

FYSIOLOGISCHE ASPEKTEN VAN DE INFRAROOD RECEPTOREN BIJ SLANGEN.

Door: P. Schiereck, Keizerstraat 22, 3417 EB
Montfoort.

Inhoud: Inleiding - Morfologie - Fysiologie -
Integratie - Literatuur.

INLEIDING

Sensoren, die gevoelig zijn voor temperatuursveranderingen, vinden we bij nagenoeg alle dieren. De verwerking van het signaal van deze sensoren tot bepaalde informatie is echter sterk verschillend. Zo kan het signaal in een reflexkring uitkomst bieden bij het risico van verbranding. Bij *Boidae* en *Crotalidae* dient het, gecombineerd met andere sensorische informatie, tot beeldvorming van de omgeving. De mate waarin een dergelijk sensorisch apparaat bruikbaar is, hangt af van een aantal morfologische aspecten, alsmede van de eigenschappen van geleiding en opslag van warmte in de omgeving van de sensor. De schakeling van de zenuwpulsen in het centraal zenuwstelsel maakt uiteindelijk uit wie met wat iets gaat doen.

MORFOLOGIE

Het warmtegevoelige orgaan van de bovengenoemde slangen wordt ook wel pitorgaan genoemd. Het is een holte in het bot van de kop. De binnenzijde is bekleed met warmtegevoelige zenuwuiteinden. De opening is versmald en ongeveer 1 tot 1,5 mm in diameter. De achterliggende ruimte verbreedt zich, zodat een paddestoelvormige holte ontstaat. De be-

kleding van de binnenzijde bestaat uit een vlies van ongeveer 15 micron (= 0,015 mm) dikte en ongeveer 30 mm² in oppervlakte. Het vlies wordt omsloten door een epitheel laag. In dit vlies liggen vertakkingen van de dendrieten van de Nervus trigeminus, zodanig dat een bepaalde 'boom' een bepaald gebiedje 'ziet' (zie figuur 1). De uit deze gebiedjes, ongeveer 7000 in getal, komende zenuwcellen vormen de zenuwbundels, die uiteindelijk de sensor verlaten.

Het is niet moeilijk te begrijpen, dat de wijze waarop het weefsel om de sensor is georganiseerd, bepaalt hoe gevoelig deze is. Bij diep liggende sensoren zal eerst het bovenliggende weefsel in temperatuur moeten veranderen alvorens de sensor iets merkt. Hierdoor ontstaat dus een vertraging in en een verzwakking van het signaal. Geleiding van de warmte en opslag capaciteit van warmte in het omliggende weefsel is dus bepalend voor de bruikbaarheid van de sensor. Bij ratelslangen is het vlies ook aan de achterzijde door lucht omgeven. De opvallende stralingswarmte zal dus alleen

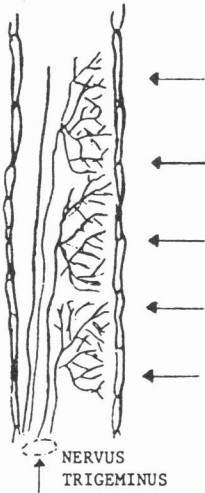


Fig. 1. Vlies in het pitorgaan. Dendrieten van de Nervus trigeminus vormen de sensorische eenheden in het vlies.

het vlies in temperatuur doen veranderen. Bij *Boïdae* ligt dit vlies direkt tegen de achterzijde van de holte aan, zodat hier van een geringere gevoeligheid sprake zal zijn.

De wijze waarop deze organen worden 'belicht' door infrarode straling, is te vergelijken met de beeldvorming in een fototoestel met niet al te klein diafragma. De opening van de pit bepaalt de intensiteit van de doorgelaten straling, maar ook de onscherpte.

FYSIOLOGIE

Vanuit de pit lopen de diverse zenuwvezels naar een centraal schakelpunt. Neurofysiologisch onderzoek heeft aangetoond, dat er altijd een bepaalde serie zenuwimpulsen van de pit wordt afgevoerd. Men kan moeilijk spreken van een rust-situatie bij temperatuurmeting en het af te geven signaal zal dus voornamelijk door middel van plotseling aangeboden temperatuursverschillen veranderen. Deze verandering geschiedt dan wel binnen 100 millisecon. (= 0,1 sec.) en geeft een sterke toename te zien in het aantal impulsen per seconde. Als de bestraling blijft bestaan, zien we echter het aantal impulsen gedurende enkele tientallen seconden afnemen tot het uitgangsniveau. We spreken hier van adaptatie (gewenning). De pitorganen zijn dus vooral bedoeld om temperatuursverschillen te meten, dus voor dynamisch gebruik (zie figuur 2). Het weghalen van de stimulus laat dus een sterke daling van het aantal impulsen per seconde zien, gevolgd door een adaptatie. In dit dynamisch meten vindt de pit juist zijn sterkte. Door deze opbouw is het mogelijk om een temperatuursverandering van het membraan van 0,003°C te meten. Of dit oplos-send vermogen ook effectief wordt bereikt bij de waarneming, hangt dus af van het omringend weef-sel.

