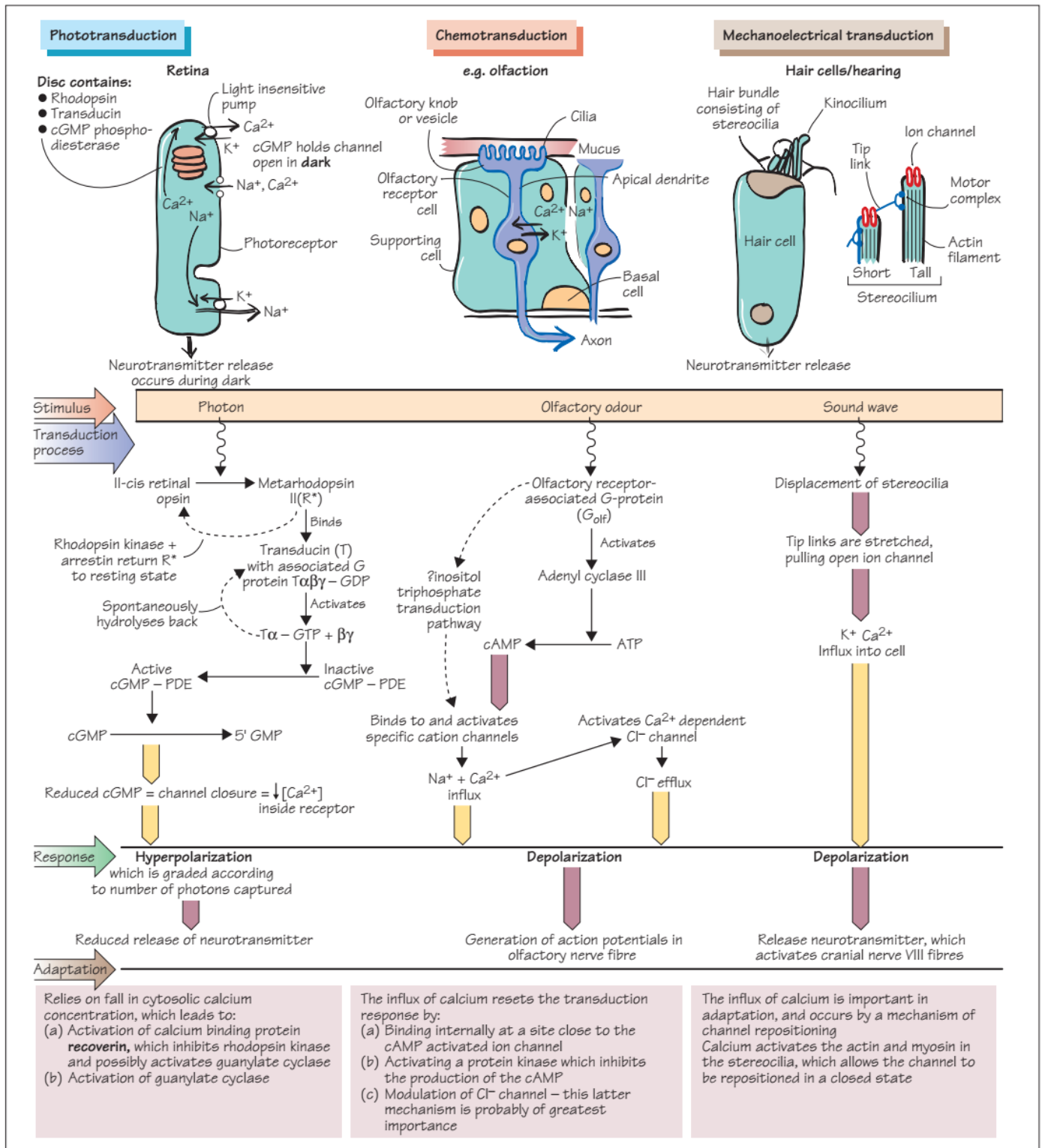


## 23. CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU CẢM GIÁC



Sự chuyển đổi tín hiệu cảm giác gồm chuyển đổi tín hiệu của kích thích từ môi trường ngoài hay trong cơ thể thành tín hiệu điện dẫn qua hệ thần kinh. Quá trình này được thực hiện bởi tất cả các hệ cảm giác và nhìn chung liên quan đến 1 trong 2 quá trình dưới đây:

