

## Evolutie van lichtreceptoren

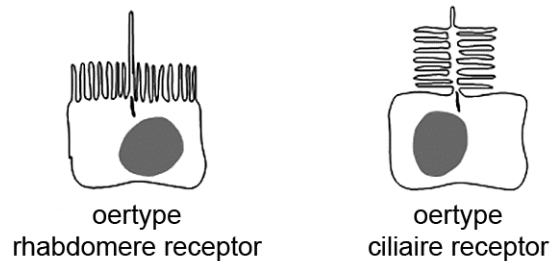
Er zijn grote verschillen in de bouw en werking van ogen van ongewervelde en gewervelde dieren. Onderzoek naar overeenkomsten en verschillen tussen lichtreceptoren (lichtzintuigcellen) werpt een licht op de evolutionaire ontwikkeling ervan.

Lichtreceptoren vangen licht (fotonen) op met behulp van pigmenten in geplooide membranen. Deze prikkels worden in het zenuwstelsel omgezet in impulsen.

Er zijn twee oertypen lichtreceptoren: rhabdomere en ciliaire receptoren (zie afbeelding 1).

De rhabdomere receptoren lijken kenmerkend voor ongewervelden, de ciliaire voor gewervelden.

afbeelding 1



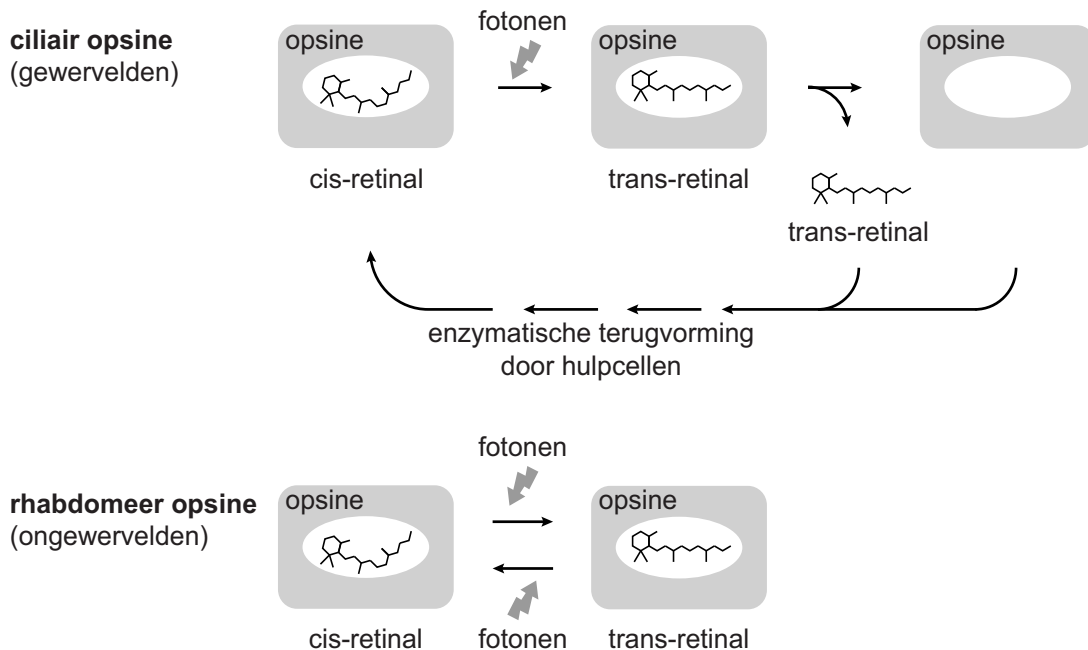
Beide typen lichtreceptoren bezitten membraanuitstulpingen.

1p 16 Welk voordeel levert deze vorm voor de functie van de lichtreceptoren?

De lichtreceptoren bevatten opsinen: eiwitten die, gebonden aan het pigment retinal, licht kunnen absorberen. Retinal komt voor in twee vormen (isomeren). Wanneer retinal in de cis-vorm een foton absorbeert, wordt het omgezet in trans-retinal.

Bij ciliaire opsinen zijn enzymatische omzettingen in speciale hulpcellen nodig om dit trans-retinal weer terug te vormen naar de cis-retinal (zie afbeelding 2). De regeneratie bij rhabdomere opsinen is eenvoudiger: bij blootstelling aan een volgend foton verandert het trans-retinal weer terug in cis-retinal.

## afbeelding 2



Over het functioneren van de twee typen lichtreceptoren worden op basis van bovenstaande informatie twee beweringen gedaan:

- 1 In fel licht raken ciliaire receptoren eerder ongevoelig voor prikkels dan rhabdomere receptoren.
- 2 Voor een gelijke prikkelwaarneming zijn in rhabdomere receptoren (vanwege de snelle regeneratie van cis-retinal) meer opsines nodig dan in ciliaire receptoren.

2p 17 Welke van deze beweringen is of welke zijn op basis van bovenstaande informatie juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

Lichtreceptoren hebben grote overeenkomsten met zenuwcellen. Zo zijn ze negatief geladen ten opzichte van het omringende milieu en is de intracellulaire  $\text{Na}^+$ -concentratie lager dan in het omringende milieu. Lichtprikkels leiden tot een verandering van de membraanpotentiaal in lichtreceptoren. In rhabdomere receptoren openen daardoor de  $\text{Na}^+$ -kanalen. In ciliaire receptoren, zoals de staafjes in ons netvlies, leidt dit juist tot het sluiten van  $\text{Na}^+$ -kanalen.

- 2p 18 Zijn belichte staafjes negatiever geladen of minder negatief geladen dan staafjes in het donker? En vindt bij staafjes in het licht depolarisatie of hyperpolarisatie plaats?

