

Chapter Eight

Samenvatting

Samenvatting

Het behoeft geen toelichting dat het voor de mens altijd belangrijk is geweest goed te kunnen zien. Verstoring van het gezichtsvermogen is dan ook een ingrijpende gebeurtenis. De twee meest voorkomende visuele stoornissen hebben een optische oorzaak: refractieafwijkingen (bijziendheid, verziendheid, astigmatisme en presbyopie) en staar.

Refractieafwijkingen kunnen met een verscheidenheid aan technieken verholpen worden. De bekendste techniek is de bril. Omdat aan het dragen van een bril soms praktische, optische of cosmetische bezwaren kleven, zijn in de 20e eeuw contactlenzen ontworpen. Inmiddels leven we in het tijdperk van de refractiechirurgie. Met een laserbehandeling of operatie kan een refractieafwijking worden verholpen zodat bril of contactlenzen niet langer nodig zijn.

Staar (cataract, een vertroebeling van de ooglens) kan verholpen worden met een staaroperatie. Al in de zestiende eeuw voerde Bartisch de staarsteek uit, waarbij de troebele lens weggeduwd werd uit de pupilopening in de glasvochtruimte. Sindsdien heeft de staaroperatie zich via een aantal tussenstadia ontwikkeld tot de huidige cataractextractie waarbij de lensinhoud wordt verwijderd middels phaco-emulsificatie. Sinds Ridley in 1949 voor het eerst een intraoculaire kunstlens implanteerde, is het mogelijk de troebele lens niet alleen te verwijderen, maar ook te vervangen.

Tot betrekkelijk kort geleden werden in de oogheelkunde sferische lenzen gebruikt bij de behandeling van refractieafwijkingen en staar. Bij een sferische lens bestaat het oppervlak van de lens uit een deel van een bol. De beeldkwaliteit van sferische lenzen is zeer matig: de kwaliteit wordt beperkt door zogenaamde sferische aberratie. Deze aberratie treedt op doordat het brandpunt van de lichtstralen door de rand van een sferische lens dichterbij ligt dan het brandpunt van lichtstralen door het centrale deel.

Het verminderen van aberraties en met name van de sferische aberratie is een actueel onderwerp van onderzoek. Refractiechirurgische lasertechnieken worden hiertoe verfijnd en implantlenzen worden zo ontworpen dat ze minder sferische aberratie vertonen. Het doel hiervan is het verkrijgen van een scherper en contrastrijkere afbeelding.

Al deze ontwikkelingen zijn niet zonder risico's. Hoewel het ongetwijfeld mogelijk is om een scherper en contrastrijker beeld op het netvlies te projecteren, is het maar de vraag wat het visuele systeem daar in de praktijk mee kan. Het neurale deel van het visuele systeem is er niet op berekend

zulke onnatuurlijk goede afbeeldingen te verwerken; het heeft zich tijdens de evolutie optimaal aangepast aan de beperkte kwaliteit van de oogoptiek. Eén van de mogelijke gevolgen hiervan is onderbemonstering. Een bekend voorbeeld van dit fenomeen, dat ook wel *aliasing* wordt genoemd, is het schijnbaar achteruitdraaien van vootuitdraaiende wielen op de televisie: een overvloed aan informatie aangeboden aan een systeem met beperkte capaciteit leidt tot een onjuiste interpretatie. Daarnaast impliceert een betere afbeelding in het brandvlak door minder aberraties een slechtere afbeelding buiten het brandvlak. Het gevolg is een geringere scherptediepte. Bij oudere mensen met presbyopie, waarbij het vermogen om de lenssterkte te variëren verloren is gegaan en die dus zonder hulpmiddelen niet op verschillende afstanden scherp kunnen zien, is dat evident nadelig. Maar ook voor jonge mensen liggen asthenopieklachten op de loer: het is maar de vraag of de accommodatiereflex (het mechanisme dat het scherpstellen op verschillende afstanden verzorgt) zich weet aan te passen aan de nieuwe optische situatie.

Een goede evaluatie van de optiek van het oog na refractie- of cataractchirurgie moet dus om twee redenen niet beperkt blijven tot het objectief meten van de optische eigenschappen van het oog bij optimale focussing, d.w.z. in het brandvlak. Ten eerste zijn psychofysische (subjectieve) metingen waarbij ook het neurale deel van het zenuwstelsel wordt betrokken noodzakelijk, zoals meting van de gezichtsscherpte en contrastgevoeligheid, en ten tweede dienen er metingen plaats te vinden in gedefocuseerde situaties, d.w.z. buiten het brandvlak, om een indruk te kunnen krijgen van de scherptediepte.

In dit proefschrift worden contrastgevoeligheidsmetingen beschreven die zijn verricht bij gezonde proefpersonen, bij patiënten die een staaroperatie hebben ondergaan en bij patiënten die een refractiechirurgische behandeling hebben gehad. Het vernieuwende van dit onderzoek is dat de metingen niet alleen in de goed gefocuseerde (gerefractioneerde) situatie plaatsvonden, maar ook bij verschillende hoeveelheden defocussing. Hierdoor was het mogelijk om iets te zeggen over de scherptediepte en om, via een theoretisch oogmodel, de in het oog aanwezige sferische en irregulaire aberraties te berekenen. Met deze aanpak bleek het mogelijk verschillen aan te tonen tussen gezonde proefpersonen en patiënten na een cataractextractie. Ook tussen gezonde proefpersonen en patiënten die een refractiechirurgische behandeling hadden gehad waren duidelijke verschillen aantoonbaar evenals tussen subgroepen die verschillende vormen van refractiechirurgie ondergingen. In de volgende alinea's worden de belangrijkste bevindingen kort toegelicht.