- **Quá trình hóa học** trong võng mạc, lưỡi hoặc biểu mô khứu giác

Hoặc

- **Quá trình cơ học** trong ốc tai và hệ cảm giác thân thể.

Các loại chuyển đổi tín hiệu trái ngược nhau này được biểu hiện rõ nhất trong một số giác quan đặc biệt.

## Chuyển đổi tín hiệu ánh sáng

**Chuyển đổi tín hiệu ánh sáng** là quá trình mà năng lượng ánh sáng ở dạng photon được chuyển thành năng lượng điện dưới dạng biến đổi điện thế ở thụ thể ánh sáng (hay tế bào nhận cảm ánh sáng, gồm tế bào gậy và tế bào nón) trong võng mạc. Chuỗi sự kiện như sau:

1. Các photon được bắt giữ trong các sắc tố ở đoạn ngoài của thụ thể ánh sáng.
2. Điều này tạo ra quá trình khuếch đại bằng protein G, transducin với chất truyền tin thứ hai là guanosine monophosphate vòng (cGMP).
3. Điều này làm giảm nồng độ cGMP dẫn đến đóng kênh.
4. Việc đóng các kênh này, vốn cho phép cho  $\text{Na}^+$  và  $\text{Ca}^{2+}$  đi vào thụ thể ánh sáng trong tối, dẫn đến đáp ứng quá phân cực, mức độ đáp ứng được phân loại theo số photon bị bắt giữ bởi sắc tố của thụ thể ánh sáng.

Đáp ứng quá phân cực làm cho các thụ thể ánh sáng giảm phóng thích glutamate vào các tế bào lưỡng cực và tế bào ngang. Việc chấm dứt đáp ứng của thụ thể với một kích thích ánh sáng không đổi liên tục là nhờ nhiều yếu tố, nhưng quan trọng là thay đổi nồng độ  $\text{Ca}^{2+}$  nội bào. Bơm  $\text{Ca}^{2+}$  không nhạy cảm ánh sáng ở đoạn ngoài, cùng với việc đóng kênh cation (kênh ion dương) dẫn đến giảm đáng kể nồng độ  $\text{Ca}^{2+}$  nội bào, vốn quan trọng trong việc chấm dứt đáp ứng nhận cảm ánh sáng cũng như thích nghi với ánh sáng trung gian (hoặc nền).

Một số dạng bẩm sinh hiếm gặp của **mù ban đêm (night blindness)** có liên quan với sự suy giảm đặc biệt trong con đường chuyển đổi tín hiệu ánh sáng.

## Chuyển đổi tín hiệu khứu giác

**Chuyển đổi tín hiệu khứu giác** tương tự một quá trình qua trung gian hóa học.

Các tế bào thụ thể khứu giác là các neuron lưỡng cực bao gồm một sợi nhánh (dendrite) với một núm (knob) có lông mao, và một sợi trục là thần kinh khứu giác phóng chiếu tới hành khứu ở mặt dưới của thùy trán. Các lông mao, chứa các thụ thể khứu giác, làm tăng đáng kể diện tích bề mặt của biểu mô thần kinh khứu giác và do đó làm tăng xác suất bắt được mùi. Chuỗi trình tự như sau:

