

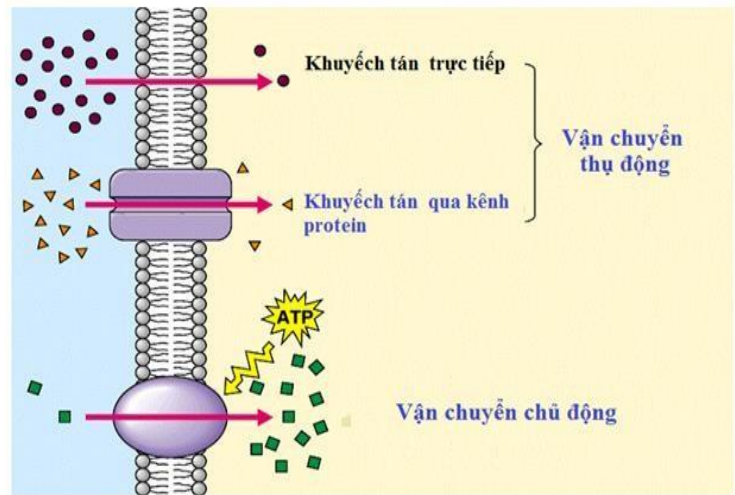
# CHUYÊN ĐỀ 7: TRAO ĐỔI VẬT CHẤT QUA MÀNG

## A. VẬN CHUYỂN THỤ ĐỘNG

**I. Khái niệm:** Vận chuyển thụ động là phương thức vận chuyển các chất qua màng sinh chất mà không tiêu tốn năng lượng

### II. Đặc điểm

- Chất vận chuyển không bị biến đổi hóa học, không kết hợp với chất khác.
- Không cần năng lượng.
- Phụ thuộc vào gradient nồng độ hay điện thế.
- Vận chuyển theo 2 chiều, cân bằng giữa trong và ngoài tế bào.



### III. Cơ sở khoa học

#### 1. Khuếch tán

- Là sự di chuyển của các chất tan từ nơi có nồng độ cao đến nơi có nồng độ thấp (theo sự chênh lệch nồng độ gradient).
- Có thể khuếch tán bằng 3 cách:
  - a) Khuếch tán đơn thuần (trực tiếp) qua lớp photpholipit kép
    - Đặc điểm quan trọng nhất để một chất được vận chuyển qua lớp photpholipit kép của màng là độ hòa tan trong lipid của chất đó. Tốc độ khuếch tán qua màng của một chất tỉ lệ thuận với độ hòa tan của chất đó trong mỡ.
    - Các chất có bản chất là lipid được vận chuyển dễ dàng qua màng tế bào. Các chất không phải là lipid nhưng tan trong lipid cũng được vận chuyển qua lớp màng rất nhanh, như khí oxy, nitơ, CO<sub>2</sub>, các vitamin tan trong dầu (như vitamin A, D, E, K), rượu, cồn. Khi các chất này tiếp xúc với màng, chúng lập tức hòa tan vào lớp photpholipit kép và tiếp tục khuếch tán qua màng.
    - Các phân tử khác không tan trong mỡ nhưng nếu kích thước của chúng rất nhỏ thì cũng có thể đi qua lớp photpholipit kép. Khi kích thước tăng lên thì tốc độ khuếch tán của chúng giảm rất nhanh.
    - Các ion không thể thấm qua lớp màng tế bào mặc dù kích thước của ion rất nhỏ, do chúng tích điện. Các ion tích điện làm cho các phân tử nước gắn vào các ion, tạo thành những ion gắn nước (thủy hợp, hợp nước) có kích thước rất to, không qua được lớp photpholipit kép. Ngoài ra, điện tích của các ion tương tác với điện tích của lớp lipid kép (phần quay ra hai phía ngoài của lớp lipid kép tích điện âm), do đó khi các ion mang điện cố gắng đi qua hàng rào tích điện âm thì chúng bị giữ lại hoặc bị xua đuổi, không qua được lớp lipid kép.

b) Khuếch tán qua kênh protein xuyên màng

i/ Thế nào là khuếch tán qua kênh protein xuyên màng?

- Các kênh protein là những khe hở chạy xuyên qua các phân tử protein màng. Người ta đã dùng máy tính dựng lại cấu trúc không gian ba chiều của một số phân tử protein màng và chứng minh đó là những kênh hình ống, nối dịch nội bào với dịch ngoại bào. Vì vậy, các chất tan có thể khuếch tán trực tiếp qua các kênh này.

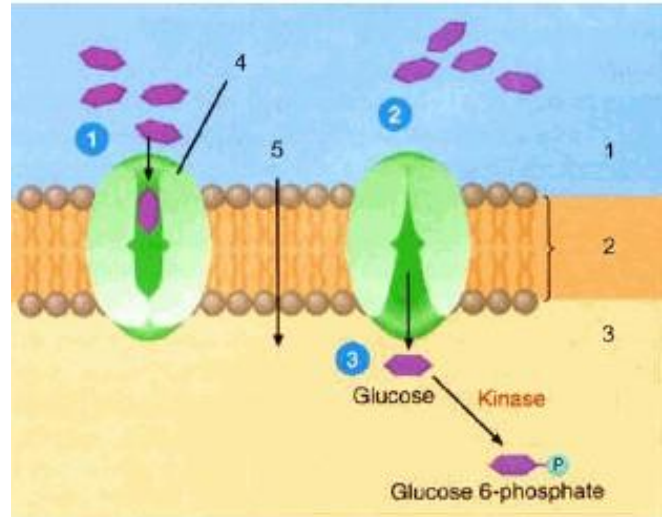
ii/ Đặc tính của các kênh protein xuyên màng

