

Biology

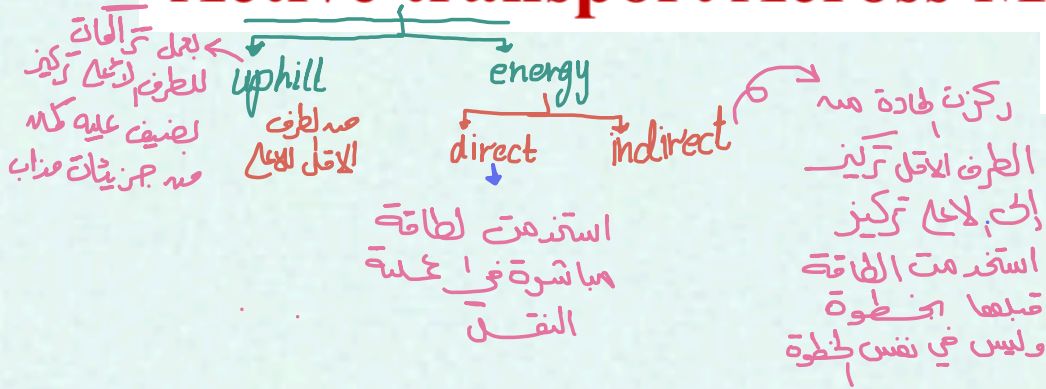
Lecture 18

*This is the last lecture. 🥹 I am deeply grateful for your presence.
Working for you was truly enjoyable, despite the effort it required.
Please keep me in your prayers and wish me success. 💖*

By/ S.M.S.M

Active transport Across Membranes

النقل النشط عبر الأغشية



- **Active transport uses energy** (typically from ATP) to move solutes across a cell membrane against their gradients (**uphill**).

- يستخدم النقل النشط الطاقة (عادةً من ATP) لتحريك المذابات عبر غشاء الخلية عكس تدرجاتها.

Active transport is described as **pumping** a solute across a membrane against its gradient where the cell must expend energy. The use of **energy** from ATP in active transport may be **direct (primary active transport)** or **indirect (secondary active transport)**.

- يوصف النقل النشط بأنه ضخ المذاب عبر الغشاء عكس تدرجه حيث يجب على الخلية استهلاك طاقة. قد يكون استخدام الطاقة من ATP في النقل النشط مباشراً (نقل نشط أولي) أو غير مباشر (نقل نشط ثانوي).

يختلف عن البروتينات الحاملة ← **very selective** ← يرتبط مع هذا الجزيء أو الأيون ولا يرتبط مع الآخر (مواقع ارتباط محددة) فقط ← لا يوصل جدار channel مثل الانتشار الحاصل

- Active transport involves **highly selective protein carriers, not channels**, within the membrane that bind to the transported substance, which could be an ion or a simple molecule, such as a sugar, an amino acid, or a nucleotide. If the carrier protein transport **a single type** of molecule, these carrier proteins are called **uniporters**

- يتضمن النقل النشط ناقلات بروتينية عالية الاختيارية، وليس قنوات، داخل الغشاء ترتبط بالمادة المنقولة، والتي قد تكون أيوناً أو جزيئاً بسيطاً، مثل السكر أو الحمض الأميني أو النوكليوتيد. إذا كان البروتين الناقل ينقل نوعاً واحداً من الجزيئات، تسمى هذه البروتينات الناقل أحادية النقل (uniporters).

- If the carrier protein transport **two different molecules together**, these carrier proteins are called **symporters or antiporters**

- Symporters** transport two molecules in **the same direction**, and
- antiporters** transport two molecules in **opposite directions**.

- إذا كان البروتين الناقل ينقل جزيئين مختلفين معاً، تسمى هذه البروتينات الناقلة **متزامنة النقل** (symporters) أو **متعاكسة النقل** (antiporters).
 - الناقلات المتزامنة تنقل جزيئين في نفس الاتجاه.
 - الناقلات المتعاكسة تنقل جزيئين في اتجاهين متعاكسين.

من الداخل إلى الخارج
من الخارج إلى الداخل

الطبيعي اني تنقل إلى خارج الخلية لانه انا هنا بدي اراكم

انا عندي سكرور كثير داخول الخلية بس انا بدي ادخل أكثر (اراكم أكثر) اذنه هحتاج

- Active transport** enables a cell to take up additional molecules of a substance that is already present in its cytoplasm in concentrations higher than in the extracellular fluid. Active transport also enables a cell to move substances out of its cytoplasm and into the extracellular fluid, despite higher external concentrations.

- يمكن النقل النشط الخلية من امتصاص جزيئات إضافية من مادة موجودة بالفعل في سيتوبلازمها بتركيزات أعلى مما هي عليه في السائل خارج الخلية. كما يمكن النقل النشط الخلية من إخراج المواد من سيتوبلازمها إلى السائل خارج الخلية، على الرغم من التركيزات الخارجية الأعلى.

The Na⁺ / K⁺ pump works directly on ATP

مثال على النقل النشط

مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (Na⁺/K⁺ pump) تعمل مباشرة على ATP

- More than **one-third** of all of the **energy expended** by non-dividing an animal cell is used in the **active transport of Na⁺/K⁺ ions**.

لأنه لازم دائماً يحافظ على electrochemical gradient.

تركيز Na⁺ مرتفع خارج الخلية
تركيز K⁺ مرتفع داخل الخلية

- يتم استهلاك أكثر من ثلث الطاقة التي تبذلها الخلية الحيوانية غير المنقسمة في النقل النشط لأيونات Na⁺/K⁺.

يعني تركيز مرتفع خارج الخلية

- Most animal cells have a **low internal concentration of Na⁺**, relative to their surroundings, and a **high internal concentration of K⁺**.

- معظم الخلايا الحيوانية لديها تركيز داخلي منخفض من Na⁺ مقارنة بمحيطها، وتركيز داخلي مرتفع من K⁺.

- Animal cells maintain these concentration differences or gradients by actively pumping three Na⁺ out and two K⁺ in, generating **electrochemical gradient**.

- تحافظ الخلايا الحيوانية على فروق التركيز هذه عن طريق ضخ ثلاثة أيونات Na⁺ للخارج وأيونين K⁺ للداخل بشكل نشط، مما يولد تدرجاً كهروكيميائياً.

- These gradients of Na⁺ and K⁺ are important in the creation of an **electrical potential across the membrane (action potential)**, critical to the function of nerve cells.

لا يتم إلا أنه خلال عمل مضخة Na⁺/K⁺

- هذه التدرجات لـ Na⁺ و K⁺ مهمة في خلق جهد كهربائي عبر الغشاء (جهد الفعل)، وهو أمر بالغ الأهمية لوظيفة الخلايا العصبية.

electrical

chemical gradient.

بطلع 3 شحنات موجبة (Na⁺) وببطل 2 (K⁺)

راكم K⁺ في الداخل أكثر
و Na⁺ في الخارج أكثر

مبدونه لا تعمل
الخلايا العصبية
ولا تنقل أي إشارات
من الخارج

- The **carrier protein** that transports these two ions across the cell membrane is known as the **sodium–potassium pump** (Na^+/K^+ pump). This carrier protein uses **ATP** to move these two ions.
- يُعرف البروتين الناقل الذي ينقل هذين الأيونين عبر غشاء الخلية باسم **مضخة الصوديوم والبوتاسيوم**. يستخدم هذا البروتين الناقل ATP لتحريك هذين الأيونين.
- In Na^+/K^+ pump, the energy is used to **change the conformation** of the carrier protein, which **changes its affinity** for either Na^+ ions or K^+ ions.
- في مضخة Na^+/K^+ ، تُستخدم الطاقة لتغيير شكل البروتين الناقل، مما يغير تقاربه (affinity) لأيونات Na^+ أو أيونات K^+ .
- The Na^+/K^+ pump works through series of **conformational changes** in the transmembrane protein
- تعمل مضخة Na^+/K^+ من خلال سلسلة من التغييرات الشكلية في البروتين العابر للغشاء.

The Na⁺ / K⁺ pump works directly on ATP

آلية عمل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم

- **Step 1.** With sodium-potassium pump opens inward, one ATP molecule is attached (not phosphorylated) **three Cytoplasmic Na⁺ bind** with high affinity to the cytoplasmic side of the pump protein .

• **الخطوة 1:** مع انفتاح مضخة الصوديوم والبوتاسيوم للداخل، يرتبط جزيء ATP واحد (دون فسفرة) وترتبط ثلاثة أيونات Na⁺ من السيتوبلازم بتقارب عالٍ بالجانب السيتوبلازمي لبروتين المضخة.

