ان نصف الخلايا الهجينة يكون احمر والنصف الاخر اخضر كما كان متوقعا لكن بعد مرور 40 دقيقة على التجربة لاحظوا اندماجا كاملا بين اللونين وبذلك استنتجوا ان مكونات الغشاء تكون حرة في حركتها على مستوى الغشاء اي ان الاغشية تكون مرنة على عكس ماكان في الاعتقاد السابق ان الاغشية تكون تركيب شبه صلبة لذلك من الضروري ان نفهم ان الاغشية البايولوجية هي بحر من اللييدات التي من الممكن ان تطفو فيه الانواع الاخرى من الجزيئات .

### التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي

يتألف الغشاء البلازمي من :-

- 1- البروتينات
- 2- واللييدات
- 3- والكاربوهيدرات
- 4- اما السكريات المتعددة فترتبط باللييدات لتكون ما يسمى باللييدات السكرية والتي ترتبط بالبروتينات تسمى بالبروتينات السكرية .

### 1- اللييدات

توزيع اللييدات غير المتماثلة في الطبقة الثنائية (طبقات الغشاء البلازمي)

ان المكونات الرئيسية من اللييدات في الغشاء البلازمي هي :-

- 1- اللييدات الفسفورية Phospholipids
- 2- الكوليسترول Cholesterol
- 3- اللييدات السكرية Galacto lipids

وتختلف نسب هذه المواد باختلاف اغشية البلازما حيث ان م 5-20% من اللييدات الفسفورية هي حامضية وتكون سالبة الشحنة ومتلازمة مع بروتينات الغشاء بطريقة التفاعلات المتداخلة للبيد والبروتينات .

يعد التوزيع غير المتجانس للمكونات الكيميائية بين سطحي الغشاء البلازمي من الصفات الأساسية في التنظيم الجزيئي للغشاء البلازمي حيث يكون توزيع وانتشار الليبيدات غير متجانس بين الطبقتين للغشاء وان هذه الخاصية في التوزيع تعد ثابتة ولا يوجد هناك تبادل بين الليبيدات عبر الطبقتين .

## 2- كاربوهيدرات الغشاء

وتكون على اشكال لبيدات سكرية وبروتينات سكرية ويكون انتشارها غير متجانس ايضا" وان جميع الليبيدات السكرية والبروتينات السكرية توجد جميعها مقتصرة على السطح الخارجي للغشاء . وان جميع البروتينات الموجودة عند السطح الخارجي هي من نوع الكلايكوسيلاتيد glycosylated .

## 3- بروتينات الغشاء

تمثل البروتينات المكون الرئيسي والاساسي لاغلب الاغشية البيولوجية فهي تلعب دورا" مهما" ليس فقط في التركيب الميكانيكي للغشاء ولكن ايضا" كناقلات carriers او قنوات نقل فضلا" عن وجود العديد من الانزيمات والمستضدات antigens وانواع عدة من الجزيئات المستقبلية .

صنفت البروتينات الى نوعين رئيسيين نسبة الى درجة مصاحبته للغشاء والطرق التي تذوب بها هذه البروتينات :-

### 1- البروتينات المتداخلة Inegral Proteins

وتشكل نسبة اكثر من 70% من انواع البروتينات ويتطلب طريقة معقدة لعزلها وهي لا تذوب في الماء وتحتاج الى وجود مطهرات حتى تبقى بحالة غير متجمعة ولقد بينت الدراسات ان هذا النوع من البروتينات موجود في عدة اغشية وغير متجانس من ناحية الوزن الجزيئي ومن الامثلة على هذا النوع اغلب الانزيمات المرتبطة بالغشاء والمستضدات ومستقبلات الهرمونات وترتبط هذه البروتينات بالسكريات مكون بروتينات سكرية او بالدهنيات مكونة بروتينات دهنية

2- البروتينات المحيطة :- يمكن عزل هذه البروتينات بسهولة وهي تذوب في محاليل مائية وتكون قخالة من الليبيدات ومن الامثلة على هذا النوع السايتركروم في المايكوكوندريا والسبكتريم في كريات الدم الحمر .

