

With an eye on contact lenses : technological advancements in medical and optical applications

Citation for published version (APA):

de Brabander, J. (2002). *With an eye on contact lenses : technological advancements in medical and optical applications*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20020530jb>

Document status and date:

Published: 01/01/2002

DOI:

[10.26481/dis.20020530jb](https://doi.org/10.26481/dis.20020530jb)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary and Conclusions

Contact lenses are widely used to correct refractive error of the eye, to serve as a bandage in eye pathology, to provide a prosthetic aid in deformations of the iris or front segment of the eye, and to act as a cosmetic device to change the colour of the iris. The success and safety of wearing contact lenses relate to a complex of factors, of which the following are the main ones: the basic condition of the eye, the design and the material of the contact lens, the physiology of the front segment of the eye with the lens *in situ*, comfort of wear, visual correction, the efficacy of the care system, and the compliance of the wearer. Prescribing contact lenses is traditionally based on trial-and-error fitting, combined with evaluation and modification of the lens. This needs experienced practitioners; it is time consuming, and difficult to reproduce. Computer-aided manufacturing, however, makes it possible to produce contact lenses with precision and reproducibility on a sub-micron level. This technique allows practitioners not only to fit the lens more precisely on the eye, but also to improve its optics. Yet, to fully explore these techniques, detailed data on the topography of the front segment of the eye and the optical properties of the eye are essential. Recent developments in contact lens materials make it possible theoretically to minimise the influence of the contact lens on the physiology of the eye. The question is whether these favourable properties can be assured over longer time periods of wear. The efficacy of care systems that are specially developed for these materials, play, together with patient compliance, an important role in final success.

This thesis describes several studies concerning the clinical application of recently developed materials and production techniques in relation to contact lens designs, fitting methods and care systems. The thesis reports on the medical application of contact lenses (chapter 2), the design and care of rigid high gas permeable contact lenses (chapter 3), optical advancements in custom-made soft contact lenses (chapter 4), the development and testing of new methods to measure the front surface of the eye and the pupil, and methods to evaluate the tissues of the front surface of the eye using fluorescein (chapter 5).

Chapter 2

High oxygen permeability can be obtained with lenses made of silicone. We have fitted these, Silsoft contact lenses, in children with aphakic eyes after surgery for congenital cataract (2.2). The fitting procedure as used in this study proved that without keratometry one can prescribe silicone lenses in very young aphakic patients after congenital cataract in an easy and logical way. An initial TD of 11.3 mm and BOZR of 7.50 mm are recommended to give a high success rate. This study demonstrated the feasibility of permanent wear of Silsoft contact lenses in young aphakic children up to 3 years of age, with a very low complication rate. However, strict follow-ups, replacement of the lenses whenever needed, an intensive instruction to co-operative parents, and a practice that is open for emergencies on a 24-hour basis, are essential requirements for providing optimal care in this patient group. Mean lens usage of 5.6 lenses per eye per year is necessary to successfully correct aphakic children after congenital cataract with silicone contact lenses. It seems that from the

age of 3 years silicone lenses become less compatible with tear composition and should in most cases be replaced by daily-wear high-water content soft lenses, or at a later age with HGP lenses. The achieved visual acuity at the end of this study was comparable to reports in the literature. This suggests that successful optical correction in infant aphakia on a permanent wear basis using Silsoft contact lens can be recommended as a first choice option for aphakic children up the age of 3 years.

The application of thin high-water-content lenses as an artificial iris and black occluding pupil has been investigated in 34 eyes for their ability to provide a cosmetic prosthesis (2.3). The lenses used were available in 5 colours and incorporated standard dimensions of iris (12.5 mm) and pupil (5.0 mm). In all cases blocking of hindering light could be achieved. In monocular application, 67% of the patients were satisfied with the cosmetic effect of the lens compared to the other eye. This means that for the majority of patients the troublesome way of fitting hand-painted contact lenses can be avoided. Because of discoloration of the lenses, it is recommended to replace the lenses every six months. This fits within the general practice to replace hydrophilic contact lenses regularly.