- **Step 2.** Binding of 3 Na⁺ ions **stimulates phosphorylation** (ATP is hydrolyzed to ADP, transferring a phosphate to the pump), the pump protein is now phosphorylated.

• **الخطوة 2:** يحفز ارتباط 3 أيونات Na⁺ عملية الفسفرة (يتم تحلل ATP إلى ADP، ونقل مجموعة فوسفات إلى المضخة)، وبذلك يصبح بروتين المضخة مفسفراً.

- **Step 3.** Phosphorylation leads to a **change in protein shape (opens outward)**, exposing the three Na⁺ to the outside. In this conformation (opens outward), the pump has a **low affinity for Na⁺**, allowing the three bound Na⁺ ions to be released into the extracellular fluid (outward).

• **الخطوة 3:** تؤدي الفسفرة إلى تغيير في شكل البروتين (ينفتح للخارج)، مما يعرض أيونات Na⁺ الثلاثة للخارج. في هذا الشكل، يكون للمضخة تقارب منخفض لـ Na⁺، مما يسمح بإطلاق أيونات Na⁺ الثلاثة المرتبطة في السائل خارج الخلية.

- **Step 4.** The phosphorylated protein that **opening outside has a high affinity for K^+** , so after the release of the $3 Na^+$, two K^+ bind to the extracellular side of the pump

• **الخطوة 4:** البروتين المفسفر الذي يفتح للخارج لديه تقارب عالٍ لـ K^+ ، لذا بعد إطلاق $3 Na^+$ ، يرتبط أيونان K^+ بالجانب خارج الخلية للمضخة.

- **Step 5.** The binding of the K^+ **triggers dephosphorylation** (the release of the phosphate group), and a conformational change back to the binding pocket facing the cytoplasm (opens inward).

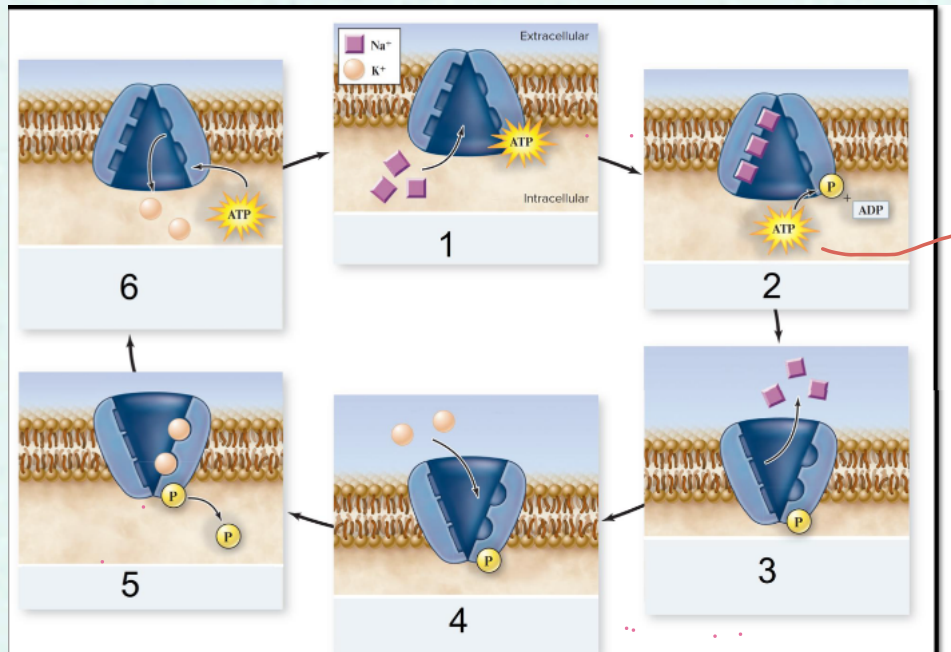
• **الخطوة 5:** يؤدي ارتباط K^+ إلى إطلاق مجموعة الفوسفات (dephosphorylation)، وتغيير شكلي يعيد جيب الارتباط لمواجهة السيتوبلازم (ينفتح للداخل).

- **Step 6.** dephosphorylation **restores the protein's original shape**, which has a **lower affinity for K^+** , so the two K^+ are released inward , and again the pump returning to a state with a low affinity for K^+ and **high affinity for Na^+** and three new Na^+ can bind to initiate another cycle.

• **الخطوة 6:** تستعيد عملية إزالة الفوسفات الشكل الأصلي للبروتين، والذي يكون له تقارب أقل لـ K^+ ، لذا يتم إطلاق أيوني K^+ للداخل، وتعود المضخة مرة أخرى إلى حالة ذات تقارب منخفض لـ K^+ وتقارب عالٍ لـ Na^+ لتبدأ دورة أخرى.

- In every cycle, **one ATP is utilized**, three Na^+ leave the cell and two K^+ enter.

• في كل دورة، يتم استهلاك جزيء ATP واحد، ويخرج ثلاثة Na^+ من الخلية ويدخل اثنان K^+ .



استخدام ATP
مباشرة
على المضخة

* المخلوون فهمه عن مضخة صوديوم - بوتاسيوم

carrier protein. ← جزء خاص بارتباط Na^+ (3 مواقع) highly selective (ما بينفخ يبدوا الجحاشه)
← جزء خاص بارتباط K^+ (2 موقع)



في هذا الوضع high affinity Na^+

يخرج الصوديوم من داخل الخلية الى خارجها عكس تدرج التركيز

أي ترتبط بمواقع الارتباط ال 3 على البروتين الجاهل. في البررة بواسطة

1 ATP مستهلك

2 K^+ ادخل 3 Na^+ اخراج

generating electrochemical gradient

عجز الارتباط ← phosphorylated protein

تتحلل ATP → ADP + P_i فوسفات

تتحلل الفوسفات ← هينغ شكلها (3D)

تفتح لتخرج

low affinity Na^+

high affinity K^+

(مواقع ارتباط K^+ ال 2 ال 3 Na^+ اصغر). تخرج بصوديوم الى خارج الخلية



ترتبط 2 K^+ ← dephosphorylated ← تفقد المضخة الفوسفات الذي عليها بعد ارتباط K^+

هينغ شكلها (3D)

تفتح لداخل

low affinity K^+

high affinity Na^+

(شكلها الأساسي)

يتحرك الى داخل الخلية

Coupled transport: active transport uses ATP indirectly

النقل المقترن (Coupled transport): النقل النشط يستخدم ATP بشكل غير مباشر

- Some molecules are **moved against their concentration gradient** by using the **potential energy stored** in a gradient of a different molecule, this process, called ***coupled transport (cotransport and countertransport)***

• يتم تحريك بعض الجزيئات عكس تدرج تركيزها باستخدام الطاقة الكامنة المخزنة في تدرج جزيء مختلف، وتسمى هذه العملية **بالنقل المقترن** (النقل المشترك والنقل المضاد).

- In a mechanism called **cotransport**, a transport protein (a **cotransporter**) can **couple** the “downhill” transport of the solute to the “uphill” transport of a second substance against its own concentration gradient.

• في آلية تسمى **النقل المشترك** (cotransport)، يمكن لبروتين ناقل أن يقرن النقل “المنحدر” (تلقائي) للمذاب بالنقل “الصاعد” (عكس التدرج) لمادة ثانية.