- **Kênh protein có tính chọn lọc cao:** Nó chỉ cho nước, một vài ion hoặc phân tử đặc hiệu đi qua kênh. Tính chọn lọc phụ thuộc vào đặc điểm của kênh, như hình dáng, đường kính và điện tích ở mặt trong của kênh. Ví dụ, kênh  $\text{Na}^+$  có kích thước  $0,3 \times 0,5$  nm, mặt trong tích điện âm rất mạnh. Điện tích âm ở mặt trong sẽ kéo ion  $\text{Na}^+$  từ dịch ngoại bào vào dịch nội bào khi cánh cổng của kênh mở ra. Như vậy kênh  $\text{Na}^+$  chỉ cho ion  $\text{Na}^+$  đi qua. Một loại kênh khác chỉ cho ion  $\text{K}^+$  đi qua. Các kênh  $\text{K}^+$  có kích thước nhỏ hơn kênh  $\text{Na}^+$  ( $0,3 \times 0,3$  nm), mặt trong kênh không tích điện âm, vì vậy không có lực hấp dẫn để kéo các ion đi vào trong kênh và các ion cũng không bị tách khỏi các phân tử nước đã kết hợp với chúng. Dạng ngậm nước của ion  $\text{K}^+$  có đường kính nhỏ hơn dạng ngậm nước của ion  $\text{Na}^+$ . Các ion  $\text{K}^+$  ngậm nước có đường kính nhỏ hơn nên có thể dễ dàng khuếch tán qua các kênh  $\text{K}^+$  nhỏ hơn này.
- **Cổng của kênh protein và sự đóng, mở các kênh:** Cổng của kênh protein hoạt động đóng mở giúp cho sự kiểm soát tính thấm của các kênh. Cổng có thể khép cánh đóng lại hoặc đẩy cánh mở ra, đóng hay mở là do biến đổi hình dạng phân tử protein. Ion  $\text{Na}^+$  có nhiều ở dịch ngoại bào và cánh cổng của kênh  $\text{Na}^+$  đóng mở ở mặt ngoài màng tế bào. Còn ion  $\text{K}^+$  có nồng độ cao trong tế bào và cánh cổng của kênh  $\text{K}^+$  đóng mở ở mặt trong màng tế bào. Sự đóng mở các kênh được kiểm soát bằng **hai cơ chế:**
  - + **Đóng mở do điện thế - Cổng điện thế (voltage gating):** Sự thay đổi hình dạng phân tử của cổng phụ thuộc vào điện thế màng. Điện tích âm trong màng làm cổng  $\text{Na}^+$  đóng chặt. Khi mặt trong màng mất điện tích âm thì cổng  $\text{Na}^+$  mở ra, cho phép một lượng lớn ion  $\text{Na}^+$  đi qua kênh để vào trong tế bào. Đó là nguyên nhân chính gây ra các điện thế hoạt động ở dây thần kinh khi có xung động xuất hiện. Cổng của kênh  $\text{K}^+$  cũng mở khi mặt trong màng trở thành điện tích dương, nhưng đáp ứng của cổng này chậm hơn nhiều so với các cổng  $\text{Na}^+$ .
  - + **Đóng mở do chất kết nối - Cổng hóa học (ligand gating):** Đóng mở do chất kết nối là đóng mở kênh khi protein kênh gắn với một phân tử khác. Phân tử gắn vào protein kênh được gọi là chất kết nối. Sự gắn này làm thay đổi hình dạng của phân tử protein và làm đóng hoặc mở cổng. (Ví dụ: Acetylcholin gắn vào protein kênh acetylcholin, làm cổng của kênh mở ra, cho phép các phân tử và ion dương có kích thước nhỏ hơn kích thước của kênh đi qua. Loại cổng này có vai trò rất quan trọng trong dẫn truyền xung động thần kinh qua synap, tức là dẫn truyền xung động thần kinh từ tế bào thần kinh này đến tế bào thần kinh khác hoặc từ tế bào thần kinh đến tế bào cơ).

c) Khuếch tán có điều kiện (Khuếch tán được tăng cường)

- Là sự khuếch tán được tăng tốc độ nhờ vai trò của chất mang (carrier). Đặc điểm là tốc độ khuếch tán tăng dần đến mức tối đa (gọi là  $V_{max}$ ) thì dừng lại, mặc dù nồng độ chất khuếch tán vẫn tiếp tục tăng. Đây là điểm khác với khuếch tán đơn thuần, trong khuếch tán đơn thuần tốc độ khuếch tán tăng tỷ lệ thuận với tăng nồng độ chất khuếch tán. Tốc độ khuếch tán qua kênh của các ion nhanh hơn so với khuếch tán qua chất mang. Ví dụ một số kênh có thể cho ion đi qua với tốc độ 108 ion/giây, trong khi đó tốc độ khuếch tán ion nhanh nhất qua chất mang là 105 ion/giây.

- Nguyên nhân hạn chế tốc độ tối đa ( $V_{max}$ ) trong khuếch tán được thuận hóa là do số lượng các vị trí gắn (binding sites) trên phân tử protein mang có hạn, nên nếu tăng nồng độ chất khuếch tán thì cũng không còn chỗ gắn nữa. Mặt khác khi chất được khuếch tán đi tới phân tử protein mang thì nó phải dừng lại để kết nối vào vị trí gắn đặc hiệu (binding site), sau đó phải có thời gian để protein mang thay đổi hình dạng làm cho chất được khuếch tán tách ra khỏi điểm gắn và đi về phía bên kia của màng.