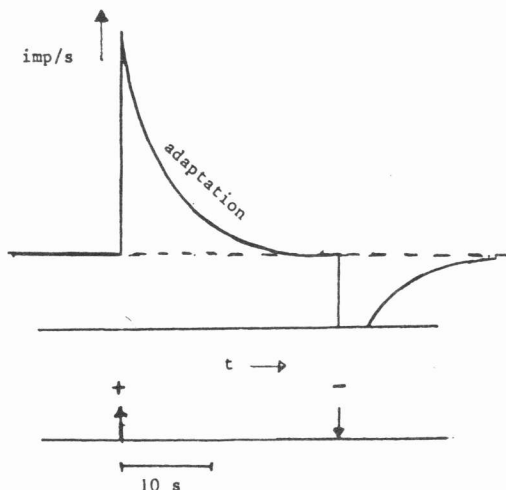


Fig. 2. Verloop van het aantal impulsen per seconde in een zenuwcel als functie van de tijd; bij + : warmteprikkel, bij - : koudeprikkel. Het gestreepte niveau geeft het aantal impulsen per seconde in statische toestand aan.

De verkregen informatie, dus series impulsen, keurig via de aparte zenuwbanen, gaat naar een schakelcentrum in het achterste deel van de hersenen. De impulsen van links naar een links gelegen centrum, die van rechts naar een rechts gelegen centrum. Van daaruit schakelen ze over op een zenuw, die naar een iets meer naar voren gelegen centrum gaat om vervolgens over te schakelen op een zenuw, die naar de andere zijde van de tussenhersen gaat en eindigt op het linker of rechter deel van het optisch tectum (het 'dak' van de tussenhersen).

Dit onderdeel van de tussenhersen is ook het eindpunt van de informatie van het orgaan dat de straling uit het zichtbare deel van het spectrum opneemt: het oog. Dus linker pit(s) en linker oog komen rechts in het optisch tectum uit, en rechter pit(s) en rechter oog op het linker deel.

INTEGRATIE

Hoe passen nu deze beelden op elkaar? Het basisprincipe is het gemakkelijkst te begrijpen in het geval van één pit en een oog aan iedere kant. Het licht wat van voren komt zal in het oog op het naar achter gelegen deel van het netvlies vallen. Dit geldt ook voor de infrarode straling vanuit die richting. Licht en infrarode straling van de achterzijde of halszijde van de kop van de slang vallen dus op het naar voren gelegen deel in het oog en de pit. De oog- en pitzenuw koppelen het naar achter gelegen deel van de sensoren aan het voorste deel van het optisch tectum en het naar voren gelegen deel van de sensoren met het achterste deel ervan. De signalen worden, behalve van links en rechts, ook nog per orgaan van voor en achter gekruisd.

De nauwkeurigheid van het pitsysteem is zodanig, dat de slang bij een slag op basis van alleen het pitorgaan een fout in de hoek van ongeveer 5° kan maken. Dit zal gecombineerd met de informatie van de ogen dus beduidend nauwkeuriger gaan.

Ingewikkelder wordt het als we de dertien paren pits van de python in combinatie met de ogen moeten integreren. Figuur 3 geeft schematisch de kop van de python met slechts drie pits aan (voor, midden, achter). Het basisprincipe is nu, dat we deze dertien pits als één hele grote pit moeten beschouwen. Ze zullen dus ieder apart een kleiner deel van het object waarnemen. De voorste pit ziet vooral de voorliggende voorwerpen en zal gekruisd op de voorste delen van het tectum worden afgebeeld. Zo komt de middelste op het midden en de achterste op het achterste deel uit. In de schets zal in het gebied 2, 3, 4 met een voorwerp in 3 de meeste informatie binnenkomen. In combinatie met visuele informatie, die hier ook bij 3 de meeste inhoud heeft, zal dus een beeld gevormd worden van

een voorwerp met afwijkende temperatuur ten opzichte van de omgeving. Verdere integratie met andere delen van de hersenen zorgt ervoor, dat de slang al dan niet zal toeslaan.

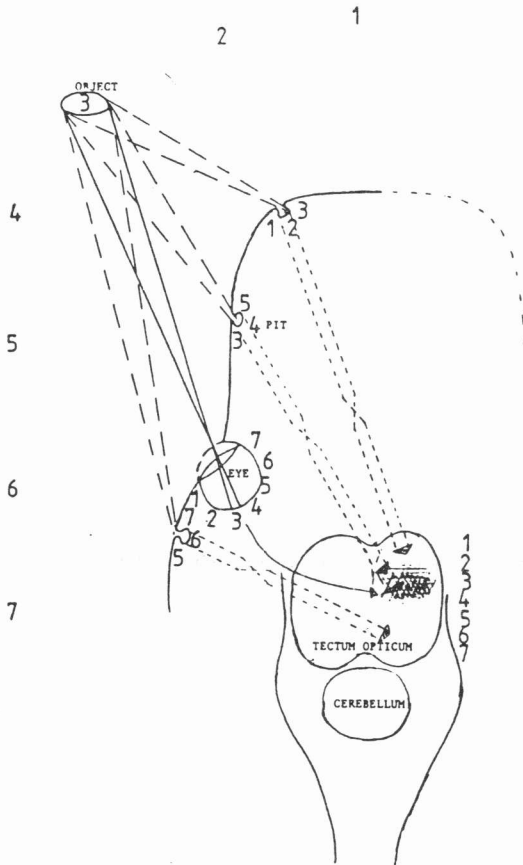


Fig. 3. Schematisch informatieverloop van pits en oog in de kop van een python.

LITERATUUR

Jung, R. (ed.), 1973. Handbook of Sensory Physiology, Part VII/3: Central Visual System. Springer Verlag, N.Y.

Newman, E.A. & P.H. Hartline, 1982. The infrared vision of snakes. Scientific American, Vol. 246 (3): 98-107.