1. Sự gắn kết của phân tử mùi với thụ thể dẫn đến sự hoạt hóa của  $G_{\text{olf}}$ .
2. Điều này hoạt hóa adenylate cyclase loại III, giúp thủy phân adenosine triphosphate (ATP) thành adenosine monophosphate vòng (cAMP).
3. cAMP sau đó gắn và hoạt hóa các kênh cation đặc hiệu, từ đó cho phép  $\text{Na}^+$  và  $\text{Ca}^{2+}$  nhập bào, làm giảm chênh lệch nồng độ của chúng.
4. Điều này không chỉ khử cực một phần thụ thể, mà còn dẫn đến sự hoạt hóa của kênh  $\text{Cl}^-$  phụ thuộc  $\text{Ca}^{2+}$  và sau đó  $\text{Cl}^-$  xuất bào, làm khử cực thêm thụ thể khứu giác.
5. Có thể có thêm quá trình chuyển đổi tín hiệu tại thụ thể khứu giác sử dụng inositol triphosphate làm tín hiệu truyền tin thứ hai.

6. Điều này dẫn đến phát sinh điện thế động tại thân tế bào, sau đó dẫn truyền xuống sợi trục thần kinh khúu giác để đến hành khúu.

Dòng  $\text{Ca}^{2+}$  nhập bào cũng rất quan trọng trong việc thích ứng bằng cách thiết lập lại đáp ứng chuyển đổi tín hiệu.

### Chuyển đổi tín hiệu thính giác

Ngược với chuyển đổi tín hiệu ánh sáng và khúu giác, quá trình **chuyển đổi tín hiệu thính giác** ở tai trong liên quan với sự dịch chuyển cơ học của **lông lập thể** (stereocilia) ở trên tế bào lông của ốc tai. Chuỗi trình tự như sau:

1. Kích thích cảm giác (sóng âm) làm xương bàn đạp chuyển động trong cửa sổ bầu dục tạo ra sóng trong tầng tiền đình và tầng nhĩ chứa đầy ngoại dịch của ốc tai.
2. Điều này làm dịch chuyển màng nền, trên đó có các tế bào lông thuộc cơ quan Corti. Những tế bào này chuyển đổi sóng âm thanh thành đáp ứng điện học bằng một quá trình chuyển đổi cơ học. Các lông lập thể ở đỉnh của tế bào lông được nối với nhau bằng các liên kết đỉnh (tip link), các liên kết này được gắn với các kênh ion.
3. Âm thanh khiến cho các lông lập thể bị dịch chuyển theo hướng của lông lập thể lớn nhất (kinocilium) tạo ra sức căng trong các liên kết đỉnh, từ đó kéo mở kênh ion.
4. Kênh ion này sau đó cho phép  $\text{K}^+$  (không phải  $\text{Na}^+$ , vì nội dịch ở tầng giữa chứa nhiều  $\text{K}^+$  và ít  $\text{Na}^+$ ) và  $\text{Ca}^{2+}$  đi vào trong tế bào lông, từ đó khử cực tế bào lông.
5. Sự khử cực này làm phóng thích chất dẫn truyền thần kinh tại đáy các tế bào lông, từ đó hoạt hóa các sợi hướng tâm của dây thần kinh ốc tai.

Sự dịch chuyển liên tục của lông lập thể khi đáp ứng với âm thanh bị chống lại bởi một quá trình thích nghi, với sự tái định vị của kênh ion sao cho các kênh này đóng lại để đáp ứng với mức độ căng ở liên kết đỉnh. Điều này đạt được nhờ dòng  $\text{Ca}^{2+}$  nhập bào thông qua các kênh truyền dẫn ion, giúp hoạt hóa actin – myosin trong lông lập thể để kênh ion được tái định vị ở trạng thái đóng.

Một số hội chứng điếc bẩm sinh hiện nay đã được xác định là do bất thường ở myosin trong các tế bào lông.

### Các quá trình chuyển đổi tín hiệu khác

Quá trình chuyển đổi tín hiệu trong các thụ thể cảm giác thân thể, thụ thể đau, thụ thể nhiệt, thụ thể vị giác và thoi cơ được thảo luận lần lượt trong chương sau.