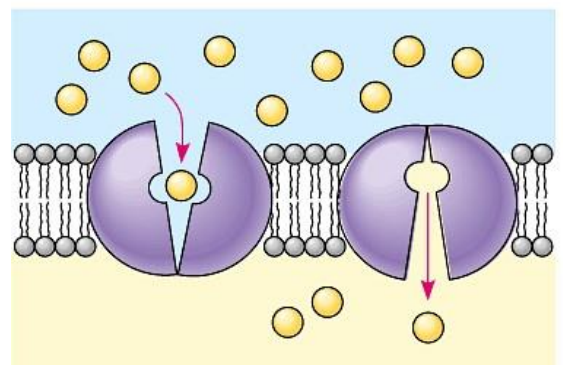


- Thời gian để protein mang thay đổi hình dạng là nguyên nhân chính giới hạn tốc độ tối đa ( $V_{max}$ ) của các chất được vận chuyển theo cách khuếch tán được thuận hóa. Những chất được vận chuyển bằng khuếch tán được thuận hóa là glucose, một số đường đơn như mannose, galactose, xylose, arabinose và phần lớn các acid amin. Protein mang trong vận chuyển glucose có trọng lượng phân tử 45.000 đơn vị dalton. Chất mang này cũng có thể vận chuyển một số monosaccarit khác có cấu trúc tương tự glucose, như mannose, galactose, xylose và arabinose. Hormon insulin của tuyến tụy có tác dụng làm tăng tốc độ khuếch tán được thuận hóa của glucose lên 10 đến 20 lần và đó là cơ chế chủ yếu của insulin trong điều hòa việc sử dụng glucose của cơ thể

- Quá trình này được thực hiện bởi protein mang (Carrier protein):

+ Vận chuyển các chất hữu cơ lớn như: glucose, acid amin,...

+ Trong khuếch tán được hỗ trợ, một protein mang có thụ thể đặc hiệu, với một kênh đủ rộng để vận chuyển một phân tử đặc hiệu qua màng. Phân tử gắn với thụ thể trên protein mang, sau đó protein mang thay đổi hình dạng, làm cho kênh mở rộng ra về phía màng đối bên, phức hợp thụ thể – chất được mang được chuyển



qua kênh sang phía bên kia của màng. Vì lực gắn của thụ thể yếu, chuyển động nhiệt của phân tử bị gắn tách nó ra, và giải phóng vào bào tương của tế bào.

- + Các protein mang có thể di chuyển các phân tử chống lại các gradient nồng độ khi có mặt ATP (tức là được sử dụng trong vận chuyển tích cực)
- + Các protein mang có tốc độ vận chuyển chậm hơn nhiều so với protein kênh (theo thứ tự ~ 1.000 phân tử mỗi giây)

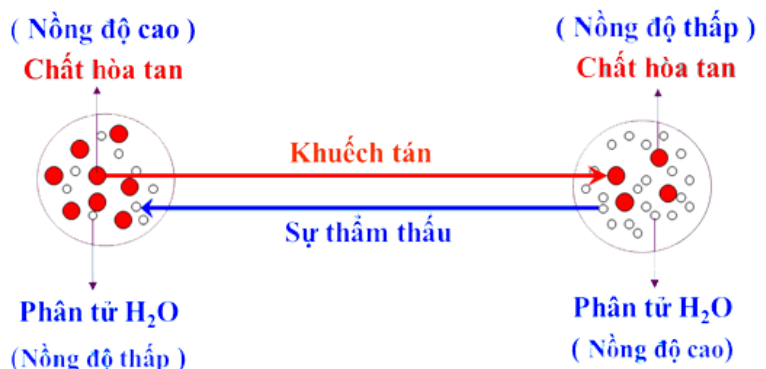
d) Các yếu tố ảnh hưởng đến sự khuếch tán:

- Độ lớn của chất được vận chuyển
- Độ hòa tan trong lipid
- Điện tích của ion
- Nhiệt độ môi trường (tăng 10 độ tính thấm tăng 1,4 lần)
- Nhu cầu hoạt động (cơ co làm tăng acid amin và glucose vào tế bào)
- Tác động tương hỗ của các chất ( $\text{Ca}^{2+}$  liên kết với nước thì giảm thấm, glycerin có thuốc mê thì tăng thấm...)
- Gradient nồng độ của chất tan

## 2. Thẩm thấu:

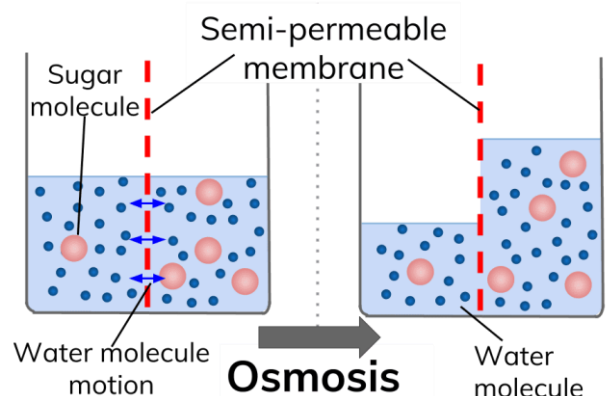
a) Thế nào là thẩm thấu?

-Hiện tượng vận chuyển thụ động của các phân tử nước từ nơi có nồng độ nước cao (có nồng độ chất hòa tan thấp) tới nơi có nồng độ nước thấp (có nồng độ chất hòa tan



cao). Áp lực thẩm thấu được hình thành hai bên màng do sự có mặt của các chất hòa tan với các nồng độ khác nhau ở mỗi bên. Một dung dịch có nồng độ các chất hòa tan càng cao thì áp lực thẩm thấu càng lớn và ngược lại. Dưới tác động của áp lực thẩm thấu nước sẽ di chuyển từ nơi có áp lực thẩm thấu thấp đến nơi có áp lực thẩm thấu cao để đạt đến sự cân bằng áp lực thẩm thấu.