النماذج الجزيئية للغشاء البلازمي :-

### 1- نموذج ثنائي الطبقة الدهنية غير المستمرة

افترض هذا النموذج من قبل العالم دانيال والعالم دافسن عام 1930 م حيث يبين وجود طبقة بروتينية تحيط طبقة الليبيدات الثنائية وان هناك طبقتين من الجزيئات الليبيدية المفسفرة منتظمة بشكل بحيث تتكون نهايات سلاسل الحامض الدهني الكارهة للماء مقابلة بعضها بعضا نحو داخل الغشاء اما الجزء المحب للماء فيكون مواجه للسطوح الخارجية للغشاء ومحاط ببروتين من النوع الكروي .

### 2- نموذج ثنائي الطبقة الدهنية المستمرة :-

افترض هذا النموذج من قبل العالم روبرتسون عام 1959م حيث بين من خلال دراسته لاغشية البلازما تحت المجهر الالكتروني ان هناك ثلاث طبقات يصل سمكها الى حوالي 7,5 نانوميتر فقد اقترح وجود جزيئات بروتينية بثخن طبقة واحدة مفردة مبطنة للسطح الداخلي

والخارجي للطبقة المزدوجة الليبيدية مع بروتين مستمر من نوع B-sheet بدلا من النوع الكروي .

3- نموذج المبرقش (السائل) للغشاء البلازمي :-

ويعد من اهم النماذج واكثرها قبولا حيث اقترح من قبل العالم سنكر ونكلسون عام 1972م وقد شملت اقتراحتهما الامور التالية :-

أ- ان اللييدات والبروتينات الداخلية تترتب على شكل تنظيم مبرقش .

ب- ان الاغشية البايولوجية شبه سائلة في تراكيها التي فيها كل من اللييدات والبروتينات الداخلية قادرة على انجاز الحركة الانتقالية داخليا ضمن الطبقة الثنائية ومفهوم السيولة يجعلنا نعتقد ان المكونات الرئيسية للغشاء محجوزة في مكان واحد بطريقة التفاعلات المتداخلة دون تكون الاصرة التساهمية .

في النموذج المبرقش السائل تكون البروتينات الداخلية للغشاء متصلة بمسافة كبيرة او صغيرة في طبقتي اللييد المستمرة ويعتمد هذا التنظيم على اساس ان هذه البروتينات الداخلية امفوتيرية ( وان مصطلح الامفوتيري يعود الى وجود المجاميع المحبة والكارهة للماء داخل نفس الجزيئات وان هذه الجزيئات الامفوتيرية تنشئ من التجمع البلوري السائل الت يفيها المجاميع القطبية تتجه مباشرة الى جهة الماء والمجاميع الغير قطبية تقع داخل الطبقة الثنائية ) مع المواقع القطبية التي تكون بارزة من السطح ومع المواقع الغير قطبية المطمورة في المجاميع غير المحبة للماء داخل الغشاء

هذا النوع من التنظيم يوضح لنا سبب وجود مواقع فعالة للانزيمات المختلفة والمضادات والبروتينات السكرية مكشوفة للسطح الخارجي من الغشاء وقد ادركنا جيدا ان البروتين ذو الحجم المناسب او ان مجموعة من الوحدات الثانوية البروتينية نمر عبر الغشاء السليم تسمى بالبروتينات عابرة الغشاء مثل هذه الحواجز البروتينية يجب ان تكون في تلامس مع المذيبات المائية على جانبي الغشاء .

لقد دعم نموذج المبرقش السائل عن طريق استعمال تقنيات الاجزاء المجمدة في خلايا كريات الدم الحمراء وخلايا اخرى مشابهة للخلايا الحمراء حيث تظهر اعداد كبير من الجزيئات بقطر حوالي 8 نانوميتر التي تفسر كبروتينات مطمورة داخل خطوط منقسمة او منشقة التي تعبر خلال طبقة اللييد الثنائية الموجودة في الوسط .

## التحويرات المختلفة للغشاء البلازمي

يظهر الغشاء البلازمي عدد كبيرا من التحويرات في مختلف الانسجة وبالاخص خلايا الانسجة الطلائية حيث تظهر اغلب هذه التحويرات مقارنة بخلايا النسيج الضام الذي يظهر تحويرات اقل . اهم هذه التحويرات :-

1- **معقد اللصق Adhesion Comlex**:- يوجد هذا المعقد بصورة عامة في نهايات القمة للخلايا المتجاورة وخاصة بالخلايا الطلائية لكثير من الغدد ويتألف هذا المعقد من ثلاث اجزاء باتجاه قمي قاعدي وهي

أ- المنطقة المحكمة

ب- المنطقة اللاصقة .