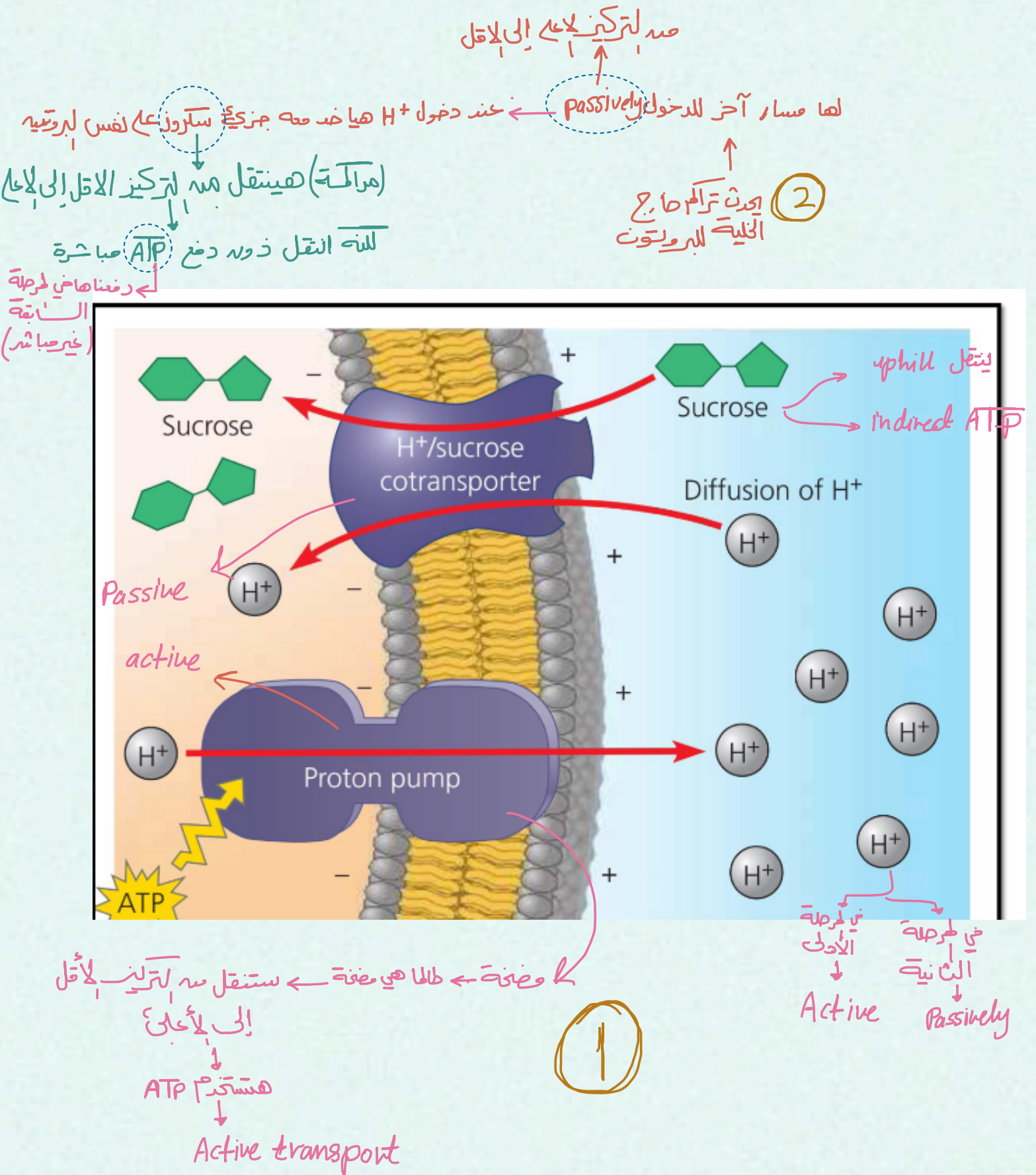
- e.g a plant cell **uses the gradient of H^+** generated by its ATP-powered proton pumps to **drive an uphill transport of amino acids, sugars, and several other nutrients into the cell.**

• مثال: تستخدم الخلية النباتية تدرج H^+ الناتج عن مضخات البروتون التي تعمل بـ ATP لدفع النقل الصاعد للأحماض الأمينية والسكريات والعديد من العناصر الغذائية الأخرى إلى داخل الخلية.

- A cotransporter couples the return of H^+ to the transport of sucrose into the cell. This protein can **translocate sucrose into the cell against its concentration gradient**, but only if the sucrose molecule travels in the company of an H^+ . (H^+ /sucrose cotransport)

- يقرن الناقل المشترك عودة H^+ بنقل السكروز إلى داخل الخلية. يمكن لهذا البروتين نقل السكروز إلى داخل الخلية عكس تدرج تركيزه، ولكن فقط إذا انتقل جزيء السكروز برفقة H^+ .

Cotransport: Plant H^+ /sucrose cotransport



Cotransport and countertransport

النقل المشترك والنقل المضاد (Cotransport and countertransport)

- **A cotransporter in animals** is the intestinal cells **Na⁺/glucose transport**. Na⁺ is moving down its concentration gradient into the cell.

• من أمثلة النقل المشترك في الحيوانات نقل Na⁺/الجلوكوز في الخلايا المعوية. يتحرك Na⁺ مع تدرج تركيزه إلى داخل الخلية.

- The active glucose transporter uses the **Na⁺ gradient produced by the Na⁺/K⁺ pump** as a source of potential energy to power the movement of glucose into the cell. In this system, **both glucose and Na⁺ bind to the transport protein**, which allows Na⁺ to pass into the cell down its concentration gradient, and move glucose into the cell. In this kind of cotransport, both molecules **are moving in the same direction** across the membrane; therefore the transporter is a **symporter**.

• يستخدم ناقل الجلوكوز النشط تدرج Na⁺ الناتج عن مضخة Na⁺/K⁺ كمصدر للطاقة الكامنة لتشغيل حركة الجلوكوز إلى داخل الخلية. في هذا النظام، يرتبط كل من الجلوكوز و Na⁺ ببروتين النقل، مما يسمح لـ Na⁺ بالمرور إلى داخل الخلية مع تدرج تركيزه، وتحريك الجلوكوز إلى داخل الخلية. في هذا النوع من النقل المشترك، يتحرك كلا الجزيئين في نفس الاتجاه عبر الغشاء؛ وبالتالي فإن الناقل هو **ناقل متزامن (symporter)**.

- Sometimes, the **inward movement of Na⁺** is coupled with the **outward movement** of another substance, such as Ca²⁺ or H⁺, this is called **countertransport** where both Na⁺ and the other substance (e.g Ca²⁺) bind to the same transport protein (**antiporter**) because the two substances bind on **opposite sides** of the membrane and are moved in **opposite directions**.

• أحياناً، يقترن دخول Na⁺ للداخل مع خروج مادة أخرى للخارج، مثل Ca²⁺ أو H⁺، ويسمى هذا **بالنقل المضاد (countertransport)** حيث يرتبط كل من Na⁺ والمادة الأخرى بنفس بروتين النقل (**ناقل متعاكس - antiporter**) لأن المادتين ترتبطان على جانبيين متقابلين من الغشاء وتتحركان في اتجاهين متعاكسين.

- In **countertransport**, the cell uses the potential energy in the concentration gradient of Na^+ while moves downhill into the cell to **eject/expel** another substance (Ca^{2+}) against its concentration gradient.

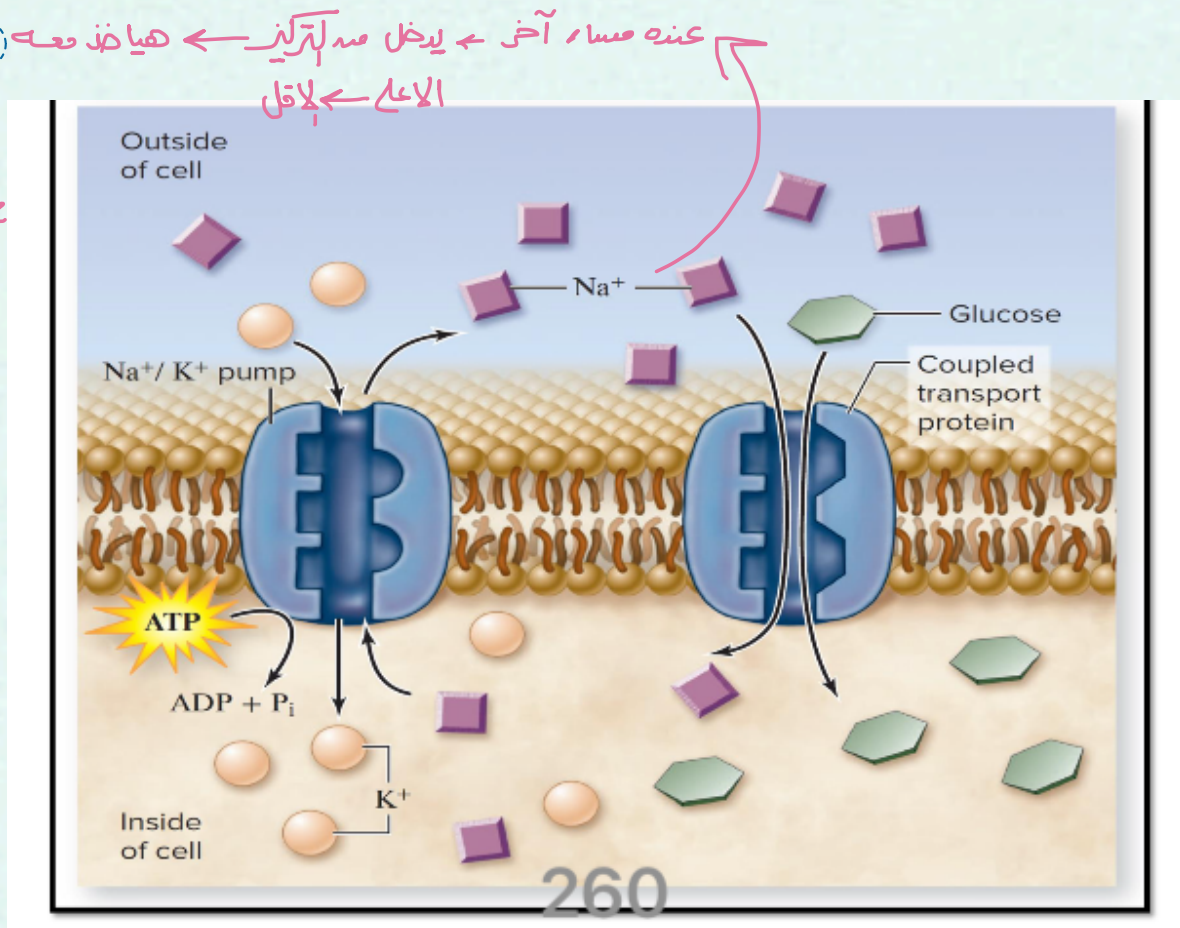
• في النقل المضاد، تستخدم الخلية الطاقة الكامنة في تدرج تركيز Na^+ أثناء تحركه للداخل لطرد مادة أخرى (Ca^{2+}) عكس تدرج تركيزها.