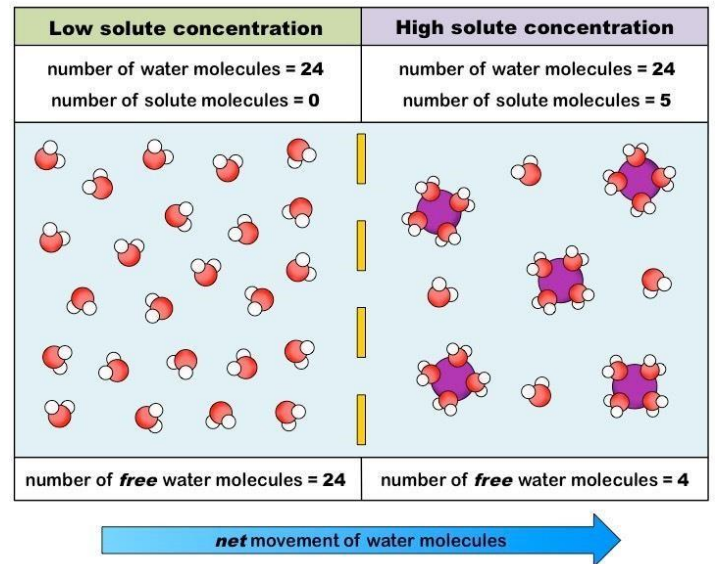
-Bình thường áp lực thẩm thấu ở trong tế bào cân bằng với áp lực thẩm thấu trong dịch ngoại bào nên thể tích tế bào duy trì được sự hằng định một cách tương đối. Trong khi đó, áp lực thẩm thấu của huyết tương lại cao hơn so với dịch kẽ bao quanh các



thành mao mạch, sự khác biệt này làm nước sẽ di chuyển từ phía mô kẽ và trong lòng mao mạch. Sự giảm áp lực thẩm thấu của huyết tương sẽ làm ứ trệ nước trong dịch kẽ và dịch ngoại bào.

### b) Sự cân bằng nước trong tế bào

- **Tính trương:** khả năng dung dịch làm cho tế bào lấy thêm hoặc mất nước.
- Tính trương phụ thuộc vào nồng độ các chất tan không thể đi qua màng giữa bên ngoài và bên trong tế bào. (nồng độ các chất đó ở dd ngoài tế bào càng cao thì nước càng có xu hướng ra khỏi tế bào và ngược lại).
- Nước được coi là dung môi phổ quát - nó sẽ liên kết và hòa tan các phân tử (chất hòa tan) phân cực hoặc tích điện
- Bởi vì các chất hòa tan không thể vượt qua màng tế bào mà không cần sự trợ giúp, nước sẽ di chuyển để cân bằng hai dung dịch
- Ở nồng độ chất tan cao hơn, có ít phân tử nước tự do hơn trong dung dịch vì nước liên kết với chất tan
- Sự thẩm thấu về cơ bản là sự khuếch tán của các phân tử nước tự do và do đó xảy ra từ các vùng có nồng độ chất tan thấp.



### c) Các loại môi trường

- **Môi trường nhược trương** là môi trường mà nồng độ chất tan không thể đi qua màng ở bên trong tế bào cao hơn -> nước có xu hướng đi vào tế bào.
  - + Đối với tế bào động vật, vì không có thành tế bào cứng nên không thể chịu đựng sự dư thừa nước -> tế bào phồng lên và vỡ ra như quả bóng căng đầy nước.
  - + Đối với tế bào thực vật, vì có lớp thành tế bào nên có thể giúp duy trì sự cân bằng nước -> thành tế bào sẽ nở ra ở mức độ nhất định. Khi không thể cho nước vào thêm nữa, thành sẽ tạo áp lực lại khiến cho nước không thể vào thêm nữa -> tế bào ở trạng thái trương (trạng thái này tốt cho hầu hết các loại thực vật).
- **Môi trường đẳng trương** là môi trường mà nồng độ chất tan không thể đi qua màng ở bên trong và ngoài tế bào cân bằng -> nước đi qua màng theo cả 2 hướng đi ra và đi vào với tốc độ ngang nhau.
  - + Tế bào động vật ổn định trong môi trường này -> trạng thái bình thường. + Tế bào thực vật sẽ ở trạng thái mềm nhũn.
- **Môi trường ưu trương** là môi trường mà nồng độ chất tan không thể đi qua màng ở dd ngoài tế bào cao hơn -> nước có xu hướng ra khỏi tế bào -> tế bào mất nước + Tế bào động vật bị teo lại

+ Tế bào thực vật co lại -> màng tế bào bị tách ra khỏi thành tế bào -> tế bào bị co nguyên sinh.

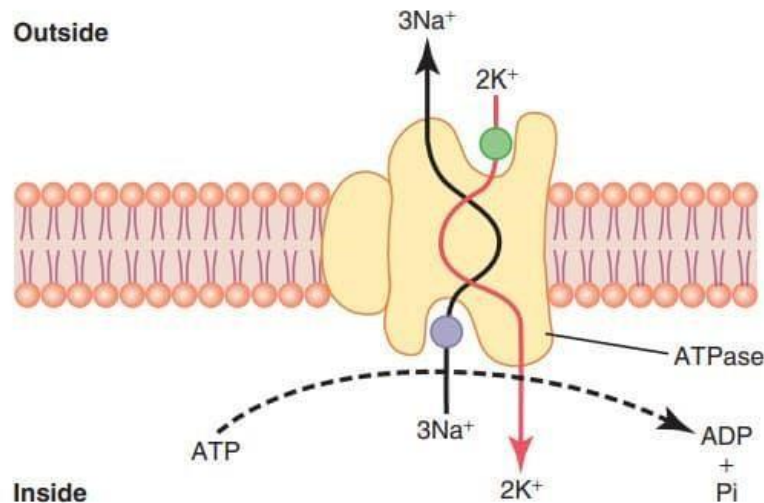
## B. VẬN CHUYỂN CHỦ ĐỘNG QUA MÀNG

I. **Định nghĩa:** Vận chuyển chủ động (hay vận chuyển tích cực) là phương thức vận chuyển các chất qua màng từ nơi chất tan có nồng độ thấp đến nơi có nồng độ cao (ngược gradient nồng độ) và cần tiêu tốn năng lượng.