Chapter 3

The availability of high gas permeable (HGP) contact lens materials has been one of the major steps in contact lens technology. Problems with the first generation of these new materials have been the geometric instability and the formation of deposits on their surface, leading practitioners to hesitate to use these types of lenses. A similar situation has developed concerning the application of aspherical lens designs. Technological advances in the production of the contact lens materials, the physical production of rigid gas permeable (RGP) lenses using computer-numeric-controlled (CNC) techniques, and the availability of new fitting and care systems, have led us to investigate the clinical results of modern HGP contact lenses.

In a study involving 68 patients and 1-year follow-up, we compared the success of spherical and aspherical rigid contact lenses with low and high oxygen permeability (3.2). In 77% of the cases the patients were able to wear the lenses all day, in 11% the wearing time was limited, and 12% had stopped wearing the lenses. Limited wear and failure were related to wearing comfort, lens surface drying, and corneal epithelium compromise (3-9 o'clock staining). No significant differences were found between the clinical results and stability of the tested materials. This means that there is no technical restriction to using aspherical rigid contact lenses in high gas permeable material.

The favourable results from the study described above led us to further investigate the methodology and care of aspherical HGP contact lenses (3.3). In this study 66 patients were fitted with aspherical HGP contact lenses. Employing random selection, we used two different fitting procedures and two different care systems. With 1-year follow-up, 85% of the patients were able to wear the lenses successfully every day, 7.5% reported limited wear, and 7.5% refrained from wearing them. Limited wear and failure were related to wearing comfort, lens surface drying, and 3-9 o'clock staining. A newly developed scheme for selection of lens diameter proved to predict the final lens diameter (90%) significantly better than the method of using the visible vertical iris under supra-version (72%). A remarkable result from

this study was that the success of the topographic method to predict the base curve of the lens (75%) was lower than with the method in which solely keratometer readings were used (83%). Although the difference was not statistically significant, one would have expected the topographic method to be better. Further analysis of the corneal topography showed that failures in the prediction of the BOZR could be attributed to larger differences in flattening (E-value) between quadrants than with correct predictions. A method based on computation using weighted averages of corneal flattening in four quadrants would theoretically increase the success in predicting the BOZR to 92%. Although the predictive value of this new system is high, it is not high enough to be used as a system for direct ordering without the involvement of a competent contact lens practitioner. After 1 year of use it was shown that the care system including a mechanical cleaner and the all-in-one system were able to keep the lenses in good condition in relation to protein deposits and geometrical stability in 79.6% and 79.4% of the cases, respectively. The use of an all-in-one care solution seems the best option to guarantee good daily care, in relation to patient's compliance.

We conclude that HGP contact lenses can be successfully used, given that the lenses are well manufactured, efficiently fitted, and properly cared for. Involving a contact lens practitioner still applies through lens selection, evaluation and follow-up, an important factor in reaching success.

Chapter 4

Modern CNC lathe techniques facilitate the extension of the application of hydrophilic soft contact lenses for optical correction of astigmatism, presbyopia, spherical aberration in high ametropia, and severe optical aberration as in keratoconus.

The study on custom-made toric soft contact lenses showed that a relative easy system of ordering from eye parameters can be used successfully (4.2). This study involved 193 eyes with astigmatism between 1 and 7.5 D. Toric soft contact lenses were manufactured based on spectacle refraction, corneal radii, and horizontal visible iris diameter. The percentage of success was 69% for new wearers, and 54% for patients that had been failures regarding wearing other toric soft lenses. In cases where the initial lens was not successful, the ordering of a second or third lens could increase the percentage of success to 92%. For former failures of other toric soft lenses this percentage was significantly lower (74%). With these results, it seems that the troublesome fitting via trial lenses can be avoided. However, from our results it is also clear that this system in its present state is insufficiently robust to be used as a direct ordering system without the involvement of a contact lens practitioner.

In studying the application of contact lenses to correct presbyopia, we could, through an intensive literature study, contribute to the detailed description of the complexity of this, increasingly popular, lens modality (4.3). In a clinical study involving 90 patients, the selection from 5 different prototype varifocal contact lenses showed a success rate of 67.8%. Success in distance vision was entirely related to the optical profile of the lenses; near vision success was related to a combination of addition and pupil size. It is important to conclude that with the specially designed lenses we have used, we were able to increase the success rate in correcting the presbyopic patient in general, but that optimal visual functioning can be

further enhanced if the lens profiles could be individually designed.