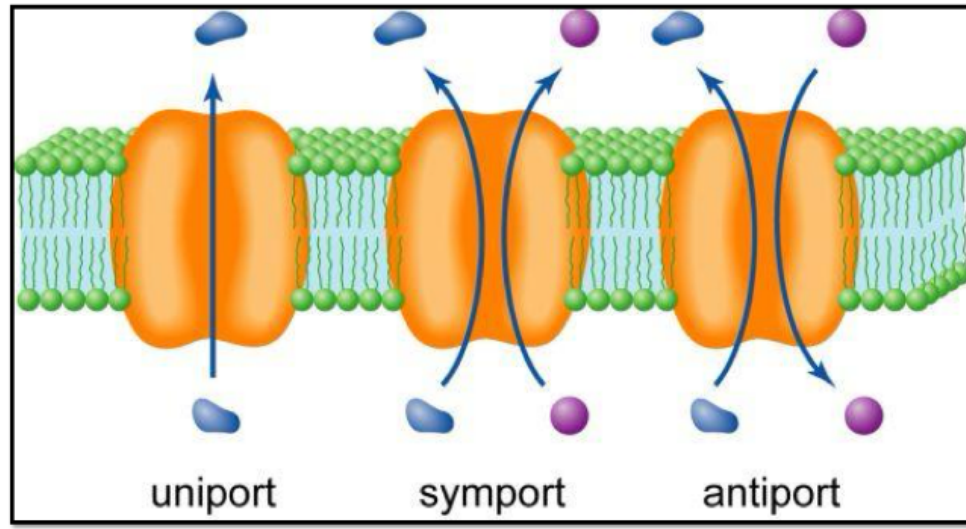
- In both **cotransport and countertransport**, the potential energy in the concentration gradient of one molecule is used to transport another molecule against its concentration gradient. **They differ only** in the **direction** in which the second molecule moves relative to the first.

• في كل من النقل المشترك والنقل المضاد، تُستخدم الطاقة الكامنة في تدرج تركيز جزيء واحد لنقل جزيء آخر عكس تدرج تركيزه. يختلفان فقط في الاتجاه الذي يتحرك فيه الجزيء الثاني بالنسبة للأول.

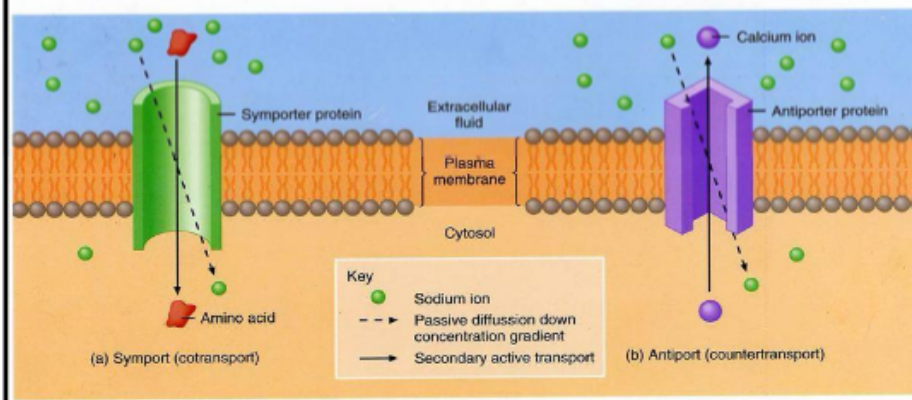
Cotransport: animal Na⁺/glucose cotransport

حلوكوز
 indirect uphill
 غير مباشرة
 Active
 ال ATP
 استقرقه في
 المرحلة لابقة





indirect
Secondary Active Transport
 -Co-transport
 -Counter transport



Bulk transport: exocytosis & endocytosis

نقل كمية كبيرة
من جزيئات أو مواد

النقل بالجملة: الإخراج الخلوي والإدخال الخلوي

وليس 2 نصف اصيني
أو ساركوز أو جلوكوز

- **Large molecules**, such as proteins and polysaccharides, generally **don't cross the membrane** by simple transport or transport proteins. Instead, they usually enter (**endocytosis**) and leave (**exocytosis**) the cell in bulk, packaged in vesicles.

• الجزيئات الكبيرة، مثل البروتينات والسكريات المتعددة، لا تعبر الغشاء عادةً عن طريق النقل البسيط أو بروتينات النقل. بدلاً من ذلك، تدخل عادةً (الإدخال الخلوي) وتغادر (الإخراج الخلوي) الخلية بكميات كبيرة، معبأة في حويصلات.

→ Bulk

• **Exocytosis**

- The cell secretes certain molecules by the **fusion of vesicles with the plasma membrane**; this process is called exocytosis. A transport vesicle that has budded from the Golgi apparatus moves along a microtubule of the cytoskeleton to the plasma membrane. When the vesicle membrane and plasma membrane come into contact, **specific proteins in both membranes rearrange the lipid molecules of the two bilayers** so that the two membranes fuse. The contents of the **vesicle spill out of the cell**, and the vesicle membrane **becomes part** of the plasma membrane.

• الإخراج الخلوي (Exocytosis):

• تفرز الخلية جزيئات معينة عن طريق اندماج الحويصلات مع الغشاء البلازمي. تتحرك حويصلة النقل التي تبرعمت من جهاز جولجي على طول أنبوب دقيق من الهيكل الخلوي إلى الغشاء البلازمي. عندما يتلامس غشاء الحويصلة والغشاء البلازمي، تعيد بروتينات معينة في كلا الغشاءين ترتيب جزيئات الدهون بحيث يندمج الغشاءان. تخرج محتويات الحويصلة خارج الخلية، ويصبح غشاء الحويصلة جزءاً من الغشاء البلازمي.

- Many secretory cells use exocytosis to export products. For example, cells in the **pancreas that make insulin** secrete it into the extracellular fluid by exocytosis. In another example, **nerve cells** use exocytosis to release **neurotransmitters** that signal other neurons or muscle cells.

◦ تستخدم العديد من الخلايا الإفرازية الإخراج الخلوي لتصدير المنتجات. على سبيل المثال، تفرز خلايا البنكرياس الأنسولين في السائل خارج الخلية عن طريق الإخراج الخلوي. وفي مثال آخر، تستخدم الخلايا العصبية الإخراج الخلوي لإطلاق النواقل العصبية.

Endocytosis: phagocytosis and pinocytosis

الإدخال الخلوي: البلعمة والشرب الخلوي

Large

- In **endocytosis**, the cell takes in molecules and particulate matter by forming new vesicles from the plasma membrane, something looks like the **reverse of exocytosis**.

في عملية الإدخال الخلوي (الاندوسيتوز)، تأخذ الخلية الجزيئات والمواد الجسيمية عن طريق تشكيل حويصلات جديدة من غشاء البلازما، وهي عملية تشبه عكس الإخراج الخلوي (الإكسوسيتوز).

- First**, a small area of the **plasma membrane sinks inward** to form a deep pocket that pinches in, **forming a vesicle** containing material that had been outside the cell.

- أولاً، تنغمد منطقة صغيرة من الغشاء البلازمي للداخل لتشكل جيئاً عميقاً ينفصل مكوناً حويصلة تحتوي على مواد كانت خارج الخلية.

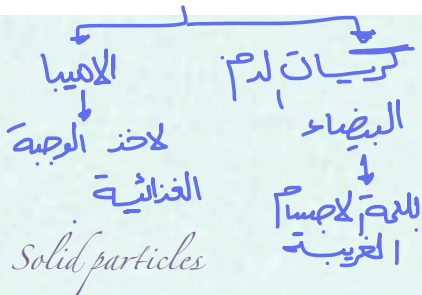
- According to the **nature to enclosed material**, three types of endocytosis can be described:

- وفقاً لطبيعة المادة المحتواة، يمكن وصف ثلاثة أنواع من الإدخال الخلوي:

- phagocytosis** ("cellular eating"): a cell engulfs a **particle** by extending **pseudopodia** around it and packaging it within a membranous sac called a food vacuole.

solid ..