### II. Vận chuyển nguyên phát và vận chuyển thứ phát

- Trong vận chuyển tích cực nguyên phát, năng lượng được sử dụng trực tiếp từ việc bẻ gãy phân tử ATP hay của một vài hợp chất chứa liên kết phosphate cao năng lượng. Trong vận chuyển tích cực thứ phát, năng lượng nhận thứ phát nhận được từ những năng lượng được dự trữ ở dạng nồng độ ion khác nhau giữa hai bên màng tế bào, nguồn gốc của sự chênh lệch là từ vận chuyển tích cực nguyên phát

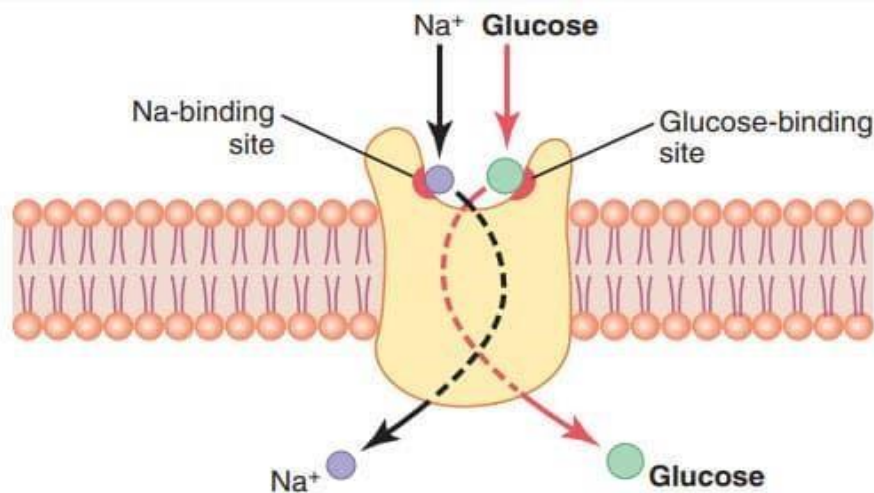
#### 1. Vận chuyển nguyên phát



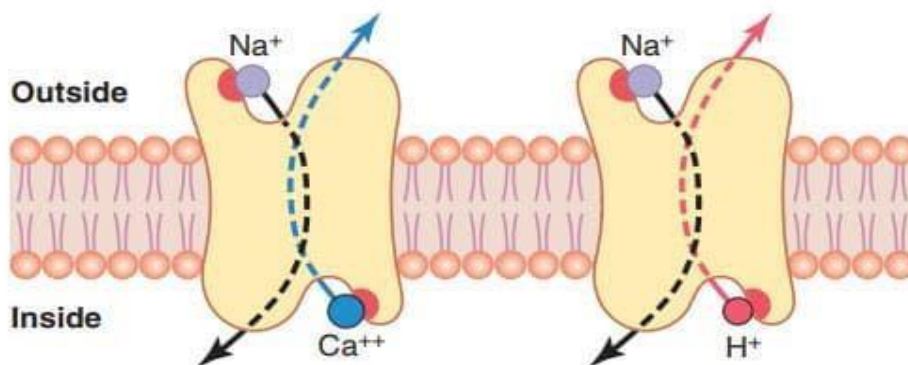
- Ví dụ điển hình là bơm natri-kali giúp duy trì nồng độ Na và K khác nhau giữa hai bên màng tế bào, thiết lập điện thế âm bên trong màng tế bào và điện thế dương bên ngoài tế bào.
- **Cơ chế:** hai ion  $K^+$  được gắn phía ngoài, trong đó ba ion  $Na^+$  phía trong. ATPase hoạt hóa, phân giải 1 phân tử ATP giải phóng năng lượng làm thay đổi cấu hình của bơm giúp trao đổi ion  $Na^+$  và  $K^+$ .
- **Vai trò:** Cân bằng áp suất thẩm thấu khi  $Na^+$  được đưa ra ngoài kết hợp với ion  $Cl^-$  hút nước ra khỏi tế bào. Hai lực đối nhau: Trong tế bào có rất nhiều protein và các phân tử khác không thể thoát ra ngoài tế bào, điều đó thì tăng áp suất thẩm thấu của tế bào và làm hút nước vào bên trong tế bào, và áp suất thẩm thấu của muối  $NaCl$  t nước ra ngoài, hai lực này tương đương với nhau, nên nước không vào tế bào và thể tích tế bào giữ nguyên.

## 2. Vận chuyển thứ phát

- Khi Na được vận chuyển qua màng tế bào theo cơ chế vận chuyển chủ động nguyên phát làm cho nồng độ  $\text{Na}^+$  bên ngoài nhiều hơn so với bên trong. Gradient nồng độ này tạo ra một dạng năng lượng, và điều đó có xu hướng đẩy  $\text{Na}^+$  trở lại bên trong tế bào.