Our results on testing specially designed aspherical lenses showed, in a study with 122 high ametropic eyes, that a systematic compensation of spherical aberration of the contact lens is of no use on average (4.4). However, in approximately 30% of the cases, contrast sensitivity function was found to be improved. This means that, if we were able to measure the (spherical) aberration of the individual eye, we would, with today's technology, also be able to correct it.

The theoretical possibilities of correcting extreme optical aberrations have been investigated using corneal topographic data of 9 eyes with severe keratoconus (4.5). Depending on the amount of optical aberration, perfectly centred lenses could improve the contrast sensitivity function 6.5 to 200 fold. However, translation and rotation of the lens can degrade this gain. With rotation of the lens up to 10 degrees, the gain remains a factor of 3 or more. Translation is more critical and should be limited to 0.5 mm in order to reach an improvement in contrast sensitivity.

In this chapter we have shown that the introduction of newly developed hydrophilic soft contact lenses has substantially increased the possibilities of optical correction. Good centring and minor movement of these lenses offers unique opportunities to correct higher order aberrations. However, gain in visual function can only be reached by measuring the optical properties of the eye, and by individually designing and manufacturing the corrective lens. Moreover, the involvement of a contact lens practitioner is essential in reaching success.

Chapter 5

As described earlier, the new possibilities to correct the eye by means of contact lenses also demand detailed measurements. In this chapter we reported on the development and testing of newly developed instrumentation and methodology to measure the eye, and to evaluate its front surface.

The evaluation of the Maastricht Shape Topographer (MST) showed that this device is able to unambiguously measure the topography of the entire eye surface (5.2.1). This device, based on Fourier profilometry, is able to present 20 x 16 mm of the front surface of the eye as a height map or a cross section with high degree of accuracy.

The study, comparing corneal-scleral profiles as measured with the MST height topographer in normal and keratoconus eyes (5.2.2), showed that in keratoconus the asymmetrical angles of the limbal areas, as found in normal eyes between nasal and temporal, is absent. Meridional cross-sections of the entire eye surface can be a good starting point for designing (semi-) scleral contact lenses.

The study with a specially developed pupillometer (5.3) revealed some important characteristics of the pupil in far and near reading tasks and under different conditions of illumination. This understanding can be of importance to further improve contact lens designs, especially for varifocal contact lenses.

Finally, the results of the study on fluorescein phenomena (5.4) revealed that a well-chosen combination of excitation wavelength and the type, concentration and substrate of fluores-

cein makes it possible to visualise ocular structures in accordance with clinical wishes, and to enhance the reliability of the height measurements of the front surface of the eye.

In summary, this thesis shows that today a variety of excellent options to correct the eye by means of a contact lens are available. The implementation of new developments in technology can improve the fitting, the physiological response, and the efficient care of contact lenses. Improved techniques to measure the eye, computer-aided lens design and computer-numeric-controlled manufacturing make it possible to correct almost all optical defects of the eye including higher order aberrations.

Our studies also show that to fully explore these new developments in contact lens technology, the involvement of a specialist in the contact lens field is an important requirement. The work of the specialist will in the future shift from trial-and-error fitting and modification of the lens to measuring, designing and follow-up. The use of methods developed in this study for objectively measuring the eye, designing the contact lens, and evaluating the fit and physiological response, can be of value in achieving optimal results.

Samenvatting en conclusies

Contactlenzen worden op grote schaal toegepast bij refractieafwijkingen van het oog, als bandage bij oogpathologie, als prothese bij deformaties van de iris of het voorste oogsegment, en als cosmetisch instrument om de kleur van de iris te veranderen. Het succes en de veiligheid bij het dragen van contactlenzen hangen samen met een complex van de volgende hoofdfactoren: de basisconditie van het oog, het ontwerp en het materiaal van de lens, de fysiologie van het voorste oogsegment met de lens *in situ*, het draagcomfort, de visuele correctie, de effectiviteit van het onderhoudssysteem en de compliantie van de drager.