ت- الجسم اللاصق .

2- **الربط او الارتباط الفاصلي Nexus or Gap Junction**:- يحدث هذا التحور في الاغشية البلازمية الجانبية للخلايا ويوجد بشكل رئيسي في الانسجة الطلائية كما في الكبد وفي العضلات الملساء والقلبية وفي خلايا بعض اللافقرات كما في المحار وبرغوث الماء ويعرف بالربط او الارتباط الفاصلي ففي الاتصال الفجوي تكون الاغشية المتقابلة متقاربة جدا من بعضها ولكنها في الواقع ليست متلامسة اذ تحتفظ بفسحة تبلغ 20 انكيستيروم .

3- الزغبيات (او الخملات الدقيقة ) Microvilli

4- الاهداب . Cilia

## النشاط الوظيفي للغشاء البلازمي

ان وظيفة غشاء الخلية هو تنظيم مجرى المواد الى داخل وخارج الخلية ويعتمد هذا التنظيم على نفاذية الغشاء حيث ان هذا الغشاء يسمح بحركة الاجسام الصغيرة خاصة لذلك نرى ان الماء يمر بسهولة الى داخل وخارج الخلية بينما لايسمح بمرور الجزيئات الكبيرة من خلاله ومع ذلك نلاحظ ان بعض الجزيئات الكبيرة لها القابلية على اختراق الغشاء في وقت محد من عمر الخلية وعلى هذا الاساس يمكن وصف الغشاء البلازمي بانه ذلك الغشاء الذي يختار الاجسام لتنفذ خلاله ويكون غير ثابت من الناحية النفاذية . ومن الجزيئات التي يكون لها وزن جزيئي عالي وتدخل الى الخلية من خلال الغشاء البلازمي هذ الرايبونيوكلبيز (الوزن الجزيئي لها 13000) والبروتامين والهستونات ذات الوزن الجزيئي بين 2000-10000 هناك ثلاث طرق عامة تعبر بواسطتها المواد الحواجز الغشائية :-

اولا- **طريقة هضم الاجسام الكبيرة والمذابة التي تحدث بواسطة تكوين اكياس مختلفة ويمكن تصنيفها من الناحية السايولوجية الى :-**

1- الادخال الخلوي Encytosis

يتم اخذ الاجسام الى داخل الخلية عن طريق الغشاء البلازمي بعدة طرق هي :-

أ- **الالتهام الخلوي او (البلعمة ) Phagocytosis** :- ويعرف انه هضم الاجسام الصلبة في الخلية بواسطة الفعالية الطبيعية لغشاء البلازما . هذه الظاهرة يمكن تبسيطها كما في الاميبا , حيث تعمل على مد اقدام كاذبة حول الدقائق المطلوب هضمها ثم تدخل هذه الدقائق في داخل الخلية وتتكون فجوة كبيرة نسبيا تنطلق الى داخل الخلية . وهناك مثال اخر هو عمل بعض خلايا الدم البيضاء حيث يكون مشابها لعمل الاميبا ومهم جدا لوقوف

الجسم ضد المواد الغريبة ان كريات الدم البيضاء leucocytes لها القابلية لهضم البكتريا بواسطة الاكياس الملتهمة . وكذلك فضلات الخلية والاجسام الكبيرة اخرى .

ب- الشرب الخلوي Pinocytosis :- وهو ادخال المواد السائلة الى داخل الخلية بطريقة شبيهة بالطريقة الاولى (البلمعة) وقد يدخل البروتين بهذه الطريقة ايضا حيث تمتز المواد Adsorbed عند سطح البلازما ثم يحدث لف داخلي Infolding للغشاء ناتج تكوين كيس يحتوي على دقيقة بعدها تتحرر المواد بطريقة من الكيس الى داخل الخلية وان الغشاء الذي كان محيطا بالدقائق قد يصبح جزءا من الشبكة الاندوبلازمية ويمكن تلخيص العملية وذلك بتكوين اصابع غشائية خارجية تنحني الى الخلف لتلتحم في النهاية بغشاء الخلية مرة ثانية مكونة فجوة غذائية تحتوي بداخلها على المواد الغذائية .