- البلعمة (Phagocytosis - "الأكل الخلوي"): تبتلع الخلية جسيماً عن طريق مد أقدام كاذبة حوله وتعبئته داخل كيس غشائي يسمى فجوة غذائية.

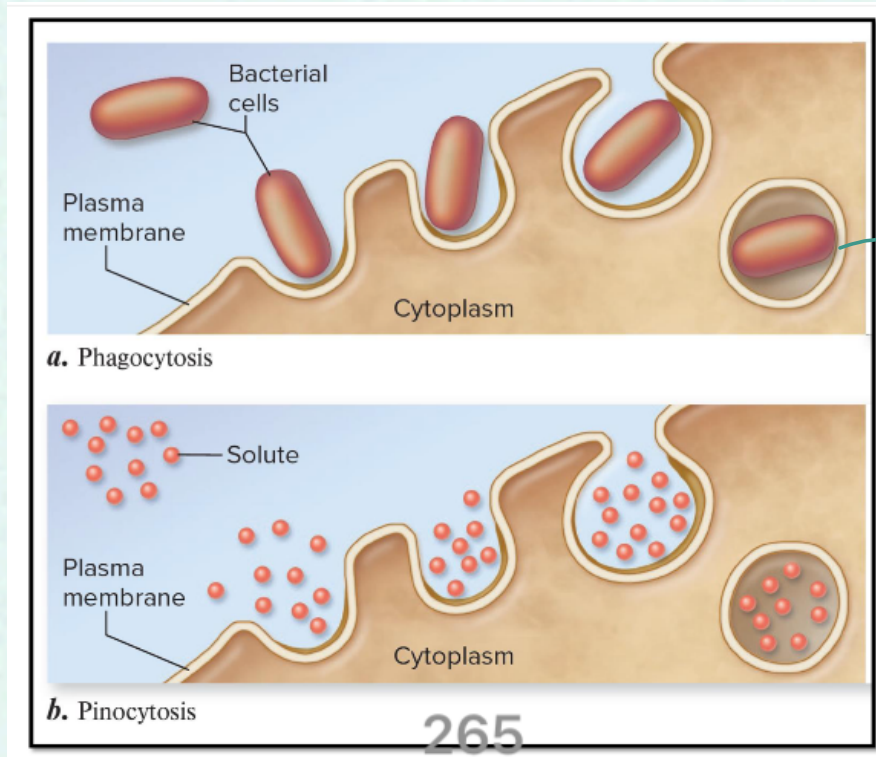


يحتوي على الجزء الصلب

مادة سائلة (من السائل) (لها احتواء داخل خلية)

- **pinocytosis** ("cellular drinking"): a cell continually "swallows" droplets of extracellular fluid into tiny vesicles, formed by infoldings of the plasma membrane. In this way, the cell obtains molecules dissolved in the droplets. Because any and all solutes are taken into the cell, pinocytosis as shown here is **nonspecific** for the substances it transports.

- الشرب الخلوي (Pinocytosis - "الشرب الخلوي"): "تبتلع" الخلية باستمرار قطرات من السائل خارج الخلية في حويصلات صغيرة ناتجة عن انغمادات الغشاء البلازمي. بهذه الطريقة، تحصل الخلية على المذابات الذائبة في القطرات.
- الإدخال الخلوي بواسطة المستقبلات: وهو نوع متخصص يسمح للخلية بالحصول على كميات كبيرة من مواد محددة حتى لو لم تكن مركزة في السائل خارج الخلية.



آكلية للاستفادة من غذائية
تفرز عليها الإنزيمات حالة
آليات دم بيضاء
للقضاء على البكتيريا

خاصة هذه
الجزيئات

Receptor-mediated endocytosis

النوع
الثالث
الادخال
الخلوي

الإدخال الخلوي بواسطة المستقبلات

- Receptor-mediated endocytosis (e.g. **take in cholesterol**): large molecules are often transported into eukaryotic cells through receptor-mediated endocytosis.

• الإدخال الخلوي بواسطة المستقبلات (مثل امتصاص الكوليسترول): غالباً ما تُنقل الجزيئات الكبيرة إلى داخل الخلايا حقيقية النواة من خلال عملية الإدخال الخلوي بواسطة المستقبلات 1 .

- These large molecules **first bind to specific receptors** in the plasma membrane.

• ترتبط هذه الجزيئات الكبيرة أولاً بمستقبلات محددة موجودة في الغشاء البلازمي

- Different cell types contain a characteristic set of **receptor types**, each for a different kind of molecule in their membranes. When **binding occurs**, the cell reacts **by initiating endocytosis**; the process is highly specific and very fast. The vesicle is now inside the cell carrying its cargo.

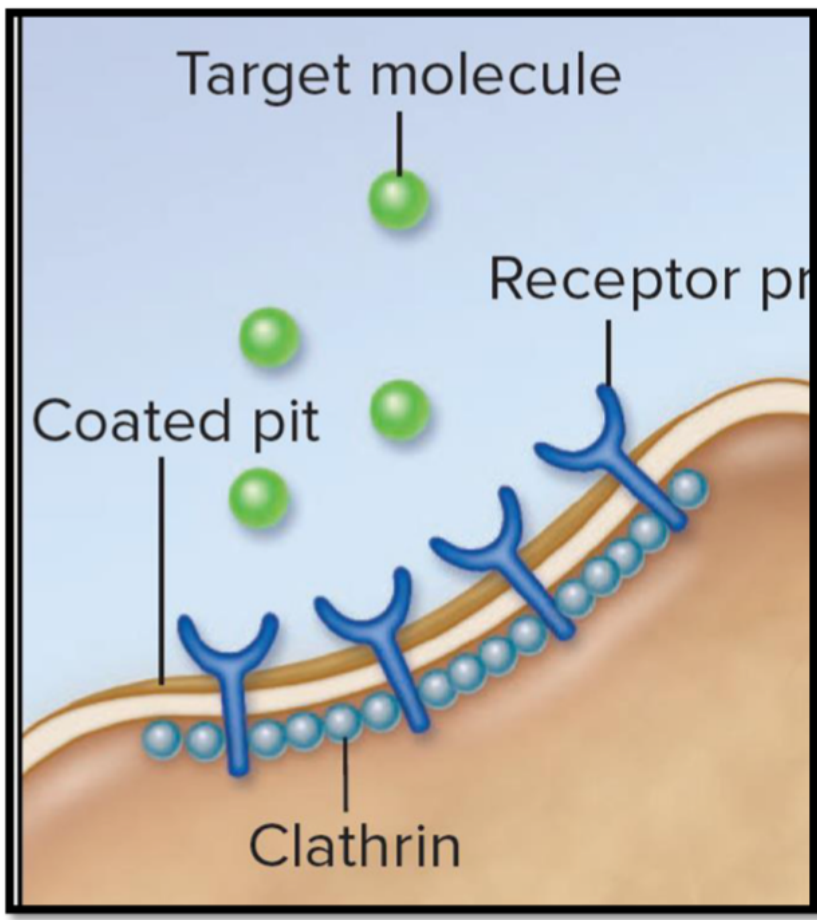
تحتوي أنواع الخلايا المختلفة على مجموعة مميزة من أنواع المستقبلات، بحيث يختص كل نوع منها بنوع مختلف من الجزيئات في أغشيتها 1 . وعندما يحدث الارتباط، تستجيب الخلية من خلال بدء عملية الإدخال الخلوي 1 . وتعتبر هذه العملية عالية التخصص وسريعة جداً 1 . وتصبح الحويصلة الآن داخل الخلية وهي تحمل حمولتها 1 .