Belichte staafjes zijn:	Depolarisatie of hyperpolarisatie?
-------------------------	------------------------------------

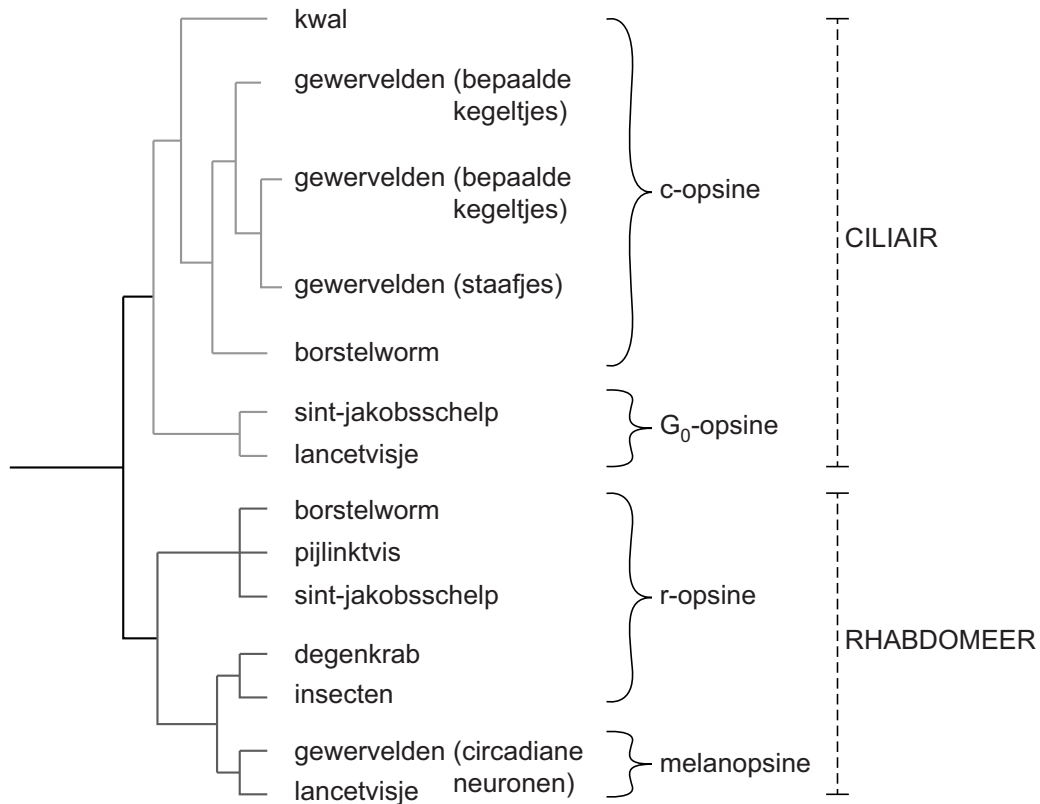
- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| A negatiever geladen      | depolarisatie    |
| B negatiever geladen      | hyperpolarisatie |
| C minder negatief geladen | depolarisatie    |
| D minder negatief geladen | hyperpolarisatie |

Het handhaven van een rustpotentiaal kost energie en gebeurt in ciliaire en rhabdomere receptoren op gelijke wijze.

- 1p 19 Welk membraaneiwit verbruikt veel energie bij het handhaven van een rustpotentiaal?

Er bestaan veel varianten van het eiwit opsine. In ciliaire receptoren worden c-opsinen of  $G_0$ -opsinen gevonden, in rhabdomere receptoren r-opsinen of melanopsinen. Bij de mens vind je ciliaire opsinen in de zintuigcellen (staafjes en kegeltjes) in het netvlies van het oog. Melanopsinen zitten in zenuwcellen in het netvlies van ons oog en hebben een functie bij de regeling van het circadiane (dag-nacht)ritme. In afbeelding 3 (op pagina 12) is een ordening op basis van overeenkomsten in aminozuurvolgorde van de opsinen weergegeven.

**afbeelding 3**



De gevonden overeenkomsten en verschillen tussen de typen opsinen van verschillende (groepen van) dieren wijzen op een gemeenschappelijke oorsprong van rhabdomere en ciliaire lichtreceptoren.

Twee beweringen hierover zijn:

- 1 De oertypen van rhabdomere en ciliaire receptoren waren er al voor het ontstaan van de eerste gewervelden.
- 2 De staafjes zijn in de evolutie van gewervelden eerder ontstaan dan de kegeltjes.

2p **20** Welke van deze beweringen wordt of welke worden door de gegevens in afbeelding 3 ondersteund?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

Verschillen en overeenkomsten van lichtreceptoren kunnen duiden op een analoge of homologe evolutionaire ontwikkeling.

Een aantal evolutionaire deelprocessen die leiden tot analogie of homologie van lichtreceptoren zijn in onderstaande zinnen gegeven:

- 1 Er is lichtgevoeligheid ontstaan in een celtype van een gemeenschappelijke voorouder.
- 2 Er is lichtgevoeligheid ontstaan in bepaalde celtypes in verschillende voorouders.
- 3 Door mutaties zijn varianten hiervan ontstaan.
- 4 Er zijn steeds meer overeenkomsten tussen de varianten ontstaan.
- 5 Er zijn steeds meer verschillen tussen de varianten ontstaan.

2p 21 Wat is de kenmerkende volgorde van deelprocessen die leidt tot een analoge evolutie van lichtreceptoren?

- A 1 - 3 - 4
- B 1 - 3 - 5
- C 2 - 3 - 4
- D 2 - 3 - 5

---

**Bronvermelding**

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.*