## 2- النبذ الخلوي :- Eccytosis

يمكن تقسيم هذه العملية شانها شان عملية الادخال الخلوي الى عدة اقسام هي :-

أ- الافراز الكلي Holocrine Secretion :- تتضمن هذه العملية امتلاء الخلية بالناتج الافرازي وتحرر الخلية بأكملها كجسم افرازي ثم تضمحل الخلية محررة محتوياتها لم يتم فحص هذا النوع من الافراز بالمجهر الالكتروني مثال على ذلك الغدد الدهنية لجلد اللبائن .

ب- الافراز الجزئي :- Eccrine Secretion :- هذا الافراز يكون عكس النوع السابق حيث تبدأ العملية ببناء البروتينات السكرية بواسطة الشبكة الاندوبلازمية المحببة ثم ترزم بهيئة اجسام محددة باغشية ثم تتحرر محتوياتها داخل تجويف بواسطة التحام الغشاء الموجود حول الجسم للغشاء الخلوي وتنتج هذه العملية انخفاضات مؤقتة تنشا عند سطح الخلية وفي حالة الافراز الشديد ينشا خيط من فجوات مرتبطة مع بعضها البعض وبهذه الوسائل ينبذ الافراز الى الخارج ومثال على هذا النوع هي الغدد ذات الافراز الخارجي والداخلي مثل البنكرياس والخلايا الامامية للغدة النخامية وخلايا الغدة الدرقية ان التحام غشاء الجسم الافرازي بالغشاء البلازمي يؤدي الى ان يصبح الغشاء الاول جزءا من الغشاء الثاني فان دقائق الخزن وجدت في المجال البين خلوي .

3- الافراز القمي ( Apocrine Secretion ) :- يحدث مثل هذا الافراز في الغدد تحت الفكية للارنب وقد لوحظت عمليات مختلفة من الافراز حيث يندمج التجويف السطحي للخلية الى الخارج ليكون بروزات واشكال كروية متصلة بالخلية بواسطة سويق رفيع بعدها تتكون طبقة كثيفة من السائتوبلازم على عرض الساق وتفصل تدريجيا الجسم المخزون ويصبح طليق في التجويف تحدث هذه العملية في الغدد اللبنية حيث يكون الانتاج الاول من الحليب من نوع الافراز الجزئي .

4- الافراز الثنائي Diacrine Secretion :- في الافراز الثنائي وفي بعض الاحيان يدعى بالنفوذ عبر الغشائي حيث تتكون اجسام افرازية محاطة باغشية كما في الافراز الجزئي ولكن بدلا من تحررها بالتحامها بالغشاء البلازمي فان الناتج الافرازي اما ان ينتشر اولا عبر غشاء الجسم الافرازي بعدها يعبر الغشاء البلازمي او تنتشر اجزاء غشاء الجسم الافرازي والافراز المتحرر عبر السائتوبلازم القمي وغشاء البلازما ولا تتضمن هذه العملية زيادة في سطح الخلية وهذا الافراز يبدو نادر الحدوث نسبيا .

## ثانيا :- الطرائق الفسلجية لمرور المواد خلال الاغشية

## 1- الانتشار الحر Free Diffusion

طبقا للبراهين والادلة الكثيرة تتحرك عدة مواد خلال الاغشية باسلوب الانتشار الحر حيث تتناسب نسبة هذا الانتشار مع نسبة ذوبان تلك المواد في الليبد ويستثنى الماء من هذه القاعدة وذلك لان الجزيئات تنتشر بحرية خلال الغشاء بانتظام وبسرعة معينة حيث اقترح ان الاغشية تحتوي على ثقب بسعة (8-10) انكستروم تبطن بجزيئات محبة للماء ان مثل هذه الثقب تكون ذات سعة كافية لدخول جزيئات الماء ولكن تلاقي جزيئات اخرى صعوبة للدخول من خلالها .