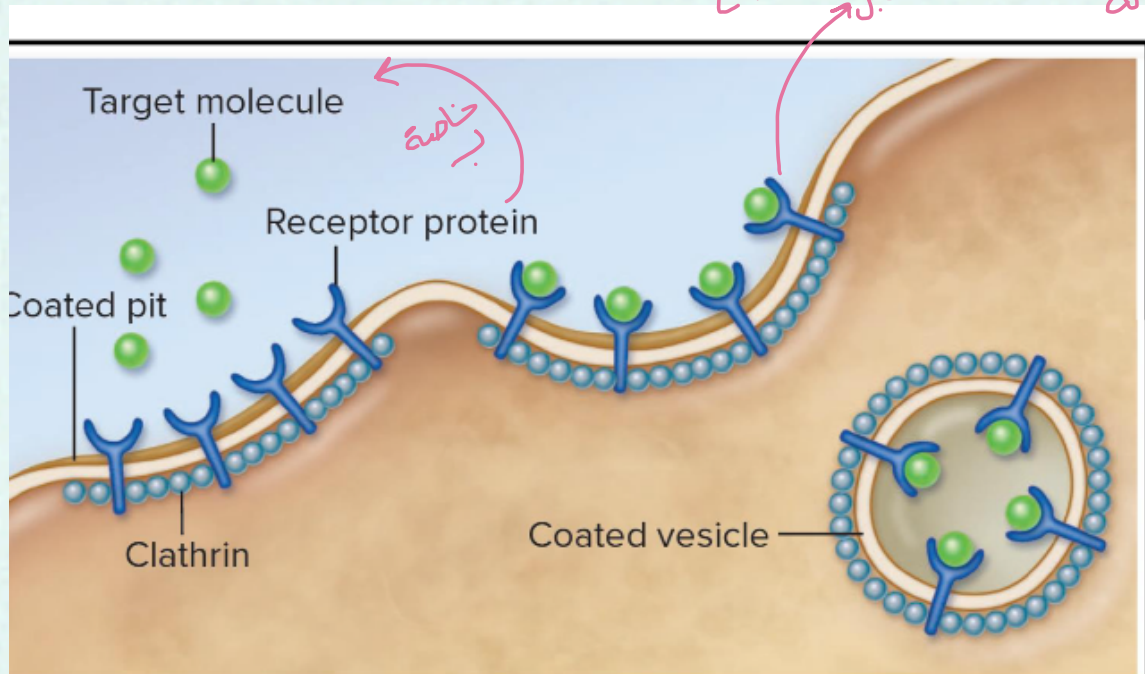
- The **portion of the receptor molecule** that lies inside the membrane is trapped in an **indented pit /cavity coated on the cytoplasmic side** with the protein **clathrin**.

• يُحاصر جزء جزيء المستقبل الذي يقع داخل الغشاء في حفرة أو تجويف مسنن (indented pit) يكون مغلفاً من الجانب السيتوبلازمي ببروتين يُسمى الكلاترين (clathrin) 1 .

- Each pit /cavity acts like a molecular mousetrap, **closing over** to form an internal vesicle when the right molecule enters the pit.

• تعمل كل حفرة أو تجويف من هذه التجاويف بمثابة "مصيدة فئران جزيئية" (molecular mousetrap): حيث تنغلق على نفسها لتكوين حويصلة داخلية (internal vesicle) بمجرد دخول الجزيء المناسب إلى هذه الحفرة 1 .





Receptor-mediated endocytosis

انتشاد للفشار
↓
تكوين حويصة
↓
يتم استلام محتويات الحويصة داخل الخلية

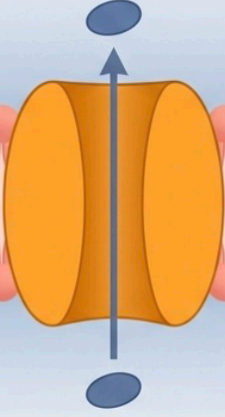
خاصة

يتم ارتباط الجزيء مع المستقبل

النقل النشط: السباحة ضد التيار

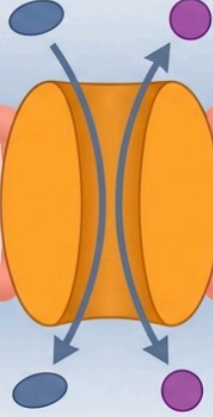
ضخ المواد عبر الغشاء عكس تدرج التركيز (Uphill) يتطلب طاقة (ATP)

Uniporter



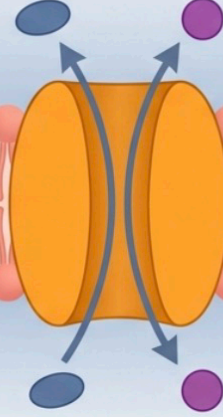
:Uniporter
ينقل نوعًا واحدًا
من الجزيئات.

Symporter



:Symporter
ينقل جزيئين في
نفس الاتجاه.

Antiporter



:Antiporter
ينقل جزيئين في
اتجاهين متعاكسين.

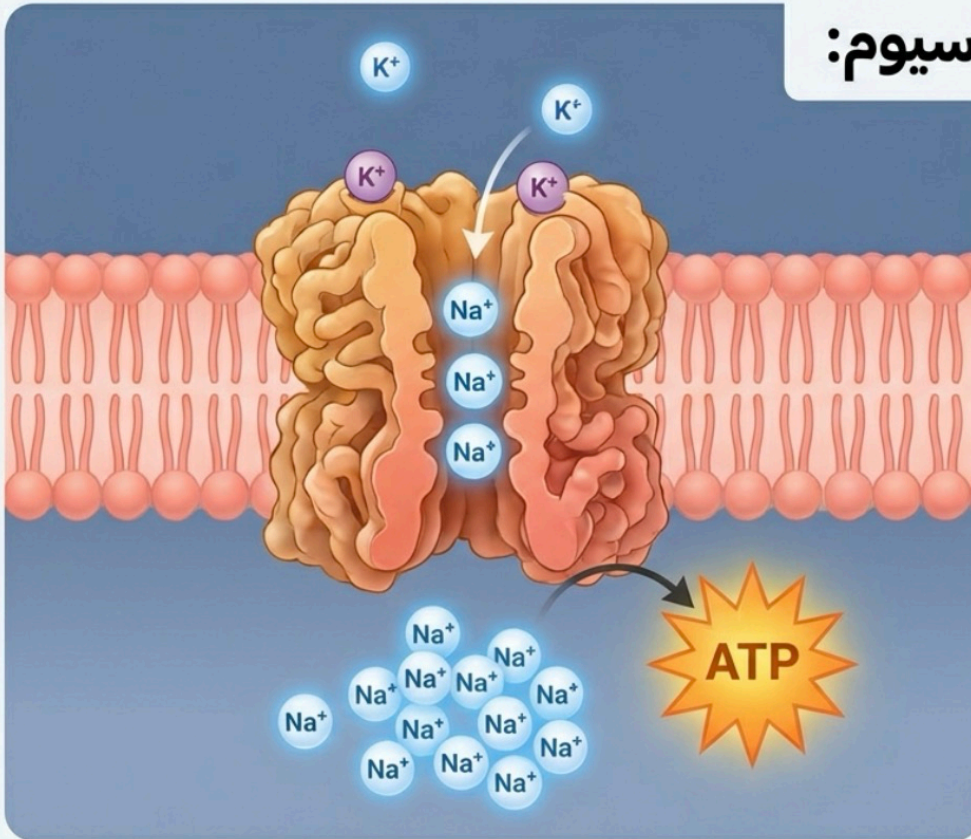
مضخة الصوديوم والبوتاسيوم: محرك الخلية الحيوانية

تستهلك الخلية الحيوانية أكثر من
ثلث طاقتها لتشغيل هذه المضخة.

