

Het digitaal meten van de pupildiameter

De pupil in het menselijk oog is een onderwerp van veel wetenschappelijk onderzoek geweest gedurende de laatste twintig jaar. In eerste instantie kan men het pupilsysteem opvatten als een soort regelmechanisme voor de totale hoeveelheid licht die op het netvlies valt. Daarnaast speelt de pupilgrootte ook een rol voor het verkrijgen van een zekere scherptediepte.

De pupil wordt gestuurd vanuit het centrale zenuwstelsel. Daarom kan de reactie van de pupil op lichtprikkels gebruikt worden als een indicatie over de werking van bepaalde gedeelten van het centrale zenuwstelsel.

Het is van groot belang voor het doen van kwantitatief onderzoek, dat men de pupildiameter snel en nauwkeurig kan meten. Heel oud is al de methode waarbij de pupil wordt gefotografeerd. Ook is veel toegepast het meten van de hoeveelheid gereflecteerd licht, wanneer de pupil en omgeving homogeen infrarood belicht worden. De pupil heeft namelijk een veel geringer reflectievermogen voor infrarood licht dan de iris en het oogwit (sclera).

Op het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO is voor het meten van de pupildiameter een digitale methode ontwikkeld, die berust op een aftastprincipe. Het „hart” van het instrument bestaat uit een schijf, waarin volgens een spiraal 100 gaatjes (H) zijn geboord (fig. 1). De buitenste straal van de spiraal is 130 mm, de binnenste straal is 115 mm. De hoekafstand van de gaatjes met betrekking tot het middelpunt van de schijf is constant en gelijk aan $3,6^\circ$. Vlak tegen de voorkant van de schijf is een diafragma (S) geplaatst. Dit diafragma heeft

zodanige afmetingen dat er zich hoogstens één gaatje in de diafragma-opening bevindt en dat de gaatjes met gelijke „overlapping” te voorschijn komen en verdwijnen als de schijf rond draait. De achterkant van de schijf wordt ter plaatse van de diafragma-opening homogeen belicht met een diaprojector waarvan het lensstelsel gemodificeerd is (ter verkrijging van een verkleinde afbeelding) en waarin een infraroodfilter is geplaatst. Het gedeelte van de schijf in de diafragma-opening wordt 1 : 1 afgebeeld op het oog. Een klein infrarood lichtpuntje tast dus het oog af volgens een raster van gebogen lijnen. Een volledig raster wordt doorlopen gedurende één omwenteling van de schijf. Het rasterpatroon is weergegeven in fig. 2.

Nu wordt weer gebruik gemaakt van het feit dat de pupil infrarood licht minder sterk reflecteert in vergelijking met de omliggende gedeelten van het oogoppervlak. Infrarood licht heeft bovendien het voordeel dat het onzichtbaar is en geen pupilreactie opwekt. Een infrarood gevoelige fotomultiplier „kijkt” naar het oog, en telkens als een lichtpuntje de pupil passeert wordt de vermindering in reflectie geregistreerd als een elektrische puls.

Uit fig. 2 blijkt dat de pupildiameter evenredig is met het aantal malen dat een lichtpuntje de pupil passeert, dus evenredig met het aantal elektrische pulsen gedurende één omwenteling van de schijf. Dit aantal pulsen wordt nu elektronisch geteld. Het aantal wordt daarna in een register gezet en als een analoge spanning geregistreerd.

Deze procedure herhaalt zich na elke omwenteling van de schijf (het einde van een omwenteling wordt

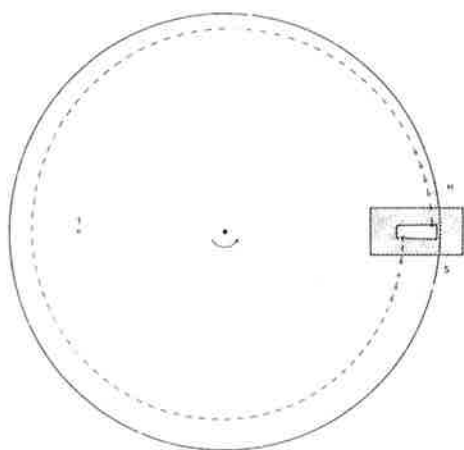


Fig. 1. Roterende schijf met gaatjes (H).

S = diafragma

T = synchronisatie gaatje

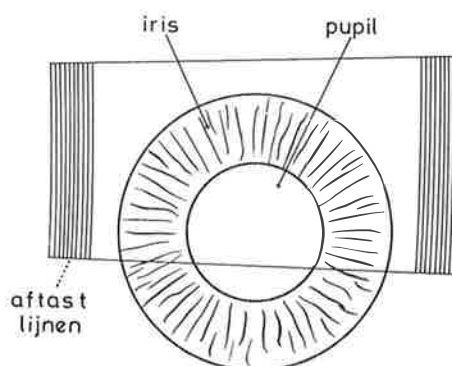


Fig. 2. Afbeelding van aftastlijnen op het oogoppervlak.

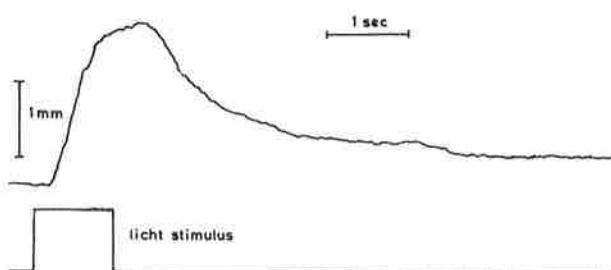


Fig. 3. Pupilreactie op een lichtflits.

bepaald door een lichtbron en fotocel aan weerszijden van het synchronisatiegat T). In ons geval maakt de schijf 50 omwentelingen per seconde, dus 50 maal per seconde wordt de pupildiameter bepaald. Dit is voldoende om de dynamiek van elke voorkomende pupilreactie nog getrouw weer te geven.

De nauwkeurigheid van het instrument hangt af van de schijfdiameter, het aantal gaatjes in de schijf, de gaatjesdiameter, het nauwkeurig boren van de gaatjes in de schijf, enz.

Bij een ijking van het hier beschreven instrument bleek dat de absolute fout in de bepaling van de

pupildiameter nooit meer dan 0,15 mm bedroeg. Het voordeel van een „aftastmethode” boven de reeds eerder genoemde conventionele methoden is, dat het oog mag bewegen zolang het zich maar in het „aftastraster” blijft bevinden. Ook variaties in de intensiteit van de infraroodbron en variaties in het reflectievermogen van de pupil en iris bij verschillende proefpersonen, hebben geen invloed op de bepaling van de pupildiameter. Verder is het apparaat eenvoudig van constructie en heeft mede hierdoor een geringe kans op storingen.

In fig. 3 is tenslotte de registratie van een pupilreactie op een lichtprikkel weergegeven.