



Leitfaden für die Anpassung von Sklerallinsen

Eef van der Worp

optometrist, PhD

Leitfaden für die Anpassung von Sklerallinsen

Inhalt

Vorwort und Danksagungen.....	IV
I. Einleitung	1
II. Anatomie und Form des vorderen Augenabschnitts.....	8
III. Sklerallinsendesign	16
IV. Eine fünf Schritte umfassende Anpassmethode	23
V. Handhabung von Sklerallinsen und Maßnahmen bei Komplikationen im Zusammenhang mit Sklerallinsen	38
Literaturhinweise	52

Die Autoren

Herausgeber

Eef van der Worp, BOptom, PhD FAAO Fiacle FBCLA FSLs – Washington DC (USA/Amsterdam)

Eef van der Worp lehrt und forscht im Bereich Kontaktlinse. Eef absolvierte seine Optikausbildung an der Hogeschool in Utrecht, Niederlande und erhielt seinen PhD von der Universität in Maastricht (Niederlande). Er wurde am Pacific University College of Optometry (USA) und an der Universität von Maastricht aufgenommen und ist Gastdozent an vielen Schulen für Optometrie. Er lebt in Amsterdam (Niederlande) und in Washington DC (USA).

Pacific University College of Optometry, Forest Grove, OR (USA)



Die Pacific University ist seit über 20 Jahren in der Kontaktlinsenforschung aktiv und Vorreiter in der Ausbildung und Forschung von Sklerallinsen. Besonderen Dank geht an Tina Graf, Hochschule Aalen, Deutschland. Sie war die Studienkordinatorin beim Projekt zur Erforschung der Geometrie der vorderen Augenabschnitte.

Des Weiteren geht der Dank an das Kontaktlinsen-Team der Pacific University College of Optometry, Patrick Caroline, Beth Kinoshita, Matthew Lampa, Mark André, Rand Kojima und Jennifer Smythe

Internationale Autoren

Stephen P. Byrnes, OD FAAO – Londonderry, NH (USA)

Steve Byrnes erhielt seine opometrische Ausbildung am New England College of Optometry in Boston, MA (USA) und leitet eine auf Kontaktlinsen spezialisierte Optometriepraxis in Londonderry, NH (USA). Er ist wissenschaftlicher Berater für Bausch & Lomb an vielen Schulen und Hochschulen für Optometrie in den USA. Er doziert international über Design und Anpassung formstabiler Kontaktlinsen sowie über Problemlösungen bei der Versorgung.

Gregory W. DeNaeyer, OD FAAO FSLs – Columbus, OH (USA)

Greg De Naeyer ist klinischer Direktor der Arena Eye Surgeons in Columbus, OH (USA) mit Spezialisierung auf die Anpassung von Sklerallinsen. Er ist Fellow der American Academy of Optometry und Mitherausgeber des Contact Lens Spectrum. Ebenso ist er Mitarbeiter bei Review of Cornea und Contact Lenses und Optometric Management. Er ist Präsident der Scleral Lens Education Society.

Donald F. Ezekiel, AM DipOpt DCLP FACLP FAAO FCLSA – Perth (Australia)

Don Ezekiel absolvierte 1957 die University of Western Australia im Studiengang Optometrie. Er bildete sich nach dem Studium in London (UK) weiter. Während dieser Zeit arbeitet er in der Praxis des Kontaktlinsenpioniers Dr. Joseph Dallos. Dieser unterrichtete ihn in Gebieten der Forschung und Entwicklung von Kontaktlinsen für seine Patienten. 1967 gründete er ein Kontaktlinsenlabor in Australien. Er ist ein Pionier und Experte auf dem Gebiet der Sklerallinsenanpassung.

Greg Gemoules, OD – Coppell, TX (USA)

Greg Gemoules erhielt sein Optometriediplom vom Illinois College of Optometry (USA). Er zog nach Texas und gründete eine Praxis in Coppell, einem wachsenden Vorort von Dallas (USA). Er etablierte eine grosse Praxis für Speziallinsen und publiziert in der Fachliteratur. Er ist Vorreiter beim Einsatz von OTC Geräten bei der Anpassung von Sklerallinsen und hat zu diesem Thema zahlreiche Vorträge gehalten.