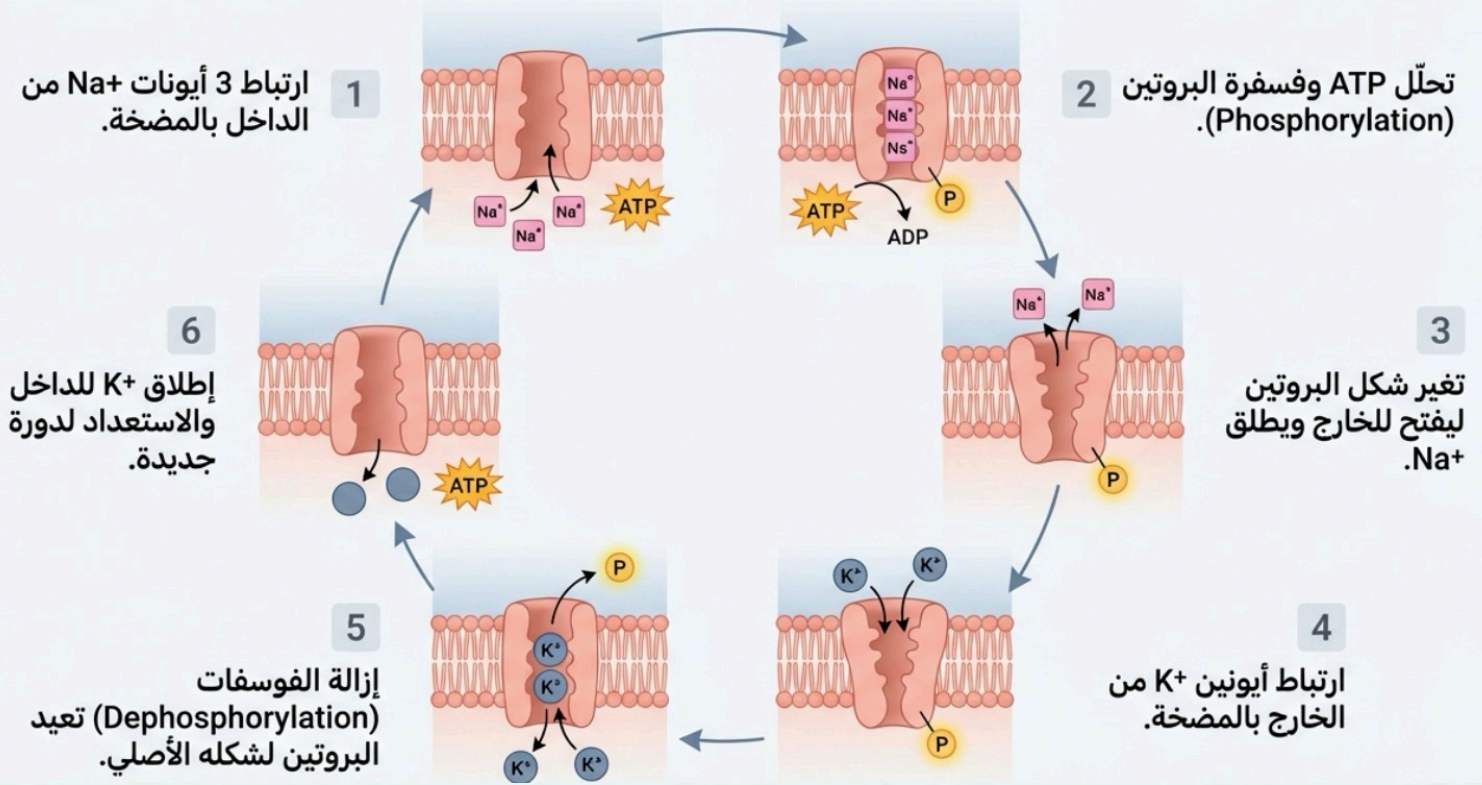
الوظيفة: الحفاظ على تركيز Na^+
منخفضًا و K^+ مرتفعًا داخل الخلية.

الآلية: تضخ 3 أيونات صوديوم
(Na^+) للخارج، وتدخل أيونين
بوتاسيوم (K^+) للداخل.

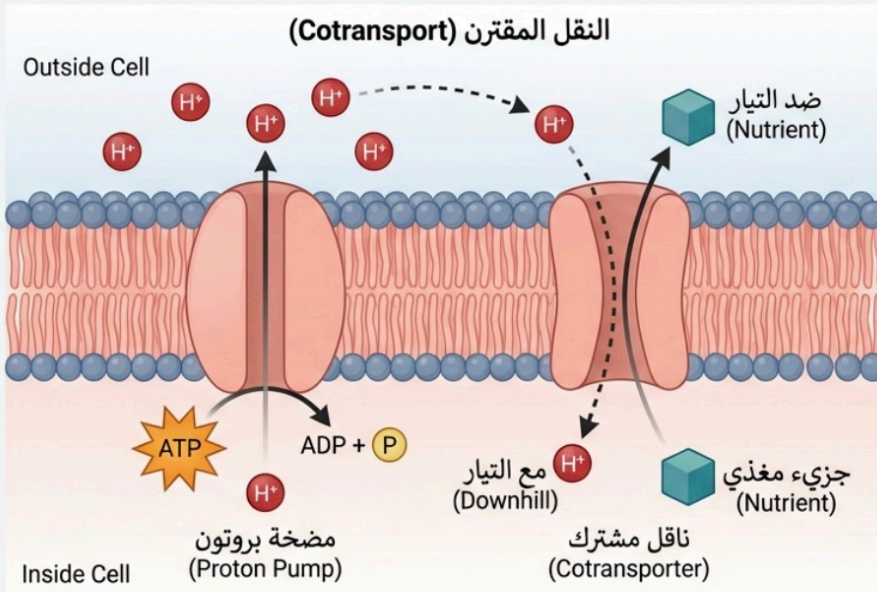
الأهمية: توليد تدرج كهروكيميائي
(Electrochemical gradient)
ضروري لعمل الخلايا العصبية
(Action Potential).



دورة عمل المضخة: 6 خطوات دقيقة



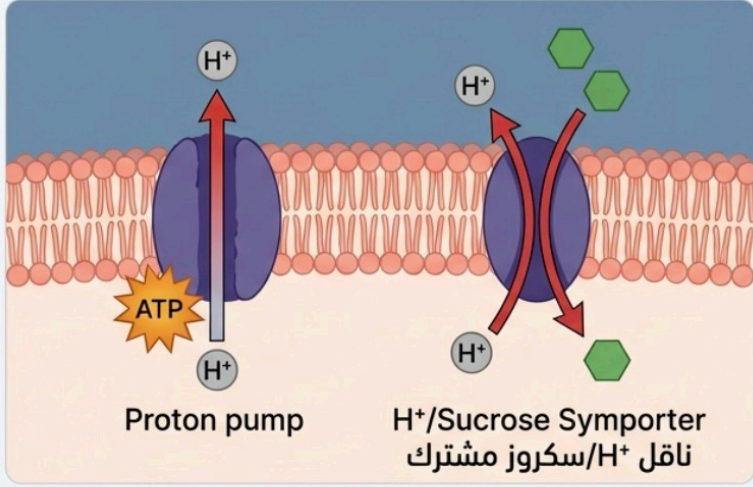
النقل المقترن: استخدام الطاقة غير المباشر



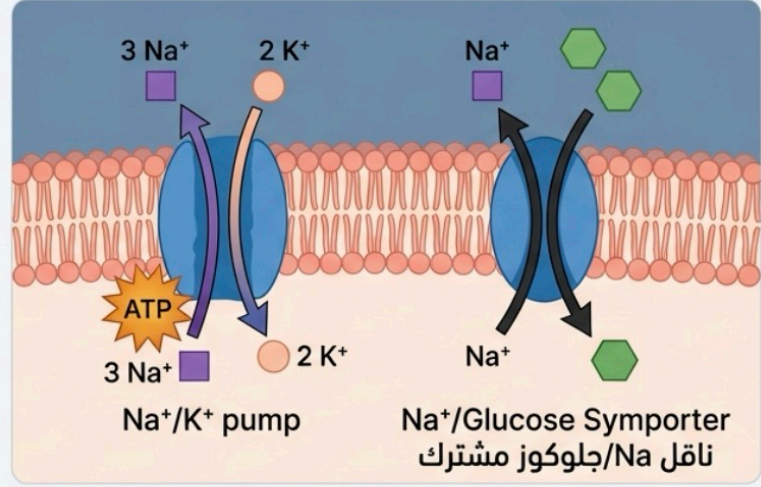
- النقل النشط الثانوي: تستخدم الخلية الطاقة الكامنة المخزنة في 'تدرج تركيز' جزيء معين لنقل جزيء آخر ضد تدرجه.
- كيف يعمل؟ يقوم بروتين 'النقل المشترك' (Cotransporter) بربط حركة جزيء 'مع التيار' (Downhill) بحركة جزيء آخر 'ضد التيار' (UpHill).
- لا يتم استهلاك ATP مباشرة في هذه الخطوة، بل استُهلك سابقاً لإنشاء التدرج.

أمثلة على النقل المشترك

خلايا نباتية Plant Cell



خلايا حيوانية Animal Cell

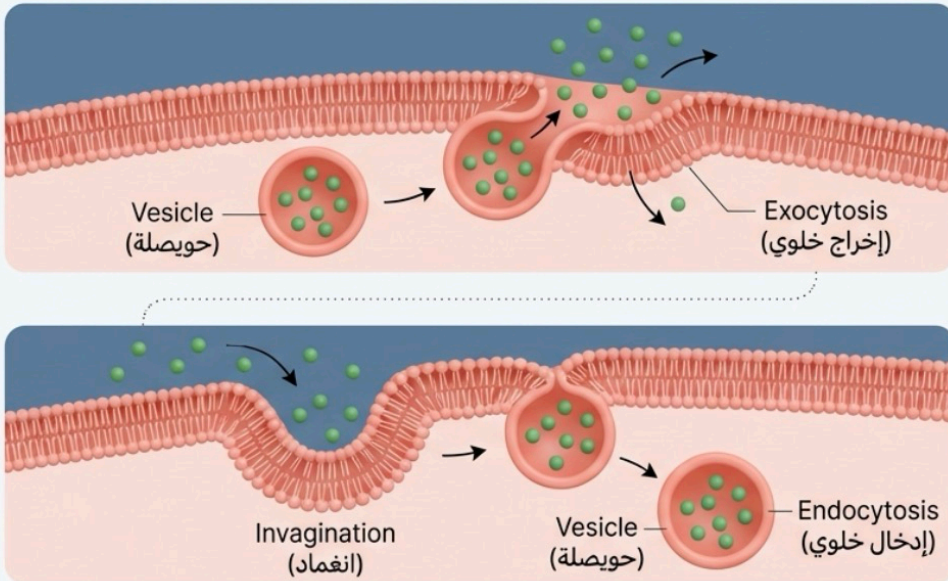


في النباتات (H⁺/Sucrose): تستخدم تدرج أيونات الهيدروجين (H⁺) الناتج عن مضخات البروتون لنقل السكرور (Sucrose) إلى داخل الخلية.

