

Tổng hợp kiến thức: Sự vận chuyển xung thần kinh qua Xináp

Xináp là cấu trúc quan trọng trong hệ thần kinh, đóng vai trò then chốt trong việc truyền thông tin giữa các tế bào thần kinh hoặc giữa tế bào thần kinh và tế bào hiệu ứng. Hiểu rõ cơ chế hoạt động của xináp là nền tảng để giải thích nhiều hiện tượng sinh lý phức tạp của cơ thể.

I. Khái niệm Xináp (Synapse)

Khái niệm: Xináp là diện tiếp xúc giữa tế bào thần kinh với tế bào thần kinh, hoặc giữa tế bào thần kinh với tế bào hiệu ứng (như tế bào cơ, tế bào tuyến). Chức năng của xináp là truyền xung thần kinh từ tế bào này sang tế bào khác.

- **Ví dụ 1:** Xináp thần kinh - thần kinh: Điểm kết nối giữa sợi trục của một nơron và đuôi gai của nơron kế tiếp.
- **Ví dụ 2:** Xináp thần kinh - cơ: Điểm kết nối giữa đầu tận cùng của nơron vận động và màng của sợi cơ (còn gọi là tấm vận động cơ).

II. Cấu tạo của Xináp hóa học

Xináp hóa học là loại xináp phổ biến nhất ở động vật. Một xináp hóa học điển hình gồm 3 bộ phận chính:

1. 1. Chùy xináp (Màng trước xináp)

Là phần phình to của đầu tận cùng sợi trục neuron trước. Bên trong chùy xináp có chứa:

- **Ti thể:** Cung cấp năng lượng (ATP) cho quá trình tổng hợp và vận chuyển chất trung gian hóa học.
- **Bóng chứa chất trung gian hóa học (túi xináp):** Mỗi bóng chứa hàng nghìn phân tử chất trung gian hóa học (neurotransmitter) như acetylcholine, dopamine, serotonin...
- **Kênh Ca^{2+} có cổng điện thế:** Nằm trên màng chùy xináp, có vai trò quan trọng trong việc giải phóng chất trung gian hóa học.

2. 2. Khe xináp

Là một khe hẹp (khoảng 20-50 nm) nằm giữa màng trước và màng sau xináp. Khe này chứa đầy dịch ngoại bào.

3. 3. Màng sau xináp

Là màng của tế bào kế tiếp (neuron hoặc tế bào hiệu ứng). Trên màng sau có các cấu trúc quan trọng:

- **Thụ thể (Receptor):** Là các phân tử protein đặc hiệu, mỗi loại chỉ liên kết với một loại chất trung gian hóa học nhất định.
- **Kênh ion có cổng hóa học:** Các kênh này sẽ mở hoặc đóng khi thụ thể liên kết với chất trung gian hóa học, làm thay đổi tính thấm của màng sau

đối với các ion (Na^+ , K^+ , Cl^- ...).

III. Quá trình truyền tin qua Xináp hóa học

Quá trình truyền tin qua xináp hóa học diễn ra theo một chuỗi các sự kiện nối tiếp nhau, đảm bảo thông tin được truyền đi chính xác.

- Bước 1: Xung thần kinh lan truyền đến chùy xináp.** Khi điện thế hoạt động (xung thần kinh) đến đầu tận cùng của sợi trục, nó gây khur cực màng trước xináp.
- Bước 2: Kích thích kênh Ca^{2+} mở.** Sự thay đổi điện thế trên màng trước làm mở các kênh Ca^{2+} có cổng điện thế. Ion Ca^{2+} từ dịch ngoại bào tràn vào bên trong chùy xináp.
- Bước 3: Giải phóng chất trung gian hóa học.** Nồng độ Ca^{2+} tăng cao trong chùy xináp kích thích các bóng chứa chất trung gian hóa học tiến đến và hòa màng với màng trước xináp, giải phóng các chất trung gian hóa học vào khe xináp theo cơ chế xuất bào.
- Bước 4: Chất trung gian hóa học khuếch tán và gắn vào thụ thể.** Các phân tử chất trung gian hóa học khuếch tán qua khe xináp và gắn vào các thụ thể tương ứng trên màng sau xináp theo cơ chế "chìa khóa - ổ khóa".
- Bước 5: Xuất hiện điện thế sau xináp.** Phức hợp chất trung gian hóa học - thụ thể làm thay đổi tính thấm của màng sau đối với các ion, gây ra sự thay đổi điện thế ở màng sau, gọi là điện thế sau xináp. Có hai loại điện thế sau xináp:

