

Tổng hợp kiến thức về Cấu trúc và Chức năng của Màng sinh chất

I. Khái niệm và Mô hình cấu trúc của màng sinh chất

1. Khái niệm

Màng sinh chất (plasma membrane) là một lớp màng bao bọc toàn bộ tế bào chất, ngăn cách tế bào với môi trường bên ngoài. Đây là một cấu trúc có tính thấm chọn lọc, đóng vai trò kiểm soát sự trao đổi chất giữa tế bào và môi trường.

2. Mô hình khảm động (Fluid Mosaic Model)

Mô hình cấu trúc của màng sinh chất được Singer và Nicolson đề xuất năm 1972, gọi là mô hình khảm động.

- **Tính "khảm":** Màng được cấu tạo từ một lớp kép phospholipid, trên đó có các phân tử protein "khảm" vào. Các protein này phân bố không đồng đều, tạo nên một bức tranh khảm.
- **Tính "động":** Các phân tử phospholipid và protein có thể di chuyển tương đối với nhau trong mặt phẳng của màng. Điều này làm cho màng có tính linh hoạt, mềm dẻo, có thể biến đổi hình dạng và tự phục hồi các vết thương nhỏ.

Ví dụ: Hãy tưởng tượng các protein như những "tảng băng" trôi nổi trên "biển" phospholipid. Chúng có thể di chuyển ngang (lateral movement) nhưng hiếm khi lật từ mặt này sang mặt kia của màng.

II. Các thành phần cấu tạo của màng sinh chất

1. Lớp kép Phospholipid

- **Cấu trúc:** Mỗi phân tử phospholipid có một **đầu ưa nước** (gồm glycerol và nhóm phosphate) và hai **đuôi kỵ nước** (là các chuỗi acid béo). Chúng sắp xếp thành hai lớp, hai đuôi kỵ nước quay vào nhau, hai đầu ưa nước hướng ra ngoài (phía môi trường nước bên ngoài và phía tế bào chất bên trong).
- **Chức năng:**
 - Tạo nên khung cơ bản, vững chắc nhưng linh động cho màng.
 - Hoạt động như một rào cản thẩm chọn lọc: Ngăn cản sự di chuyển tự do của các phân tử tan trong nước (phân cực, ion) qua màng. Chỉ cho các phân tử nhỏ, không phân cực, tan trong lipid đi qua dễ dàng.
- **Ví dụ:**
 1. Các phân tử khí như O_2 , CO_2 có kích thước nhỏ và không phân cực nên có thể khuếch tán trực tiếp qua lớp kép phospholipid.
 2. Các ion như Na^+ , K^+ , Ca^{2+} không thể tự đi qua lớp lipid kỵ nước mà cần có các kênh protein đặc hiệu.

2. Protein màng

Protein chiếm khoảng 50% khối lượng màng và thực hiện hầu hết các chức năng của màng.

- **Cấu trúc:** Có hai loại chính:

- **Protein xuyên màng:** Xuyên qua suốt lớp kép phospholipid, có vùng ưa nước ở hai đầu và vùng kỵ nước ở đoạn giữa.
- **Protein bám màng (protein ngoại vi):** Nằm ở bề mặt trong hoặc ngoài của màng, liên kết lỏng lẻo với đầu ưa nước của phospholipid hoặc với protein xuyên màng.

- **Chức năng:** Rất đa dạng, được thể hiện trong bảng sau:

Chức năng	Mô tả	Ví dụ cụ thể
Vận chuyển	Tạo kênh hoặc hoạt động như chất mang để đưa các chất qua màng.	Kênh Aquaporin cho phép nước đi qua nhanh chóng. Bơm Na^+ - K^+ vận chuyển chủ động các ion này.
Thụ thể	Liên kết với các phân tử tín hiệu (hormone, chất dẫn truyền thần kinh) và truyền tín hiệu vào trong tế bào.	Thụ thể của hormone insulin trên bề mặt tế bào gan và cơ.
Neo đậu enzyme	Nhiều enzyme được gắn vào màng để thực hiện các chuỗi phản ứng trao đổi chất.	Các enzyme trong chuỗi chuyển electron hô hấp nằm trên màng trong ti thể.
Nhận biết tế bào	Các glycoprotein hoạt động như "dấu chuẩn" giúp các tế bào nhận ra nhau.	Sự khác biệt về glycoprotein trên hồng cầu quy định các nhóm máu A, B, AB, O.
Kết nối tế bào	Các protein màng của tế bào lân cận có thể móc nối với nhau, tạo thành các mối nối gian bào.	Các mối nối chặt (tight junction) giữa các tế bào biểu mô ruột.

Chức năng	Mô tả	Ví dụ cụ thể
Liên kết khung xương	Neo đậu vào các sợi của khung xương tế bào, giúp duy trì hình dạng tế bào.	Protein màng liên kết với các vi sợi actin bên trong tế bào.