## 2- الانتشار الميسر واليات النقل Facilitated Diffusion and Carrier Mechanismes

تدخل وتخرج الكثير من المواد الايضية التي لا تذوب بالدهون (كالكسريات والاحماض الامينية ) الخلية او عضياتها من خلال عمليات تتطلب ارتباطات معكوسة مع بروتينات الغشاء وتتم هذه العملية بواسطة تراكيب تدعى بالنواقل Carriers وهي بروتينات في طبيعتها حيث تكون جزءا من تركيب الغشاء وتعد متخصصة . ولقد افترض وجود موقع ارتباط خاص في كل ناقل الذي يكون مسؤولا عن ربط نوع معين من الجزيئات فبعد ان تنتقل الجزيئة المرتبطة بالناقل الى الجانب الثاني من الغشاء فان الناقل يتحرر وقد يعيد الكرة ليساعد جزيئات اخرى على العبور . ان الذوبان النسبي للمواد الايضية في الدهون غير معنوي ولهذا فان تفاعلها يكون مع البروتين وليس مع جزيئات الدهون الموجودة في الغشاء كما ويدعى قسم النواقل ب-Permeases وذلك لتشابهها بالانزيمات في بعض الصفات وتعمل هذه النواقل على تعجيل النقل وتمنح الخصوصية الاختيارية للنقل او المرور وتكون هذه الخواص متشابهة مع الانزيم ولكن ال-Permeases والنواقل الاخرى تختلف في جانب مهم جدا عن الانزيمات فال-Permeases قد تغير نقطة التعادل للتفاعل الكيميائي بينما الانزيمات تغير فقط النسبة التي عندها يصل التعادل لكن لا تغير نقطة التعادل نفسها

تساعد ال Permeases الجزيئات على عبور الغشاء بطريقتين :-

- 1- بالاتجاه الاعتيادي للانحدار التركيزي اي من التركيز العالي الى التركيز الواطيء بالنسبة للمواد الايضية .
- 2- ضد الاتجاه الاعتيادي وهنا يتطلب وجود ناقلين يساعدان على موازنة او تنظيم اليات النقل وهما :-
  - أ- الناقل الاول الذي يساعد في عملية النقل الفعال حيث يحتاج طاقة بعكس الانحدار التدريجي .
  - ب- الناقل الثاني وهو الذي يساعد على الانتشار الميسر .

سهولة عملية الانتشار ذلك بسبب كون الجزيئات لا تستطيع اختراق الاغشية الناضحة اختياريا بحركة الانتشار الحرة اما في النقل الفعال فتستطيع المادة بالاستمرار بالتجمع في المناطق التي يوجد فيها تركيز عالي فقط اذا كانت الطاقة الناتجة من العمليات الايضية تجهز باستمرار لجهاز النقل .

توجد هنا دلائل بان تنظيم النقل في الاغشية بواسطة Permeases تعتمد على كمية البروتين الناقل وانواع النواقل المنتجة ومعدل فاعلية الناقل ., في هذه الحالة يشبه تنظيم النقل تنظيم العمليات الايضية بواسطة الانزيمات .

## ثالثا:- النقل الفعال والضخ الايوني



تستطيع الخلايا تجميع المواد بكميات زيادة عن المتوقعة بثلاث طرق على الأقل :-

- 1- طريقة ترسيب المواد من المحلول عندما تكون في داخل الخلية حيث تختزل بفعالية تركيز المذاب في الماء .
- 2- طريقة تغيير الجزيئات كيميائيا بعد ان تدخل خلال الغشاء وهكذا يكون اختزال تركيز الجزيئة الخاصة المطلوبة في الانحدار التركيبي .
- 3- طريقة النقل للمواد الايضية التي يمكن ان تزود مباشرة بتفاعل ثاني الذي يكون مميزا من ناحية الطاقة لتسيير تفاعل النقل بعكس الانحدار التركيبي .  
ان النقل الفعال يقود الى التجمع المستمر للمواد في المنطقة التي يحدث فيها تركيز عالي لهذه المواد .

احد الافكار الموحدة التي بدأت تتبلور في السنوات الاخيرة توضح عملية النقل الفعال على اساس عمل المضخة Pumping Actions ويجهز الضخ الفعال لاحد المواد خارج الخلية القوة الميسرة للنقل الفعال للمواد الاخرى الى الداخل ان عملية الضخ تكون اقتصادية او عملية كما وانها تكون نظاما بسيطا ولهذا فان لحركة المواد الى الخارج لنوع واحد من المواد تساعد لتسيير كثير من المواد الايضية الى الداخل . ان المواد المذابة التي تضخ الى داخل الخلية هي (ايونات البوتاسيوم والسكريات والاحماض الامينية) .