- **Điện thế sau xináp hưng phấn (EPSP):** Nếu chất trung gian hóa học (ví dụ: Acetylcholine, Glutamate) làm mở kênh Na^+ , ion Na^+ sẽ đi vào bên trong tế bào, gây khử cực màng sau. Nếu mức độ khử cực đạt đến ngưỡng, nó sẽ gây ra một điện thế hoạt động mới ở nơron sau, và xung thần kinh tiếp tục được truyền đi.
- **Điện thế sau xináp ức chế (IPSP):** Nếu chất trung gian hóa học (ví dụ: GABA, Glycine) làm mở kênh Cl^- (khiến Cl^- đi vào) hoặc kênh K^+ (khiến K^+ đi ra), màng sau sẽ bị ưu phân cực (tăng phân cực). Điều này làm cho nơron sau khó đạt đến ngưỡng kích thích hơn, do đó có tác dụng ức chế sự truyền xung thần kinh.

6. **Bước 6: Loại bỏ chất trung gian hóa học.** Sau khi phát huy tác dụng, chất trung gian hóa học sẽ được loại bỏ khỏi khe xináp để đảm bảo tín hiệu không kéo dài vô tận. Có 3 cơ chế chính: bị enzyme phân giải (ví dụ: enzyme Acetylcholinesterase phân giải Acetylcholine), được tế bào trước tái hấp thu (reuptake), hoặc khuếch tán ra khỏi khe xináp.

IV. Đặc điểm của sự truyền tin qua Xináp

- **Truyền tin theo một chiều:** Xung thần kinh chỉ được truyền từ màng trước đến màng sau xináp. Lý do là chỉ màng trước mới có bóng chứa chất trung gian hóa học và chỉ màng sau mới có thụ thể tiếp nhận chúng.
- **Có sự chậm trễ (Synaptic delay):** Tốc độ truyền tin qua xináp chậm hơn so với tốc độ lan truyền trên sợi trục. Nguyên nhân là do cần thời gian cho các quá trình: giải phóng chất trung gian hóa học, khuếch tán qua khe, và

gắn vào thụ thể.

- **Có hiện tượng cộng gộp điện thế:** Một nơron có thể nhận tín hiệu từ nhiều nơron khác nhau. Các điện thế sau xináp (cả hưng phấn và ức chế) có thể cộng dồn về mặt không gian và thời gian để quyết định xem nơron sau có phát xung thần kinh hay không.

V. Phân loại Xináp

Ngoài xináp hóa học, còn có xináp điện. Dưới đây là bảng so sánh hai loại xináp này:

Tiêu chí	Xináp Hóa học	Xináp Điện
Cấu tạo	Có chùy xináp, khe xináp, màng sau xináp.	Hai màng tế bào nối với nhau bằng các kênh protein (kênh nối).
Khe xináp	Rộng (20-50 nm).	Rất hẹp (2-4 nm) hoặc gần như không có.
Chất truyền tin	Chất trung gian hóa học (neurotransmitter).	Dòng ion trực tiếp.
Tốc độ truyền tin	Chậm (có độ trễ xináp).	Rất nhanh (gần như tức thời).
Chiều truyền tin	Một chiều (từ màng trước đến màng sau).	Thường là hai chiều.
Phân bố	Phổ biến ở động vật có vú.	Phổ biến ở động vật không xương sống, cơ tim, cơ trơn.

VI. Ý nghĩa của sự truyền tin qua Xináp

Sự truyền tin qua xináp không chỉ đơn thuần là chuyển tiếp xung thần kinh mà còn có vai trò xử lí thông tin. Màng sau xináp là nơi tích hợp các tín hiệu hưng phấn và ức chế từ nhiều nơron khác nhau, quyết định sự đáp ứng của tế bào. Đây là cơ sở của các hoạt động phức tạp của hệ thần kinh như học tập và trí nhớ.