*Vận chuyển thứ phát đồng vận*

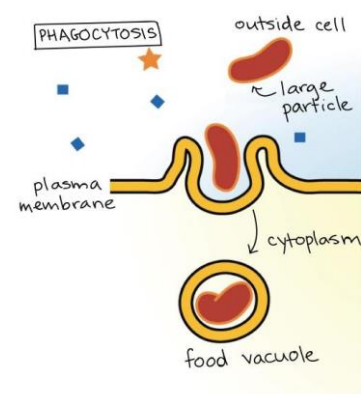


*Vận chuyển thứ phát đối vận*

## C. XUẤT BÀO - NHẬP BÀO

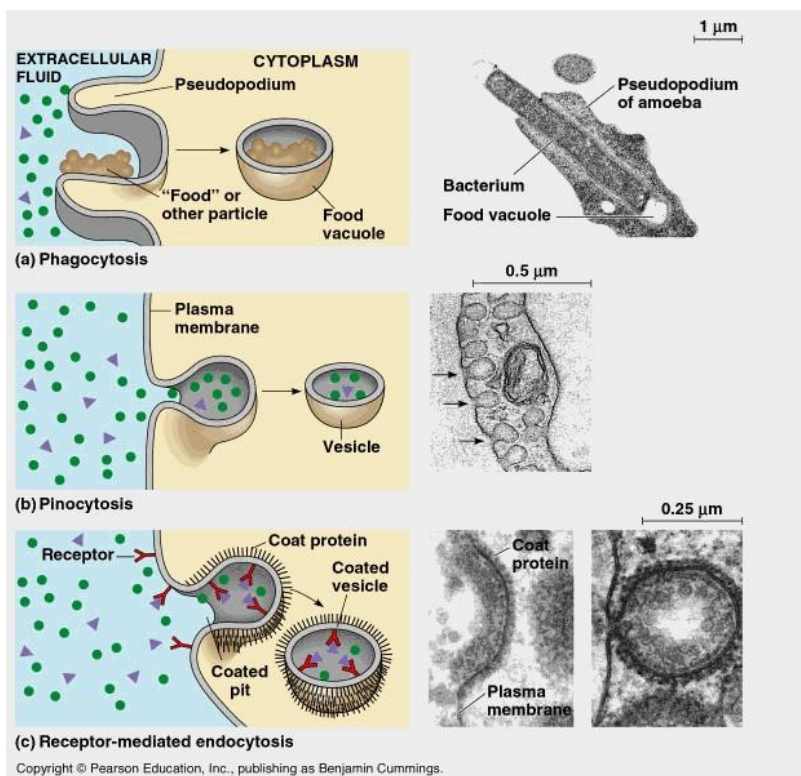
I. **Nhập bào (endocytosis):** Là phương thức đưa các chất vào bên trong tế bào bằng cách làm biến dạng màng sinh chất, gồm 2 loại là thực bào và ẩm bào.

1. **Thực bào (phagocytosis):** là phương thức các tế bào “ăn” các loại thức ăn có kích thước lớn như vi khuẩn và mảnh vỡ tế bào. Màng tế bào huy động các sợi vi thể chứa actin nằm ngay dưới màng để tạo thành chân giả bọc lấy thức ăn → đưa thức ăn vào



trong tế bào. Sau khi thức ăn đã được bao bọc trong bóng màng thì được liên kết với lizôxôm và bị phân huỷ nhờ các enzym.

- 2. Ẩm bào (pinocytosis):** là phương thức vận chuyển các giọt dịch ngoại bào và các phân tử hòa tan ở phía ngoài tế bào được vào bên trong tế bào, bằng sự lõm vào của màng bào tương để tạo nên túi ẩm bào (pinocytic vesicle). Vì bất kì chất tan nào chứa trong các giọt dịch ngoại bào cũng được lấy vào tế bào nên hiện tượng này không đặc hiệu về các chất nó vận chuyển. Ẩm bào xảy ra liên tục ở màng của hầu hết các tế bào, đặc biệt hiện tượng này xảy ra nhanh ở một số tế bào như ở đại thực bào. Ở màng tế bào đại thực bào có khoảng 3% diện tích màng bị lõm vào thành những túi nhỏ trong một phút. Những túi này có kích thước rất nhỏ, đường kính chỉ khoảng 100- 200 nm.



- 3. Nhập bào gián tiếp qua các thụ thể màng (receptor):** các sản phẩm được nhập bào tiếp xúc và gắn vào các receptor trên màng tế bào. Các receptor thường nằm ở những chỗ lõm đặc biệt trên màng tế bào. Phía trong màng sát với những chỗ lõm này là một mạng lưới các sợi protein có cấu tạo bởi các sợi actin và myosin có khả năng co giãn. Khi có một chất đặc hiệu đến sát màng tế bào thì chất này được chuyển đến chỗ lõm trên màng và gắn vào các receptor ở đó. Lúc này màng tế bào thay đổi, cuộn tròn hồ lõm lại thành những cái túi. Ngay sau đó cái túi này tách ra khỏi màng và trở thành túi thực bào sớm (early endosome), đồng thời màng tế bào lại trở về trạng thái bình thường. Các receptor tiêu hóa trong túi thực bào sớm quay trở lại màng nhờ các bơm protein ở màng túi hoạt động giải phóng chúng ra khỏi các túi. Các túi thực bào sớm trôi trong bào tương và di chuyển sâu vào bên trong tế bào, trở thành túi thực bào muộn (late endosome).



