

■ TEKST RUBEN JORRITSMa



OEPS!

JE NETVLIES ZIT ACHTERSTEVOREN...

Met het netvlies, het onderdeel achterin het oog waar je licht mee kunt waarnemen, **is iets vreemds aan de hand**. Het zit namelijk achterstevoren. Als je uitgaat van een Ontwerper zou je denken dat het niet zo slim is ontworpen... of toch wel?

Het netvlies bestaat onder meer uit lichtgevoelige cellen (staafjes en kegeltjes) en zenuwcellen die signalen doorgeven aan de hersenen. Het bijzondere is dat de zenuwcellen en zenuwbanen aan de voorkant over het netvlies heen lopen. Dat is dus aan de kant waar het licht vandaan komt. Met andere woorden: het licht moet eerst door de zenuwbanen dringen voordat het de lichtgevoelige staafjes en kegeltjes bereikt.

Je zou zeggen dat dit een rare constructie is. Het is alsof je een camera hebt waarbij de bedrading over de lichtgevoelige plaat heen ligt, waardoor het licht de plaat moeilijker kan bereiken. Niet alleen liggen de zenuwbanen in de weg voor het binnenkomende licht, de zenuwbanen moeten bovendien op één

of andere manier door het netvlies heen naar achteren. De uiteindelijke bestemming van de zenuwen is namelijk de hersenen, en die liggen achter het netvlies. Dus bevat het netvlies een plek waar alle zenuwbanen doorheen lopen en waar dus geen ruimte is voor staafjes en kegeltjes: de blinde vlek.

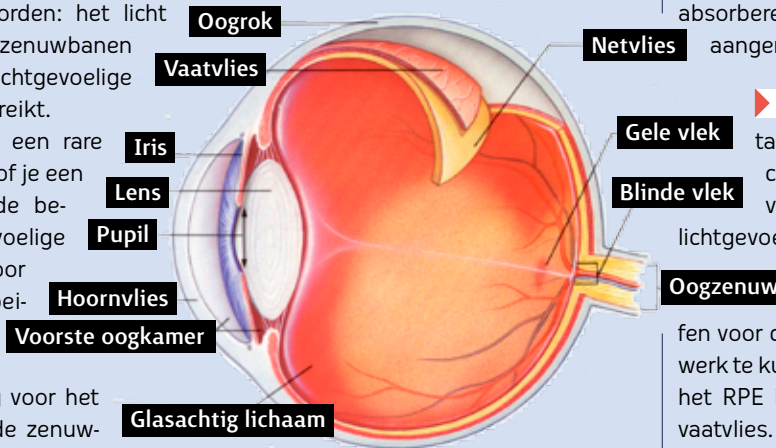
SLECHT ONTWERP?

In eerste oogopslag lijkt het netvlies dus een beetje dom ontworpen. Zou het niet veel logischer zijn als de lichtgevoelige onderdelen aan de voorkant lagen en de zenuwbanen aan de achterkant? Dan zouden ze het licht niet blokkeren en zou er ook geen blinde vlek zijn. Veel mensen denken dan ook dat het omgekeerde netvlies een voorbeeld is van dom ontwerp. Dit pleit volgens hen dus tegen een Ontwerper en voor evolutie. De bekende atheïst Richard Dawkins schijft daar over: '... het is niet gewoon een slecht ontwerp, het is het ontwerp van een volslagen idioot.'

Maar als je beter kijkt, is er feitelijk helemaal geen sprake van een van dom ontwerp. De zenuwbanen zijn zeer transparant en je ondervindt geen hinder van de omgekeerde oriëntatie van het netvlies. Er vindt amper tot geen weerkaatsing, lichtbreking of lichtspreading plaats. En de blinde vlek ligt vrij ver bij de visuele as van

daan en beslaat minder dan 0,25% van het visuele veld. De meeste mensen zullen nog nooit iets gemerkt hebben van hun blinde vlek (het kader hieronder brengt daar verandering in). Je ogen werken dan ook uitstekend, en je kunt er normaal gesproken heel scherp mee zien.

ze aan vervanging toe. Ze worden dan 'opgegeten' door het retinaal pigment epithel (RPE; de cellen waaruit het netvlies bestaat). Het RPE helpt dan met het recyclen van de grondstoffen waaruit de schijfjes bestaan, zodat er aan de voorkant van de staafjes en kegeltjes weer nieuwe licht absorberende schijfjes kunnen worden aangemaakt.



▶ Het RPE heeft een zware taak. Naast dat het helpt bij de recycling van de pigmentenschijfjes, voert het ook afvalstoffen van de lichtgevoelige cellen af, absorbeert het overtollig licht en is het de leverancier van voedingsstoffen voor de staafjes en kegeltjes. Om zijn werk te kunnen doen, is het essentieel dat het RPE in nauw contact staat met het vaatvlies. Het vaatvlies is een laag met bloedvaatjes die de aan- en afvoer van stoffen voor het RPE faciliteert.

Nu je dit weet kun je begrijpen dat de omgekeerde oriëntatie van het netvlies cruciaal is voor het functioneren van het oog. Het RPE moet direct naast de pigment-

REDENEN

Overigens zijn er goede redenen om het netvlies achterstevoren te plaatsen. Om die redenen te begrijpen moet je iets gedetailleerder naar de lichtgevoelige kegeltjes en staafjes kijken.