Het aanmeten van contactlenzen is traditioneel gebaseerd op de methode van passen, evalueren en modifieren. Dit vereist een hoge mate van ervaring, is tijdrovend en moeilijk reproduceerbaar. Computer gestuurde fabricagetechnieken maken het mogelijk om contactlenzen te vervaardigen met een precisie en reproduceerbaarheid op submicrometer niveau. Hierdoor ontstaan nieuwe mogelijkheden om de lens nog nauwkeuriger aan te meten en tevens de optische correctie te verbeteren. Echter, om deze nieuwe technische mogelijkheden ten volle te benutten zijn gedetailleerde gegevens over de topografie van het voorste oogsegment en de optische eigenschappen van het oog nodig. Recente ontwikkelingen op het gebied van contactlensmaterialen bieden theoretisch de mogelijkheid om de invloed van de lens op de fysiologie van het oog te minimaliseren. De vraag is of de gunstige eigenschappen van deze materialen op langere termijn aanwezig blijven. De effectiviteit van speciaal voor deze materialen ontwikkelde onderhoudssystemen en de mate waarin de drager van de lenzen zich houdt aan de instructies spelen daarbij een belangrijke rol.

Dit proefschrift beschrijft een aantal studies naar de klinische toepassing van recentelijk ontwikkelde materialen en fabricagetechnieken in relatie tot het ontwerp, de aanmeetmethode en het onderhoud van contactlenzen. Het werk is onderverdeeld in de medische toepassing van contactlenzen (hoofdstuk 2), het design en onderhoud van hoog zuurstofdoorlatende vormstabiele contactlenzen (hoofdstuk 3), de optische mogelijkheden van custom-made zachte hydrofiele contactlenzen (hoofdstuk 4), het ontwikkelen van nieuwe methoden om de vorm van het oogoppervlak en de pupil te meten, alsmede om de voorste oogweefsels met behulp van fluoresceïne te evalueren (hoofdstuk 5).

Hoofdstuk 2

Een zeer hoge zuurstofpermeabiliteit kan worden verkregen met contactlenzen vervaardigd uit silicone materiaal. We hebben deze Silsoft contactlenzen aangemeten bij kinderen met afakie na operatie voor congenitaal cataract (2.2). Het aanmeetsysteem zoals gebruikt in ons onderzoek toonde aan dat men bij afakie na congenitaal cataract, silicone lenzen kan voorschrijven op een veilige en logische manier zonder gebruik te maken van keratometrie. Om tot een hoge successcore te komen wordt als eerste lens een diameter van 11.3 mm en een BOZR van 7.50 mm aanbevolen. Permanent dragen van Silsoft contactlenzen bleek in dit onderzoek met weinig complicaties mogelijk bij afake kinderen tot de leeftijd van 3 jaar. Echter, een strikt controlesysteem, vervanging van de lenzen indien nodig, een intensieve instructie aan goed meewerkende ouders en een voor noodgevallen 24 uur bereikbare prak-

tijk zijn essentiële voorwaarden om een optimale zorg voor deze patiëntengroep te waarborgen. Een lensverbruik van 5.6 lenzen per oog per jaar is noodzakelijk om kinderen met afakie na congenitaal cataract succesvol te corrigeren. Tevens bleek dat vanaf de leeftijd van 4 jaar silicone contactlenzen niet langer compatibel zijn met de traansamenstelling en vervangen dienen te worden door hoogwaterhoudende daglenzen of op latere leeftijd door HGP lenzen. De behaalde visus aan het einde van de studie bleek vergelijkbaar met de getallen uit de literatuur. Dit geeft aan dat optische correctie op permanente basis met de Silsoft contactlenzen kan worden aanbevolen als een eerste keuze bij afake kinderen tot 4 jaar.