في الحيوانات (Na⁺/Glucose): تستخدم خلايا الأمعاء تدرج الصوديوم (Na) الناتج عن مضخة Na⁺/K⁺ لنقل الجلوكوز إلى داخل الخلية.

النقل الكمي: البضائع الثقيلة

الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات والسكريات المتعددة لا تمر عبر البروتينات الناقلة. يتم نقلها مغلقة داخل حويصلات (Vesicles) تتكون من غشاء الخلية.

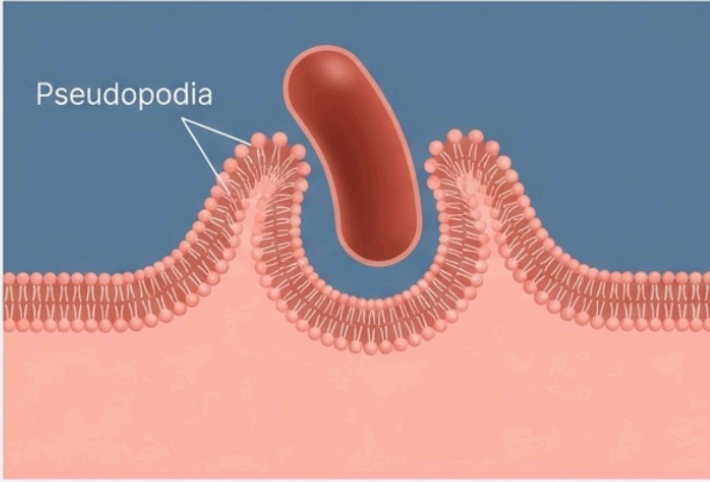


الإخراج الخلوي (Exocytosis):
اندماج الحويصلات مع الغشاء لإفراز المواد (مثل الأنسولين من البنكرياس البنكرياس أو النواقل العصبية).

الإدخال الخلوي (Endocytosis):
تكوين حويصلات جديدة من الغشاء لإدخال المواد.

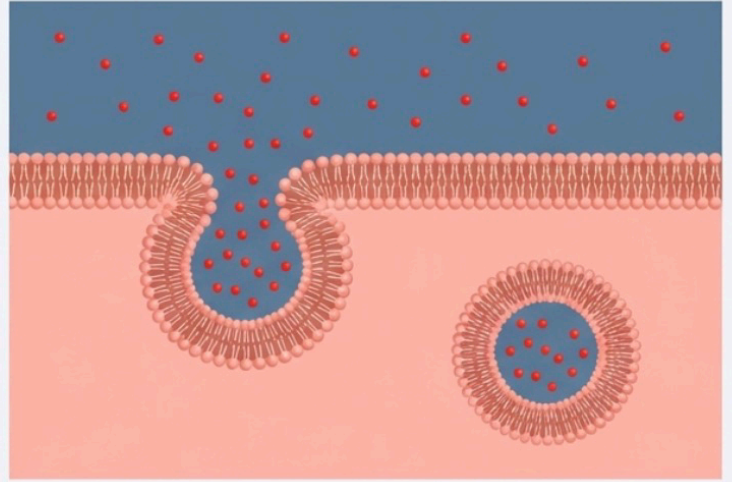
أنواع الإدخال الخلوي

البلعمة (Phagocytosis)



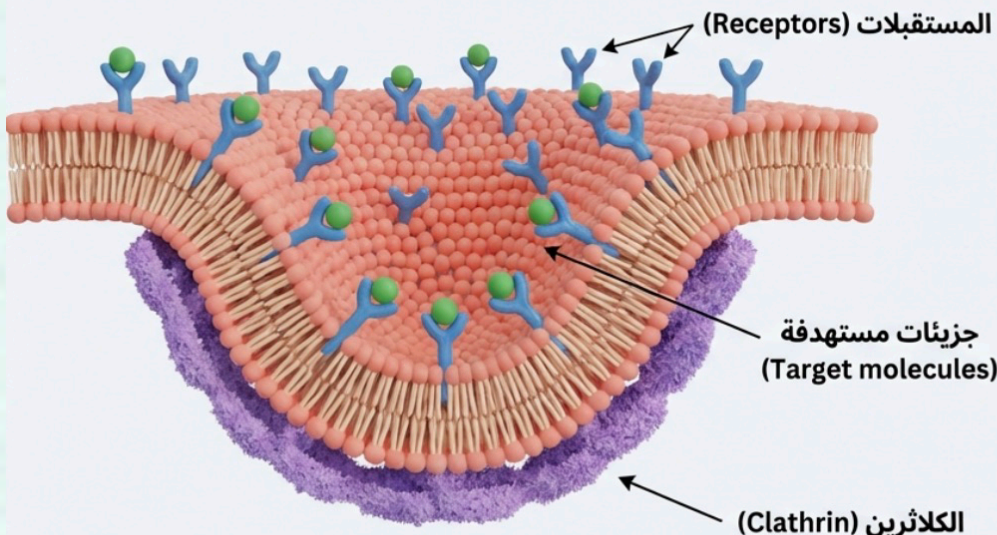
****البلعمة (Phagocytosis):** تمتد الخلية أقدامًا كاذبة (Pseudopodia) لابتلاع جسيم صلب داخل فجوة غذائية.

الشرب الخلوي (Pinocytosis)



الشرب الخلوي (Pinocytosis): تبتلع الخلية قطرات من السائل الخارجي وما يحتويه من مواد مذابة في حويصلات صغيرة. هذه العملية غير محددة (Nonspecific).

الإدخال الخلوي بواسطة المستقبلات

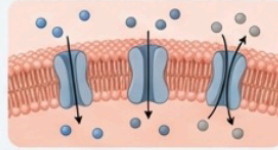


آلية عالية التخصص لنقل كميات كبيرة من مواد محددة (مثل الكوليسترول).

المستقبلات: بروتينات على الغشاء ترتبط بمواد هدف محددة.

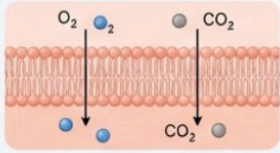
الحفر المغلفة (Coated Pits): منطقة الانغماد تكون مغطاة من الداخل ببروتين الكلاثرين (Clathrin)، الذي يعمل "كمصيدة" حصيدة" جزيئية لتكوين الحويصلة.

ملخص: إدارة حركة الخلية

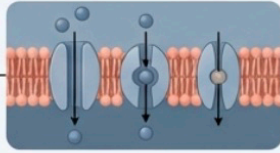


Transport Across Membrane
نقل عبر الغشاء

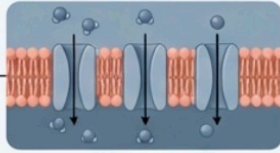
بدون طاقة (Passive)



انتشار بسيط (O₂, CO₂)

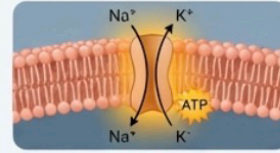


نقل ميسر (قنوات ونواقل)

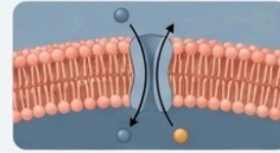


أسموزية (ماء)

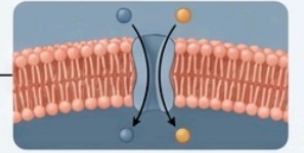
باستخدام طاقة (Active)



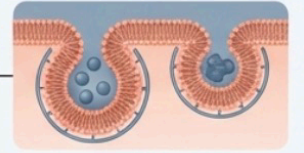
نقل نشط أولي (مضخة Na⁺/K⁺)



نقل نشط ثانوي (نقل مقترن)



نقل نشط ثانوي (نقل مقترن)



نقل كمي (إدخال/إخراج خلوي)

يحافظ هذا النظام الدقيق على التوازن الداخلي للخلية ويسمح لها بالتفاعل مع بيئتها.