3. Carbohydrate

- **Cấu trúc:** Là các chuỗi oligosaccharide ngắn, chỉ có ở mặt ngoài của màng sinh chất. Chúng liên kết với protein tạo thành **glycoprotein** hoặc liên kết với lipid tạo thành **glycolipid**. Toàn bộ lớp carbohydrate này tạo thành lớp áo tế bào (glycocalyx).
- **Chức năng:**
 - Bảo vệ tế bào khỏi các tổn thương cơ học và hóa học.
 - Đóng vai trò là "dấu chuẩn" đặc trưng cho từng loại tế bào, giúp tế bào nhận biết nhau và nhận biết các tế bào lạ.
 - Tham gia vào sự kết dính giữa các tế bào để tạo thành mô.
- **Ví dụ:**
 1. Hệ miễn dịch của người có thể phân biệt tế bào của cơ thể và vi khuẩn xâm nhập dựa trên các glycoprotein đặc trưng trên bề mặt của chúng.
 2. Sự tương thích khi truyền máu phụ thuộc vào sự phù hợp của các kháng nguyên (là glycoprotein) trên bề mặt hồng cầu người cho và kháng thể trong huyết tương người nhận.

4. Cholesterol

- **Cấu trúc:** Là các phân tử steroid, có cấu trúc vòng kền, xen kẽ vào giữa lớp kép phospholipid. *Lưu ý: Cholesterol chỉ có ở màng tế bào động vật.*
- **Chức năng:** Điều chỉnh tính linh động (tính lỏng) của màng.
 - Ở nhiệt độ cao, cholesterol làm giảm sự di chuyển của các phospholipid, giúp màng trở nên ổn định và ít lỏng hơn.
 - Ở nhiệt độ thấp, cholesterol ngăn cản các phospholipid kết tụ lại với nhau, duy trì trạng thái lỏng và ngăn màng bị đông cứng.
- **Ví dụ:**
 1. Màng tế bào của động vật sống ở vùng lạnh có hàm lượng cholesterol cao hơn để đảm bảo màng vẫn linh động trong điều kiện nhiệt độ thấp.
 2. Khi nhiệt độ cơ thể tăng (sốt), cholesterol giúp màng tế bào không bị "tan chảy" quá mức, duy trì sự toàn vẹn cấu trúc.

III. Chức năng của màng sinh chất

Màng sinh chất thực hiện nhiều chức năng sống còn đối với tế bào:

1. Tạo rào cản chọn lọc và Vận chuyển các chất

Đây là chức năng cơ bản nhất. Màng kiểm soát chặt chẽ các chất đi vào và đi ra khỏi tế bào.

- **Vận chuyển thụ động:** Không tiêu tốn năng lượng (ATP), theo chiều gradient nồng độ (từ nơi cao đến nơi thấp). Gồm khuếch tán đơn giản (O_2 ,

CO₂), khuếch tán tăng cường (glucose, amino acid qua protein mang) và thẩm thấu (sự di chuyển của nước).

- **Vận chuyển chủ động:** Tiêu tốn năng lượng ATP, vận chuyển chất ngược chiều gradient nồng độ (từ nơi thấp đến nơi cao) nhờ các protein bơm đặc hiệu. Ví dụ: Bơm Na⁺-K⁺ ở tế bào thần kinh.
- **Xuất bào và Nhập bào:** Vận chuyển các phân tử lớn (protein, polysaccharide) hoặc cả tế bào (vi khuẩn) bằng cách biến dạng màng. Ví dụ: Bạch cầu thực bào vi khuẩn (nhập bào), tế bào tuyến tụy xuất bào hormone insulin (xuất bào).

2. Thu nhận và truyền thông tin

Màng sinh chất có các thụ thể protein đặc hiệu có khả năng tiếp nhận thông tin từ môi trường bên ngoài (ví dụ: hormone, các yếu tố tăng trưởng). Khi phân tử tín hiệu gắn vào thụ thể, nó sẽ kích hoạt một chuỗi các phản ứng truyền tin bên trong tế bào, dẫn đến một đáp ứng cụ thể.

Ví dụ: Khi hormone adrenaline từ máu gắn vào thụ thể trên bề mặt tế bào gan, nó sẽ kích hoạt quá trình phân giải glycogen thành glucose, cung cấp năng lượng cho cơ thể hoạt động.

3. Nhận biết tế bào (Miễn dịch)

Nhờ các "dấu chuẩn" là glycoprotein và glycolipid, các tế bào trong cùng một cơ thể có thể nhận ra nhau và phối hợp hoạt động. Hệ miễn dịch cũng dựa vào các dấu chuẩn này để phân biệt tế bào của cơ thể (tế bào "quen") với

các tác nhân lạ (tế bào "lạ" như vi khuẩn, tế bào ung thư, tế bào từ cơ quan ghép) để tiêu diệt.

Ví dụ: Hiện tượng thải ghép cơ quan xảy ra khi hệ miễn dịch của người nhận tấn công các tế bào của cơ quan được ghép do nhận diện các glycoprotein bề mặt là "lạ".

4. Neo đậu các enzyme

Màng sinh chất là nơi cố định của nhiều hệ thống enzyme, giúp các phản ứng trong một chuỗi chuyển hóa diễn ra theo một trật tự không gian xác định và hiệu quả hơn.

Ví dụ: Các enzyme tham gia vào quá trình tổng hợp ATP trong hô hấp tế bào được sắp xếp theo một trình tự nghiêm ngặt trên màng trong của ti thể.