Nieuw ontwikkelde, dunne hoogwaterhoudende contactlenzen met een kunstiris en/of zwarte occluderende pupil werden bij 34 ogen onderzocht op geschiktheid als cosmetische prothese (2.3). De gebruikte lenzen waren beschikbaar in 5 kleuren en hadden standaard afmetingen van iris (12.5 mm) en pupil (5.0 mm). In alle gevallen kon een blokkade van het hinderlijk invallend licht gerealiseerd worden. Bij monoculaire toepassing was 67% van de patiënten tevreden over het cosmetische effect van de lens ten opzichte van het andere oog. Dit betekent dat voor het merendeel van de patiënten de moeizame weg van het aanmeten van handgeschilderde contactlenzen kan worden vermeden. In verband met eventuele ontkleuringen van de lens is het raadzaam de lenzen iedere 6 maanden te vervangen. Dit past in het algemene beleid om zachte hydrofiele lenzen regelmatig te vervangen.

Hoofdstuk 3

Het beschikbaar komen van hoog zuurstofdoorlaatbare (HGP) contactlensmaterialen was één van de belangrijke stappen in de contactlens technologie. Een probleem bij de eerste generatie materialen vormde de geometrische instabiliteit en aanslag van stoffen op het oppervlak waardoor er een zekere terughoudendheid is ontstaan in de toepassing van deze lenstypen. Een soortgelijke ontwikkeling deed zich voor bij de introductie van asferische lensontwerpen. De technologische vooruitgang in zowel de productie van het contactlensmateriaal, alsook het vervaardigen van de uiteindelijke lens met behulp van computer gestuurde (CNC) technieken en nieuw ontwikkelde aanmeet- en onderhoudssystemen, was aanleiding om de klinische resultaten van moderne HGP contactlenzen te onderzoeken.

In een onderzoek bij 68 patiënten vergeleken wij gedurende 1 jaar het succes van sferische en asferische lensontwerpen met een laag en hoog zuurstofdoorlatend materiaal (3.2). In 77% van de gevallen werden de lenzen met succes de gehele dag gedragen, in 11% was er sprake van een beperkte draagtijd en in 12% werd het dragen van de lenzen gestopt. Een geringere draagtijd of stoppen met dragen was gerelateerd aan draagcomfort, uitdrogen van het lensoppervlak en cornea epitheel afwijkingen (3-9 uur kleuringen). Tussen de verschillende lensontwerpen en de gebruikte materialen werden zowel voor de klinische criteria als voor de stabiliteit van de lenzen geen significante verschillen gevonden. Dit betekent dat er geen technische belemmering meer is om hoog zuurstofdoorlatende materialen in een asferisch ontwerp toe te passen.

De gunstige resultaten uit het voorgaande onderzoek waren aanleiding om de aanmeet- en onderhoudsmethoden van asferische HGP contactlenzen nader te onderzoeken (3.3). In dit onderzoek werd bij 66 patiënten een hoog zuurstofdoorlatende contactlens met een asferisch

ontwerp aangemeten. Random geselecteerd gebruikten we twee aanmeetmethoden en kregen de patiënten twee verschillende onderhoudssystemen. Na 1 jaar follow-up bleek 85% van de patiënten de lenzen de gehele dag succesvol te dragen, 7.5% droeg de lenzen beperkt en 7.5% was gestopt met dragen. Beperkt dragen of stoppen was gerelateerd aan draagcomfort, het uitdrogen van het lensoppervlak en 3-9 uur kleuringen. Een door ons ontwikkeld selectieschema bleek de uiteindelijk succesvol gebruikte lensdiameter significant beter (90%) te voorspellen dan de methode waarbij de maat van de verticaal zichtbare iris onder supravervisie wordt gebruikt (72%). Een opvallend resultaat in dit onderzoek was dat de topografische methode om de basiscurve van de lens te voorspellen het slechter (75%) deed dan de methode waarbij men slechts de centrale keratometerwaarden en een vuistregel gebruikt (83%). Hoewel het verschil niet significant was zou men toch verwachten dat de topografische methode het juist beter zou doen. Bij nadere analyse van de corneatopografie bleek dat bij onjuiste voorspellingen het verschil in afvlakking (E-waarde) van de cornea tussen haar kwadranten significant groter was dan bij juiste voorspellingen. Het toepassen van een rekenmethode gebaseerd op gewogen gemiddelden van de cornea-afvlakkingen in vier kwadranten zou het succes in het voorspellen van de basiscurve via de methode van topografie theoretisch kunnen verhogen tot 92%. Hoewel de predictieve waarde van dit nieuw ontwikkelde systeem hoog lijkt, is deze onvoldoende om te worden gebruikt als een systeem voor direct bestellen zonder een controle door een competente contactlensspecialist. Na 1 jaar gebruik bleek dat zowel het onderhoudsysteem met een mechanische reinigingsvloeistof (79.6%) als de alles-in-één vloeistof (79.4%) de lenzen in goede conditie konden houden met betrekking tot zowel eiwitaanslag als stabiliteit. Het gebruik van een alles-in-één vloeistof lijkt de beste optie om een goed dagelijks onderhoud te waarborgen.