## II. Xuất bào (exocytosis):

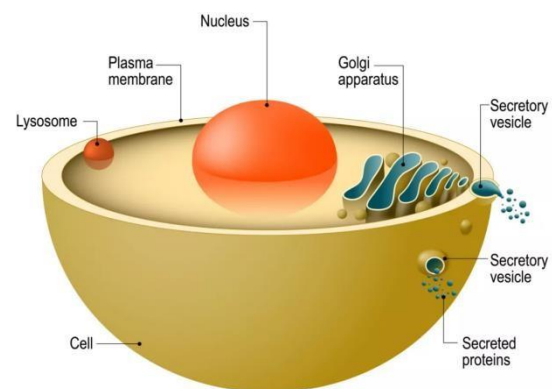
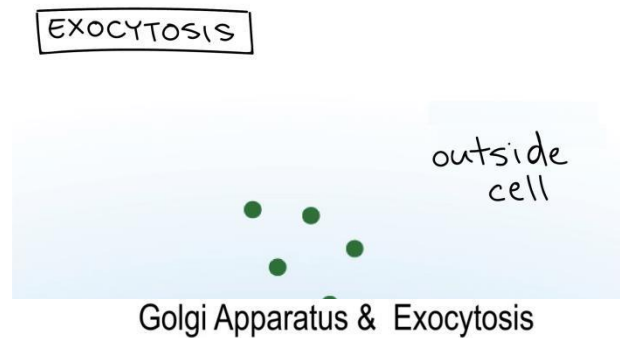
- Là hiện tượng tế bào xuất các phân tử lớn ra khỏi tế bào chất. Trong quá trình xuất bào, các túi tiết chứa các phân tử được vận chuyển đến màng tế bào. Các túi hợp nhất với màng tế bào và đẩy chất chứa của chúng ra bên ngoài tế bào. Quá trình này rất quan trọng để loại bỏ chất thải, thông tin hóa học giữa các tế bào và xây dựng lại màng tế bào. Xuất bào cũng rất quan trọng đối với việc truyền tín hiệu hóa học và giao tiếp giữa tế bào với tế bào. Các túi tiết được hình thành bởi bộ máy Golgi, các ống nội tạng và các tế bào thần kinh trước synap. Sự xuất bào xảy ra ở nhiều tế bào bao gồm tế bào tuyến tụy và tế bào thần kinh.

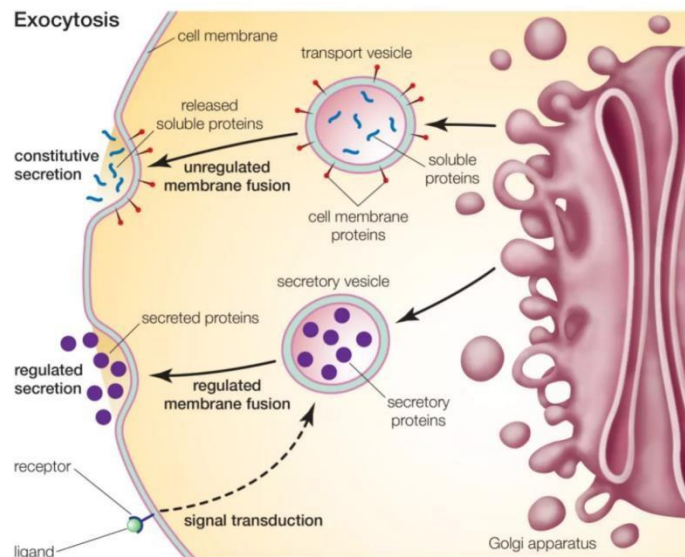
- Ba con đường xuất bào là quá trình xuất bào cấu tạo, xuất bào được điều chỉnh và xuất bào qua trung gian lizoxom.

**1. Xuất bào cấu tạo:** Protein và lipid được tổng hợp trong lưới nội chất được gửi đến bộ máy Golgi để sửa đổi và phân loại. Sau khi được xử lý, các sản phẩm được chứa trong các túi tiết, chồi từ mặt chuyển tiếp (mặt trans) của bộ máy Golgi.

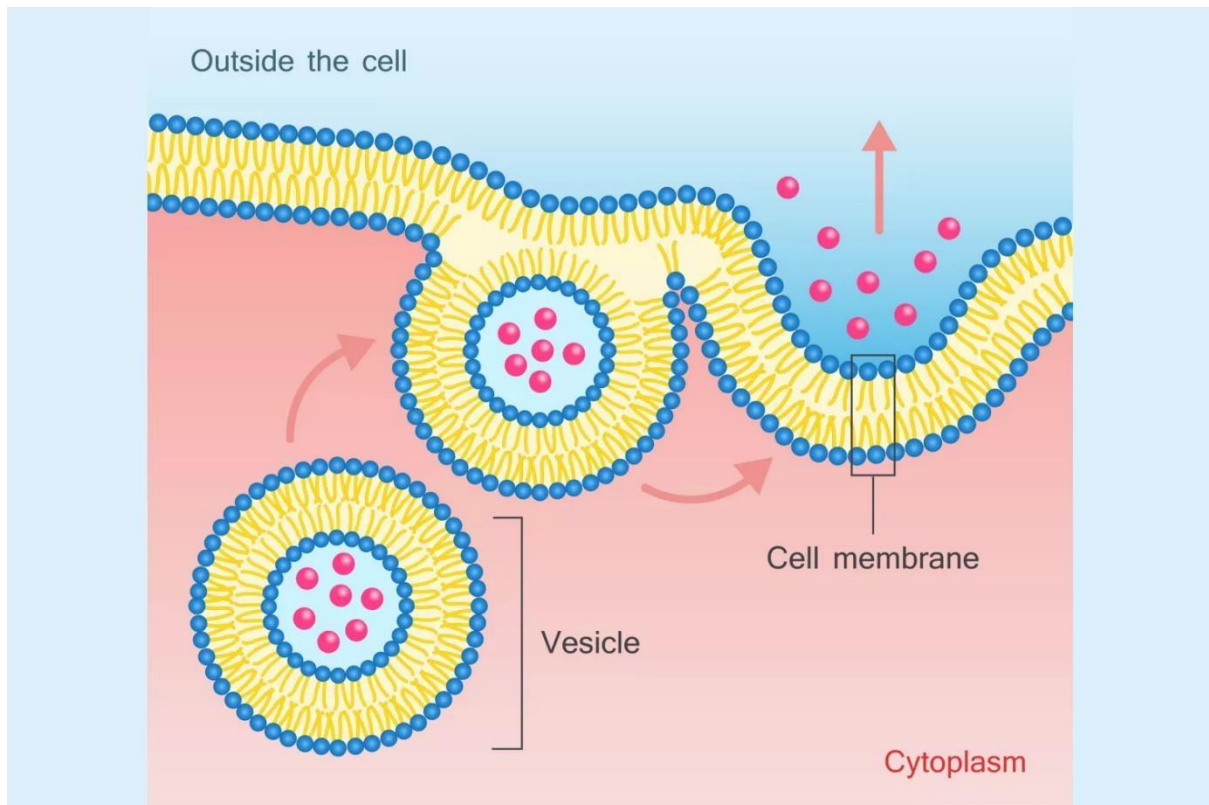
**2. Xuất bào điều chỉnh:** Quá trình xuất bào được điều chỉnh dựa vào sự hiện diện của các tín hiệu ngoại bào để trực xuất các vật chất trong túi. Sự xuất bào điều hòa xảy ra phổ biến ở các tế bào tiết chứ không phải ở tất cả các loại tế bào. Tế bào tiết lưu trữ các sản phẩm như hormone, chất dẫn truyền thần kinh và các enzym tiêu hóa chỉ được tiết ra khi được kích hoạt bởi các tín hiệu ngoại bào. Các túi tiết không được kết hợp với màng tế bào mà chỉ hợp nhất đủ lâu để giải phóng các chất bên trong. Khi quá trình phân phối đã được thực hiện, các túi sẽ cải tổ và trở lại tế bào chất.