In hoofdstuk 1, de algemene inleiding, wordt een aantal belangrijke basisbegrippen beschreven en wordt uitgelegd hoe het mogelijk is om vanuit contrastgevoeligheidsmetingen de aberraties van het oog te berekenen.

In hoofdstuk 2 wordt een onderzoek beschreven dat erop gericht was een efficiënte methode te vinden om contrastgevoeligheid te meten. Bij contrast gevoeligheidsmetingen wordt het vermogen van het oog getest om relatieve verschillen in helderheid te zien, die in dit onderzoek werden gemeten met behulp van een patroon van opeenvolgende donkere en lichte balken. Omdat er voor het in dit proefschrift beschreven onderzoek zeer veel metingen nodig waren (met verschillende spatiële frequenties, d.w.z. verschillende diktes van de donkere en lichte balken, met verschillende pupildiameters en met verschillende defocusseringen) was het vinden van de meest efficiënte meetmethode van groot belang. Drie bestaande methodes werden vergeleken, waarbij uiteindelijk werd gekozen voor de zogenaamde methode volgens von Békésy, met een snelheid van 0.5 log eenheden/s.

In hoofdstuk 3 worden metingen bij 100 gezonde proefpersonen beschreven. De resultaten van deze metingen dienden als referentie voor de rest van het onderzoek. Contrastgevoeligheid voor hogere spatiële frequenties nam af met de leeftijd; contrastgevoeligheid voor lage spatiële frequenties niet. Scherptediepte nam toe met de leeftijd, wat wijst op een toename van aberraties met het klimmen der jaren.

In hoofdstuk 4 worden de meetresultaten uit hoofdstuk 3 gecombineerd met berekeningen aan een theoretisch oogmodel, het oogmodel van Jansonius en Kooijman. In dit oogmodel zijn sferische en irregulaire aberraties de variabelen. Nadat voor beide een waarde is gekozen, wordt de relatieve modulatieoverdracht (contrastgevoeligheid bij defocussering gedeeld door contrastgevoeligheid bij optimale focussing) van het model berekend voor verschillende condities (spatiële frequenties, pupildiameters en defocusseringen). Sferische aberratie veroorzaakt een zogenaamde *myopic shift*: de optimale correctie is voor lage spatiële frequenties anders dan voor hoge spatiële frequenties. Sferische en irregulaire aberraties tezamen bepalen de scherptediepte. De beste overeenkomst tussen metingen en model werd verkregen voor een sferische aberratie van ongeveer 1 dioptrie bij een 6 mm pupil en een irregulaire aberratie van ongeveer 0.5 dioptrie.

In hoofdstuk 5 wordt een groep van 11 pseudofake patiënten (na een staaroperatie) vergeleken met gezonde proefpersonen van vergelijkbare leeftijd. De pseudofake patiënten hadden een grotere scherptediepte dan de gezonde proefpersonen. Met behulp van het oogmodel kon worden aangetoond dat deze grotere scherptediepte werd veroorzaakt door meer sferische aberratie bij de pseudofake patiënten. Verschillen in irregulaire aberratie werden niet gevonden. Een opvallende bevinding was dat deze grotere scherptediepte niet ten koste was gegaan van de gezichtsscherpte of de contrastgevoeligheid bij

optimale focussing: hierin werden geen significante verschillen tussen beide groepen gevonden.

In hoofdstuk 6 ten slotte wordt een aantal technieken voor de behandeling van myopie (bijziendheid) met elkaar vergeleken. Voor de behandeling van geringe myopie zijn dat de intracorneale ringsegmenten (Intacs™), zachte contactlenzen en de bril; voor hoge myopie de irisklauwlens (Artisan™), LASIK (laser assisted in situ keratomileusis), harde contactlenzen en eveneens de bril. Bij mensen met geringe myopie vertoonden de patiënten met Intacs™ een grotere scherptediepte dan de contactlens- en brildragers. Dit leek veroorzaakt te worden door een grotere hoeveelheid irregulaire aberraties in het geval van de Intacs™. Verschillen in gezichtsscherpte en contrastgevoeligheid bij optimale focussing werden niet gevonden. Bij de mensen met sterke myopie hadden de LASIK patiënten een lagere contrastgevoeligheid bij optimale focussing dan de overige patiënten. Dit was gerelateerd aan een grotere hoeveelheid sferische en irregulaire aberraties, die overigens geen grotere scherptediepte tot gevolg hadden. Geen enkele chirurgische techniek deed het beter dan de bril.

Tot slot. Alle patiënten in dit onderzoek waren nog behandeld met technieken die niet aangepast waren om aberraties te verminderen. Het feit dat het mogelijk bleek duidelijke verschillen aan te tonen tussen de verschillende – relatief kleine – (sub)groepen geeft de indruk dat de in dit onderzoek gehanteerde methodiek geschikt is om de toekomstige ontwikkelingen in de cataract- en refractiechirurgie, gericht op het verminderen van aberraties, te evalueren. Zoals bijvoorbeeld blijkt uit de resultaten van hoofdstuk 5, zou bij deze ontwikkelingen de nadruk overigens moeten liggen op de optimalisatie van aberraties, en niet op de minimalisatie. Zeker zolang het vraagstuk van de presbyopie niet afdoende is opgelost, en scherptediepte dus cruciaal is, zijn aberraties onmisbaar. In de huidige situatie zijn technieken gericht op het verminderen van aberraties overigens wel zinvol in te zetten bij patiënten die veel meer aberraties hebben dan gemiddeld, bijvoorbeeld als gevolg van een ziekte van het hoornvlies.