Wij concluderen dat de vormstabile hoog zuurstofdoorlatende asferische contactlens succesvol kan worden toegepast mits goed gefabriceerd, efficiënt aangemeten en goed onderhouden. De tussenkomst van een contactlensspecialist blijft bij de lensselectie, het aanmeten en vervolgen een belangrijke factor voor succes.

Hoofdstuk 4

Moderne CNC fabricagetechnieken maken het mogelijk om de toepassingen van hydrofiele zachte contactlenzen uit te breiden met de optische correctie van astigmatisme, presbyopie, sferische aberratie bij hoge ametropie en extreme optische aberraties zoals bij keratocornus.

Het onderzoek naar zachte torische custom-made lenzen liet zien dat een relatief eenvoudig systeem van bestellen vanuit oogparameters succesvol kan worden gebruikt (4.2). Dit onderzoek omvatte 193 ogen met astigmatisme tussen 1 en 7.5 dioptrie. Zachte torische contactlenzen werden vervaardigd op basis van refractiewaarden, cornea radii, en horizontaal zichtbare iris diameter. Het succespercentage van deze lenzen was 69% voor nieuwe lensdragers en 54% voor patiënten die al eerder torische zachte lenzen (zonder succes) hadden geprobeerd. In de gevallen waarbij succes niet direct aanwezig was kon bij nieuwe patiënten met het bestellen van een tweede of derde lens het succespercentage worden verhoogd tot 92%. Bij de groep patiënten die al eerder torische lenzen hadden geprobeerd was dit percentage

significant lager (74%). Met deze resultaten lijkt het erop dat het problematisch aanmeten met behulp van paslenzen kan worden vermeden. Echter, vanuit onze resultaten is het ook duidelijk dat een dergelijk systeem nog niet voldoende sterk is om te gebruiken als een rechtstreeks bestelsysteem zonder controle van een contactlensspecialist.

In onze studie naar de toepassing van contactlenzen voor de correctie van presbyopie konden we met intensief literatuuronderzoek bijdragen aan de beschrijving van de complexe situatie rond dit meer en meer actueel wordende onderwerp (4.3). De selectie uit 5 verschillende prototypen varifocale contactlenzen leverde, in een klinisch onderzoek met 90 patiënten, een uiteindelijk succespercentage op van 67.8%. Het succes bleek voor het zien in de verte uitsluitend samen te hangen met het optische profiel van de lenzen en bij het nabij-zien met een combinatie tussen benodigde additie en pupilgrootte. Belangrijk is te concluderen dat met de speciale ontwerpen die wij gebruikten het succes in de correctie van de presbyopie in het algemeen kon worden verbeterd en dat het visueel functioneren geoptimaliseerd kan worden indien het profiel van de lens individueel zou worden ontworpen.

De resultaten van ons onderzoek met speciaal ontworpen asferische lenzen toonden bij 122 ogen met hoge ametropie aan dat een systematische correctie van sferische aberratie gemiddeld genomen geen zin heeft (4.4). Echter, in ongeveer 30% van de gevallen was er sprake van een verbetering in de contrastgevoelheidsfunctie. Dit betekent dat indien men in staat is de sferische aberratie van het individuele oog te meten dit met de tegenwoordige technologie ook te corrigeren is.