Tina Graf, BSc – Trier (Germany)

Tina Graf beendete ihre Optikausbildung 2004, 2010 schloss sie das Studium an der Hochschule Aalen, Deutschland ab. Während und nach ihrem Studium arbeitete sie an der Universitätsklinik Heidelberg sowie in diversen Kontaktlinsenpraxen. Sie leitete ein Forschungsprojekt an der Pacific University of Optometry über die Oberfläche der vorderen Augenabschnitte und präsentierte ihre Arbeit und ihre Lehre an internationalen Kongressen.

Jason Jedlicka, OD FAAO FSLs – Minneapolis, MN (USA)

Jason Jedlicka ist Gründer des Cornea and Contact Lens Institute in Minneapolis, MN (USA), einer Praxis für Speziallinsen, Behandlung und Management von Hornhauterkrankungen, Kontaktlinsenforschung und -ausbildung. Er ist Finanzdirektor der Scleral Lens Education Society.

Lynette Johns, OD FAAO

Perry Rosenthal, MD

Deborah Jacobs, MD – Boston, MA (USA)

Lynette Johns ist seit 2005 Senior-Optometrist an der Boston Foundation for Sight. Sie absolvierte das England College of Optometry, wo sie ihre Fachausbildung zur Hornhaut- und Kontaktlinsenpezialistin beendete. Sie ist Mitglied der klinischen Fakultät des New England College of Optometry (USA) und Fellow der American Academy of Optometry.

Perry Rosenthal, Gründer des Contact Lens Service in Massachusetts Eye and Ear Infirmary, Polymer Technology Corporation (der Boston Kontaktlinsen Produkte) (1983 von Bausch & Lomb übernommen) an der Boston Foundation for Sight, ist ein Pionier in der Entwicklung für fortgeschrittene Sklerallinsen / Prothesen bei Hornhauterkrankungen. Er gibt Gastvorträge bei nationalen und internationalen Fachkongressen über die Erkrankungen der vorderen Augenabschnitte und Sklerallinsen.

Deborah Jacobs ist seit 2006 medizinische Direktorin an der Boston Foundation for Sight and Science. Sie erhielt ihren MS von der Oxford University und ihren MD von der Harvard Medical School (USA). Ihren Facharzt in Ophthalmologie und ihren Fellowship in Cornea and Extrenal Disease erhielt sie vom Massachusetts Eye & Ear Infirmary, wo sie nun Mitglied der Fakultät ist.

Craig W. Norman FCLSA – South Bend, IN (USA)

Craig Norman ist Direktor des Bereichs Kontaktlinse an der Sout Bend Clinic in South Bend, IN (USA). Er ist Fellowship der Contact Lens Society von Amerika und Berater am GP Lens Institute. Er ist klinischer und didaktischer Berater von Bausch & Lomb Incorporated.

Jan Pauwels – Antwerp (Belgium)

Jacob H. van Blitterswijk – Arnhem (the Netherlands)

Jan Pauwels, Optometrist, ist Inhaber der Lens Optical Technology und arbeitet als Kontaktlinsenanpasser in drei Universitätskliniken in Belgien, UZA Antwerp, UZA Gent und CHI Liège. Er schloss seine optische und optometrische Ausbildung in Brüssel (Belgien) ab und verbringt viel Zeit mit der Anpassung von Kontaktlinsen bei irregulären Hornhäuten.

Jaap van Blitterswijk ist Kontaktlinsenanpasser, Entwickler, Hersteller und Inhaber diverser niederländischer Kontaktlinsenpraxen. Er schloss seine optische und optometrische Ausbildung in Rotterdam, Niederlande ab. Jaap verbringt die meiste Zeit mit der Lehre zur Anpassung von Speziallinsen.

Kenneth W. Pullum, BSc FCOptom DipCLP FBCLA – Hertford (United Kingdom)

Ken Pullum graduierte 1974 an der City University (UK), wurde 1975 als FCOptom und 1978 als DipCLP ausgezeichnet und wurde 2006 Fellowship der BCLA. Er ist Senior-Optometrist in der Kontaktlinsenabteilung des Moorfield und Oxford Eye Hospital (UK) sowie in einer Optometrie- und Kontaktlinsenpraxis in Herfordshire (UK). Er hat sich auf die medizinische Anwendung von Kontaktlinsen spezialisiert, insbesondere beim Management des Keratokonus. Er entwickelte moderne Anpassmethoden von Sklerallinsen, über die er ausführlich referiert und publiziert hat.