ان القوة الدافعة (الميسرة للنقل) الى الداخل يعتقد انها التدرج لايون الصوديوم عبر الغشاء الخلوي وهذه تخلق (القوة الدافعة للنقل الفعال لايون الصوديوم) الذي يضخ خارج الخلية . ان التركيز الخارجي لايون الصوديوم يبقى عاليا وفي الداخل يبقى واطى كلما استمر ايون الصوديوم بالانتقال خارج الخلية ان الطاقة المطلوبة لضخ ايون الصوديوم خارج الخلية تجهز بواسطة ATP (Adenosine Triphosphate) التي تحلل بواسطة انزيم ATPase المحفز بايون المغنيسيوم ويعتقد بان هذا الانزيم يقع في الغشاء الخلوي ان هذا الضخ يعمل في الخلايا الحيوانية ولكن لا يبدو انه صفة للخلايا النباتية او البكتيرية حيث ان كلا النوعين من الخلايا لا يحتاجان الى ايونات الصوديوم للقيام بالعمليات الايضية ان ضخ ايون الهيدروجين يكون فعالا في الخلايا البكتيرية اما عملية الضخ في الخلايا النباتية فهي ليست مفهومة بشكل كامل لحد الان هناك نوعان مميزان من ضخ ايونات الصوديوم بالنسبة للخلايا الحيوانية :-

النوع الاول - يبين ان ضخ ايونات الصوديوم الى الخارج مرتبط بقوة مع انتقال ايونات البوتاسيوم الى الداخل وهكذا فان ايونات الصوديوم وايون البوتاسيوم يتبادل بطريقة اجبارية Compulsory Way .

ويدعى هذا النوع من ضخ ايون الصوديوم بالضخ المتبادل للصوديوم / بوتاسيوم او الضخ المتبادل المزدوج Sodium- Pottasium Exchange Pump Or The COUPLED- Neutral Pump ان الانتقال الى داخل الخلية لايون البوتاسيوم لا يرافقه بالضرورة خروج ايونات الصوديوم في عملية ضخ الصوديوم المولدة للالكترونات وهذا هو النوع الثاني والذي يسمى بضخ التولد الالكتروني Elechogenic 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 البوتاسيوم الذي يعوض النقص في الصوديوم (او الهيدروجين H) في البكتريا وهو من الادلة العملية لضخ التولد الالكتروني هناك عمليتان حيويتان تتطلبان تركيزا عالي من ايون البوتاسيوم الاولى عملية تخليق البروتين على الرايبوسومات والثانية هي الخطوات الانزيمية المهمة في عملية تحلل الكلوكوز وغالبا ما يتوازن التركيز الداخلي العالي من ايون البوتاسيوم بفقدان بعض الايونات الموجبة مثل الصوديوم او الهيدروجين او ان تكون هناك زيادة في الابتلاع التي تسبب انفجار الخلية وبذلك احداث حالة من الضغط الاوزموزي الداخلي العالي .

والنقل الفعال للاحماض الامينية الى داخل الخلية هو نتيجة اخرى لفعل الضخ الايوني للصوديوم . ان خروج الصوديوم من الخلية يولد جهدا داخليا واطنا وخارجيا عاليا لتركيز الصوديوم والطاقة الملازمة لهذا الجهد يعتقد انها تدعم القوة الدافعة لانتقال الاحماض الامينية الى الخلية .

اما جهد الصوديوم نفسه فيتكون على حساب ATP . هناك انظمة بروتينية انزيمية متخصصة تساعد الاحماض الامينية من عبور الغشاء الخلوي بعملية النقل الفعال .

**المصادر :**

1- **Dakram dia shkara** و **مكرم ضياء شكارا / علم الخلية / 2000**

2- **د.علي محمد عبدالله / الخلية والانسان / 2013**

3- **عباس حسين مغير / علم حياة الخلية / 2012**

م. د. هبة الله عادل الحمدي