De theoretische mogelijkheden voor het corrigeren van extreme optische aberraties hebben wij onderzocht aan de hand van de cornea-topografie bij 9 ogen met keratoconus (4.5). Bij perfect gecentreerde lenzen kan de contrastgevoelheidsfunctie, afhankelijk van de mate van optische aberratie, met een factor tussen 6.5 tot 200 worden verbeterd. Beweging en rotatie van de lens op het oog kan deze winst echter weer teniet doen. Bij rotatie tot 10 graden blijft de winst een factor 3 of hoger. Bij beweging van de lens in x en y richting ligt de kritische grens voor het behalen van visuele winst bij 0.5 mm.

In dit hoofdstuk hebben we aangetoond dat de introductie van nieuw ontwikkelde zachte hydrofiele lenzen de optische correctiemogelijkheden aanzienlijk heeft uitgebreid. De goede centrering en geringe beweging van dit type contactlens biedt unieke kansen om hogere orde optische aberraties te corrigeren. Het blijkt echter dat visuele winst slechts te behalen is door de optische eigenschappen van het oog nauwkeurig te meten en de correctielenzen individueel te ontwerpen en te fabriceren. Ook hier is de tussenkomst van een contactlensspecialist essentieel voor succes.

Hoofdstuk 5

Zoals eerder beschreven vereisen de nieuwe technische mogelijkheden om het oog met behulp van contactlenzen te corrigeren ook gedetailleerde metingen. In dit hoofdstuk rapporteerden wij over de ontwikkeling van nieuwe instrumenten en methoden om het oog te meten en het voorste oogoppervlak te evalueren.

De evaluatie van de Maastricht Shape Topographer (MST) liet zien dat dit instrument in staat is om de topografie van het voorste oogsegment rechtstreeks te meten (5.2.1). Deze op

Fourier-profilometrie gebaseerde methode is in staat om met een hoge nauwkeurigheid 20 x 16 mm van het voorste oogvlak als hoogtekaart of als meridionale doorsnede te presenteren.

De studie met de MST naar een vergelijking tussen het cornea-scleraprofiel bij normale en keratoconus ogen (5.2.2) toonde aan dat bij keratoconus de asymmetrie in de stand van de limbus, zoals gevonden voor normale ogen, niet aanwezig is. De meridionale doorsneden van het totale oogvlak kunnen een goed uitgangspunt vormen voor het ontwerpen van (semi)-sclerale contactlenzen.

Het onderzoek met een door ons ontwikkelde pupillometer (5.3) liet een aantal belangrijke karakteristieke kenmerken zien van de pupil bij visuele taken in de verte en bij het lezen onder verschillende lichtomstandigheden. Deze gegevens kunnen in belangrijke mate bijdragen tot een beter ontwerp van met name varifocale contactlenzen.

Het laatst beschreven onderzoek naar de fenomenen van fluorescentie (5.4) laat zien dat een goed gekozen combinatie van excitatiegolflengte in combinatie met type, concentratie en substraat van de fluoresceïne, het mogelijk maakt om oculaire structuren naar klinische wens zichtbaar te maken en de betrouwbaarheid van hoogtetopografie van het voorste oogvlak te verhogen.

Samenvattend toont dit proefschrift aan dat er met contactlenzen tegenwoordig een grote variatie aan excellente opties aanwezig is om het oog te corrigeren. De implementatie van nieuwe technologische ontwikkelingen levert positieve resultaten op in het aanmeten van contactlenzen, in de fysiologische reacties en in efficiëntie van het onderhoud. Verbeterde technieken om het oog te meten, computer-aided lensontwerp en computer numeriek bestuurd fabricagemethoden maken het mogelijk om bijna alle optische afwijkingen van het oog met inbegrip van hogere-orde aberraties te corrigeren.

Onze studies tonen tevens aan dat de betrokkenheid van de contactlens specialist een voorwaarde is voor een volledige ontplooiing van deze nieuwe ontwikkelingen. Het werk van de specialist zal in de toekomst sterk verschuiven van passen en modificeren naar meten, ontwerpen en vervolgen. Het gebruik van de in deze studie ontwikkelde objectieve meet-, ontwerp- en evaluatiemethoden kan daarbij een waardevol hulpmiddel zijn.