Christine W. Sindt, OD FAAO FSLS – Iowa City, IA (USA)

Chrstine Sindt ist Absolventin vom The Ohio State University College of Optometry (USA). 1995 trat sie der Fakultät der University of Iowa Department of Ophthalmology and Visual Sciences (USA) bei, wo sie heute Privatdozentin in klinischer Ophthalmologie und Direktorin der Kontaktlinsenabteilung ist. Sie ist Vizepräsidentin der Scleral Lens Education Society.

Sophie Taylor-West, BSc MCOptom

Nigel Burnett-Hodd, BSc FCOptom DipCLP – London (United Kingdom)

Nigel Burnett-Hodd, und Sophie Taylor-West arbeiten beide in der Kontaktlinsenpraxis des Nigel's Central London (UK), wo sie hauptsächlich anspruchsvolle Kontaktlinsenanpassungen vornehmen, mehrheitlich beim Keratokonus, nach Transplantaten und refraktiver Chirurgie. Sophie Taylor-West hat grosses Interesse in der Anpassung von Korneo-Sklerallinsen und Hybridlinsen und arbeitet Teilzeit im Moorfields Eye Hospital (UK). Nigel Burnett-Hodd ist ehemaliger Präsident sowohl von der British Contact Lens Association als auch der International Society of Contact Lens Specialists.

Esther-Simone Visser, BOptom MSc

Rients Visser Sr – Nijmegen (the Netherlands)

Ester Simone Visser schloss 1995 an der School of Optometry in Utrecht (Niederlande) ab. 2004 erhielt Sie ihren Mastertitel an der City University in London (UK). Sie trat der Visser Contact Lens Practice bei, arbeitet in diversen Universitätskliniken in den Niederlanden, wo sie sich auf die Anpassung medizinischer Kontaktlinsen spezialisiert. Schliesslich trat sie dem Team zur Anpassung und Entwicklung von Sklerallinsen von Rients Visser bei. Sie publiziert und hält Vorträge hauptsächlich über Sklerallinsen.

Rients Visser erhielt seine Ausbildung in Optik, Optometrie und Kontaktlinsen in Rotterdam (Niederlande). Er spezialisierte sich auf die Versorgung von medizinisch indizierten Kontaktlinsen und gründete die Visser Contact Lens Practice mit 19 Filialen, die hauptsächlich in Kliniken stationiert sind. Das Kontaktlinsen Team betreut über 1700 Patienten mit Sklerallinsen. Rients referiert und publiziert hauptsächlich zu Themen wie Skleral- und Bifokallinsen und entwickelte eigene Designs.

Vorwort und Danksagungen

Dieser Leitfaden basiert auf dem sorgfältigen Studium der Fachliteratur zum Thema Anpassung von Sklerallinsen und beinhaltet einen Überblick über die neuesten Erkenntnisse und das Wissen über diese äußerst interessante und vielseitige Methode der Kontaktlinsenanpassung. Als Ausbilder bin ich der Meinung, dass dieser Leitfaden einen objektiven und neutralen Überblick liefert, weil keine Präferenzen hinsichtlich einer Anpassetechnik, einem Kontaktlinsenhersteller oder sogar einem Land/einer Region angeführt werden. Schließlich gibt es in verschiedenen Teilen der Welt verschiedene Vorgehensweisen. Es war ein Vorteil, als Autor jede spezifische Anpassetechnik oder –philosophie objektiver betrachten zu können. Das wichtige Feedback von Sklerallinsenexperten, die tagtäglich Speziallinsen anpassen und ihre Anpassprinzipien praktisch umsetzen, war jedoch äußerst willkommen und wurde sehr geschätzt, weil dadurch ein vollständiger Überblick über Sklerallinsen erst möglich wurde. Als ich einige Spezialisten für Sklerallinsen an ihrem Arbeitsplatz besuchte und interviewte, erhielt ich einen tiefen Einblick in die Praxis. Auch Diskussionsforen wie jenes auf der Website von www.sclerallens.org waren sehr aufschlussreich.