▶ De lichtgevoelige kegeltjes en staafjes bevatten grote aantallen membraanschijfjes. In de schijfjes zit-

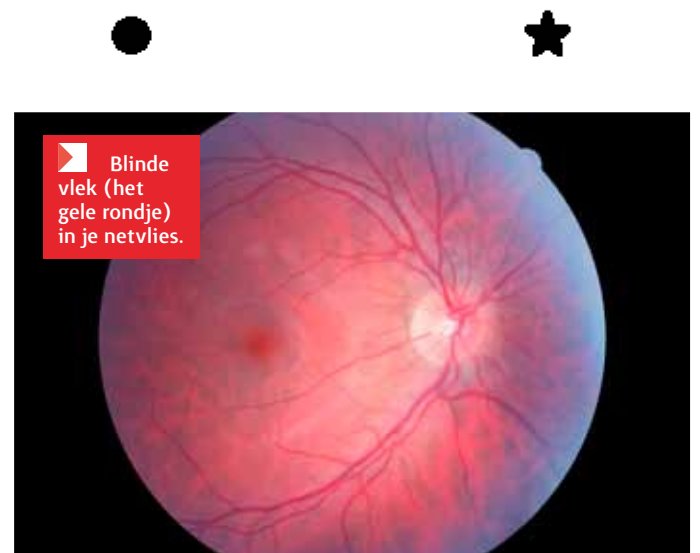
HEB JE WELEENS IETS GEMERKT VAN JE BLINDE VLEK? OOK AL ZIE JE SCHERP, TOCH HEB JE HEM.

ten pigmenten die licht kunnen absorberen. Aan de voorkant van de staafjes en kegeltjes worden voortdurend nieuwe schijfjes geproduceerd, die dan vervolgens geleidelijk richting de achterkant van de lichtgevoelige cellen bewegen. Tegen de tijd dat de schijfjes de achterkant van de staafjes en kegeltjes bereiken, zijn

ONTDEK JE BLINDE VLEK

Normaal gesproken merk je nooit iets van je blinde vlek. Maar door naar de cirkel en het sterretje te kijken (hieronder) kun je je blinde vlek detecteren. Begin op 30 centimeter afstand van de bladzijde. Sluit je rechteroog en focus met je linkeroog op het sterretje. Beweeg nu

je hoofd langzaam richting de bladzijde, terwijl je blijft focussen op het sterretje. Plotseling zal het bolletje verdwijnen. Als je nog dichterbij komt, zal het bolletje weer verschijnen. Je kunt de test ook doen met je rechteroog. Focus in dat geval op het bolletje.



schijfjes zitten om die te kunnen recyclen. En het vaatvlies moet daar weer direct aan grenzen. Als de zenuwbannen aan de achterkant van het netvlies zouden zitten, dan zou daar geen ruimte zijn voor het RPE en het vaatvlies. Dan zouden het RPE en het vaatvlies vóór het netvlies moeten liggen, in plaats van erachter. En dat zou de lichtinstraling véél meer belemmeren dan die transparante zenuwbannen. Vooral het vaatvlies zou veel meer licht blokkeren, want dat zit vol rode bloedcellen.

OPTISCHE VEZELS

Maar zijn die zenuwbannen die over het netvlies lopen dat toch niet enigszins hinderlijk? Het zal het beeld toch op z'n minst een beetje vertroebelen? Daar is een hele mooie oplossing voor bedacht:

Het is reeds lang bekend dat zich tussen de zenuwbannen cellen bevinden die cellen van Müller worden genoemd. Dat zijn langwerpige cellen die in de straalrichting van het licht liggen. Nog niet zo lang geleden is ontdekt

DE CELLEN VAN MÜLLER COMPENSEREN HET KLEINE NADEEL DAT EEN OMGEKEERD NETVLIES HEEFT RUIMSCHOOTS

dat deze cellen fungeren als optische vezels (net als bijvoorbeeld glas-

vezelkabels). Ze vangen vóór de zenuwbannen het licht op, en geleiden het naar de lichtgevoelige cellen achter de zenuwbannen. Hierbij vindt er nauwelijks weerkaatsing, lichtbreking of lichtspreading plaats op de route langs de zenuwbannen (zie foto linksonder).

Het briljante ontwerp van de cellen van Müller brengt voordelen met zich mee:

▶ De cellen van Müller hebben aan de bo-

venkant de vorm van een trechter, waardoor ze extra veel licht opvangen.

▶ Ze filteren ultraviolet en infrarood licht, die je toch niet kunt zien en zelfs schadelijk kunnen zijn.

▶ Binnenin het oog kan zich strooilicht bevinden: licht dat binnen het oog al een paar keer is gereflecteerd. Door de cellen van Müller lekt deze ruis weg, terwijl het licht dat direct door de pupil komt meteen naar de staafjes en kegeltjes wordt geleid.

▶ Als licht door een lens valt, vindt er kleurschifting plaats. Dit komt doordat verschillende kleuren licht niet op dezelfde manier gebroken worden als ze door een lens vallen. Dankzij hun trechtersvormige bovenkant verzamelen de cellen van Müller de geschifte kleuren en focussen ze de kleuren weer richting hetzelfde kegeltje.

▶ De cellen van Müller fungeren als optische vezels die het licht onbelemmerd door de laag met zenuwbannen leiden.



genkant verzamelen de cellen van Müller de geschifte kleuren en focussen ze de kleuren weer richting hetzelfde kegeltje.

GENIAAL

Al met al kun je vaststellen dat het oog verre van dom is ontworpen. Het zit juist geniaal in elkaar. Er zijn duidelijke redenen waarom het netvlies omgekeerd moet zitten om te kunnen functioneren. Het kleine nadeel dat daarvoor ontstaat, wordt meer dan gecompenseerd door het ingenieuze ontwerp van de cellen van Müller.