**3. Xuất bào lizoxom:** Lizoxom chứa các enzym axit hydrolase có tác dụng phân hủy các chất thải, vi sinh và các mảnh vụn tế bào. Lizoxom mang các chất đã được tiêu hóa đến màng tế bào, hợp nhất với màng và giải phóng các chất bên trong ra chất nền ngoại bào.





4. **Các bước xuất bào:** Sự xuất bào xảy ra theo năm bước, gồm vận chuyển túi tiết, kết nối, nối, son lột và dung hợp.



- **Vận chuyển:** Các túi tiết được vận chuyển đến màng tế bào theo các vi ống của tế bào. Chuyển động của các túi được cung cấp bởi các protein vận động kinesin, dynein và myosin.
- **Kết nối:** Khi đến màng tế bào, túi sẽ liên kết và kéo vào tiếp xúc với màng tế bào.
- **Nối:** bao gồm sự gắn kết của màng túi với màng tế bào. Các lớp kép phospholipid của màng túi và màng tế bào bắt đầu hợp nhất.
- **Son lột:** xảy ra trong quá trình xuất bào điều chỉnh và không xảy ra trong quá trình xuất bào cấu tạo. Bước này liên quan đến các sửa đổi cụ thể phải xảy ra trong các phân tử màng tế

bào nhất định để xảy ra hiện tượng xuất bào. Những sửa đổi này là cần thiết để các quá trình truyền tín hiệu kích hoạt quá trình xuất bào diễn ra.

- **Dung hợp:** Có hai loại dung hợp có thể diễn ra trong quá trình xuất bào. Khi hợp nhất hoàn toàn, màng túi hợp nhất hoàn toàn với màng tế bào. Năng lượng cần thiết để tách và hợp nhất màng lipid đến từ ATP. Sự hợp nhất của các màng tạo ra một lỗ hợp nhất, cho phép các chất chứa trong túi được tống ra ngoài khi túi trở thành một phần của màng tế bào. Trong quá trình hợp nhất theo kiểu hôn và chạy, túi tạm thời hợp nhất với màng tế bào đủ lâu để tạo ra lỗ hợp nhất và giải phóng nội dung của nó ra bên ngoài tế bào. Sau đó, túi sẽ kéo ra khỏi màng tế bào và cải tổ trước khi quay trở lại bên trong tế bào.

## 5. Xuất bào trong tế bào thần kinh

- Các tế bào thần kinh giao tiếp bằng các tín hiệu điện hoặc hóa học (chất dẫn truyền thần kinh) được truyền từ tế bào thần kinh này sang tế bào thần kinh kế tiếp. Chất dẫn truyền thần kinh được truyền qua quá trình xuất bào.
- Túi synap là những túi màng được hình thành do quá trình nội bào của màng sinh chất tại các đầu dây thần kinh trước synap. Sau khi hình thành, các túi này chứa đầy chất dẫn truyền thần kinh và được gửi đến một vùng của màng sinh chất được gọi là vùng hoạt động. Túi synap đang chờ một tín hiệu, một dòng ion canxi do một điện thế hoạt động mang lại, cho phép túi gắn vào màng trước synap. Sự hợp nhất thực tế của túi với màng trước synap không xảy ra cho đến khi xuất hiện dòng ion canxi thứ hai.
- Sau khi nhận được tín hiệu thứ hai, túi synap hợp nhất với màng trước synap tạo ra lỗ hợp nhất. Lỗ này mở rộng khi hai màng trở thành một và các chất dẫn truyền thần kinh được giải phóng vào khe tiếp hợp (khoảng trống giữa tế bào thần kinh trước khớp thần kinh và sau khớp thần kinh). Các chất dẫn truyền thần kinh liên kết với các thụ thể trên tế bào thần kinh sau synap.
- Tế bào thần kinh sau synap có thể bị kích thích hoặc bị ức chế bởi sự liên kết của các chất dẫn truyền thần kinh.