Die schwierigste, zugleich aber auch die lohnendste Aufgabe bei der Erstellung dieses Leitfadens war es, die verschiedenen Philosophien und Anschauungen zu einem Ganzen zusammenzufügen. Ohne die Hilfestellung und den Einsatz des internationalen Redaktionsteams wäre ich als Autor nicht in der Lage gewesen, diesen Leitfaden zu erstellen. Nicht nur die Informationen, die direkt von den Beitragenden und den Rezensenten kamen, waren eine enorme Bereicherung für diesen Leitfaden; auch deren (Online-)Veröffentlichungen und Präsentationen waren von unschätzbarem Wert. Die Ausbildungsmodule der Internationalen Vereinigung der Kontaktlinsenausbilder (IACLE) erwiesen sich ebenfalls als eine hervorragende Informationsquelle, sowohl was die Kenntnisse der Anatomie des vorderen Augenabschnitts als auch das Grundlagenwissen über Sklerallinsen anbelangt. Sie sind daher für Kontaktlinsenspezialisten sehr zu empfehlen. In der Literaturliste am Ende dieses Leitfadens finden sich dazu nähere Angaben sowie ein Gesamtüberblick über alle Publikationen, die in diesen Leitfaden eingeflossen sind. Dieser Leitfaden versteht sich sowohl als Einführung in die Form und Topografie der Sklera sowie Geometrie von Sklerallinsen als auch als allgemeine Orientierungshilfe für Kontaktlinsenspezialisten, damit diese sich mit dem Anpasskonzept für Sklerallinsen leichter anfreunden können. Der allgemeine Überblick basiert auf den Erfahrungsberichten und dem Feedback der kompetentesten Experten für Sklerallinsen auf der ganzen Welt.

Dieser Leitfaden soll Kontaktlinsenanpassern als grobes Gerüst dienen, um einen Überblick über die Anpassung von Sklerallinsen zu bekommen und diese in den Praxisalltag integrieren zu können. Da es sich hier um einen allgemeinen Überblick handelt, kann unmöglich auf alle zur Verfügung stehenden spezifischen Sklerallinsengeometrien eingegangen und auch kein Anpassleitfaden für alle erhältlichen Linsentypen erwartet werden.

Die heutige Sklerallinsenanpassung steckt immer noch in den Kinderschuhen, und weist ein großes Potential auf. Es gibt jedoch keinen einheitlichen Anpassvorgang für Sklerallinsen, weil viele Unterschiede zwischen Anpassern, Kulturen, Herstellern und Ländern bestehen. In diesem klinischen Leitfaden wird versucht, angesichts der verschiedenen Anpassphilosophien eine „gemeinsame Basis“ zu finden. Was die Regeln und Empfehlungen für die Anpassung von Sklerallinsen mit spezifischen Geometrien anbelangt, so haben die Linsenhersteller sowie die Fachberater und Spezialisten in den Labors die besten Kenntnisse, die sich Kontaktlinsenspezialisten zunutze machen sollten.

Die Internationale Vereinigung der Kontaktlinsenausbilder führte 2006 in ihrem umfassenden Kontaktlinsenmodul über die Anpassung von Speziallinsen Folgendes an: „Sklerallinsen werden zwar von wenigen Kontaktlinsenspezialisten angepasst, sie können jedoch eine wichtige Rolle bei der optimalen Korrektur von Sehfehlern spielen.“ Inzwischen hat sich die Situation völlig geändert, weil diese Korrekturmethode einen großen Aufschwung erlebt. Dieser Leitfaden gibt einen aktuellen Überblick über die jüngsten Entwicklungen im dynamischen Bereich der Sklerallinsenanpassung und die Betreuung von Sklerallinsenträgern.

Eef van der Worp

Komfortabler leben mit Sklerallinsen...



HANS MADER

I. Einleitung

- Terminologie
- Indikationen

Leonardo da Vinci unternahm als erster 1508 den Versuch, eine mit Wasser gefüllte Glasschale aufs Auge zu legen, um die optische Wirkung der Hornhaut zu neutralisieren. Dieser Abschnitt enthält einen kurzen historischen Abriss von Sklerallinsen sowie die aktuelle Terminologie und das breite Spektrum der Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen.

Kontaktlinsen mit einem großen Durchmesser, die die gesamte Hornhaut überdecken und auf der Sklera aufliegen, gelten als beste Korrektionsmöglichkeit bei Unregelmäßigkeiten der Hornhaut. Mithilfe von Sklerallinsen kann ein chirurgischer Eingriff hinausgezögert oder sogar verhindert und auch die Gefahr von Hornhautnarbenbildung verringert werden. Wenn man sichergehen will, dass die Kontaktlinse die Hornhaut an keiner Stelle berührt, d. h. kein mechanischer Druck auf die Hornhaut ausgeübt wird, sollte man jeden Kontakt zwischen der Sklerallinse und



Sklerallinse

der Hornhaut vermeiden. Sklerallinsen sind, technisch gesehen, keine „Kontakt-Linsen“, zumindest nicht was die Hornhaut betrifft. Das kann einer der größten Vorteile dieser Korrektionsmethode sein.

Vor einigen Jahren konnte auf der ganzen Welt nur eine Handvoll sehr versierter Spezialisten Sklerallinsen erfolgreich anpassen, und nur wenige Unternehmen stellten Sklerallinsen her. Mittlerweile haben viele Kontaktlinsenhersteller ihre Produktlinie um Sklerallinsen erweitert. Verbesserte Herstellungsprozesse ermöglichen bessere Kontaktlinsenausführungen, eine höhere Reproduzierbarkeit der Linsen und eine Reduzierung der Produktionskosten. In Kombination mit besseren Linsenmaterialien hat dies zu einer Verbesserung der Verträglichkeit, längeren Tragezeiten und einer einfacheren Anpassung

von Sklerallinsen geführt. Seit kurzem wird das Thema Sklerallinsen von speziellen Websites und Organisationen aufgegriffen; auch bei Konferenzen und in der Fachliteratur wird häufig über die Anpassung von Sklerallinsen berichtet. Es ist im Interesse der Patienten, dass Kontaktlinsenspezialisten mit dieser Korrektionsmethode vertraut werden, um Patienten die optimale verfügbare Sehkorrektur zu ermöglichen. Häufig ist die Sklerallinse die beste Korrektur für kompliziertere Hornhautformen.

Die erste Sklerallinse, eine mundgeblasene Glasschale, wurde vor 125 Jahren hergestellt. Im Jahr 1936 machte Joseph Dallos, ein ungarischer Physiker, Abdrücke von Augen für die Herstellung von Glaslinsen; und in den 1940er Jahren fertigten unter anderem Feinbloom, Oberg und Gyoffry zum ersten Mal Kontaktlinsen aus Polymethylmethacrylat (PMMA). Diese Erfolge waren laut Tan et al. (1995a) bahnbrechend für die Entwicklung von Sklerallinsen. Diese Kunststofflinsen konnten im Drehverfahren hergestellt und mit viel größerer Präzision als bisher an die Augenform angepasst werden. 1983 berichtete Ezekiel zum ersten Mal über einen weiteren Durchbruch in Form von sauerstoffdurchlässigen Kontaktlinsen, die eine wesentlich bessere Verträglichkeit zur Folge hatten. Die Entwicklung von kleineren, sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen und später von Weichlinsen führte vorübergehend zu einem Einbruch in der Anpassung von Sklerallinsen. Doch nun ist die Sklerallinse als Korrektionsmethode bei komplizierteren Hornhautformen wieder sehr gefragt, weil den Anpassern viele Sklerallinsentypen zur Verfügung. Zu diesen zählen sowohl Sklerallinsen mit rückflächentorischer oder quadrantenspezifischer Geometrie als auch bifokale Sklerallinsen.

In den letzten Jahren haben die Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen zugenommen, weil die ursprünglich nur zur Korrektur von starken Unregelmäßigkeiten der Hornhaut konzipierten Linsen mittlerweile vielseitige Lösungen für ein immer breiteres Spektrum von Indikationen bieten.

Terminologie

Die Terminologie für Sklerallinsen sowie die Definitionen für Sklerallinsen und die verschiedenen Linsentypen sind sehr unterschiedlich, abhängig von örtlichen Gegebenheiten, oft willkürlich und sehr verwirrend. Gewöhnlich werden die verschiedenen Linsentypen nach Durchmesserbereichen eingeteilt; es dürfte jedoch besser sein, die Linsentypen nach dem Verwendungszweck und nach der „Auflagefläche“ zu klassifizieren, weil diese zwei Aspekte unabhängig von der Größe des Augapfels sind. Demnach ist eine Korneallinse eine Linse, die die gesamte Hornhaut abdeckt (bei normalen

Erwachsenen beträgt der Linsendurchmesser gewöhnlich weniger als 12,5 mm). Kontaktlinsen mit einem größeren Durchmesser fallen in die umfassende Gruppe von „Sklerallinsen“, weil sie zumindest teilweise auf der Sklera aufliegen. In dieser Gruppe wird die Kontaktlinse mit dem kleinsten Durchmesser und der Auflagezone teils auf der Hornhaut und teils auf der Sklera als Corneo-Sklerallinse bezeichnet. Dieser Linsentyp wird auch häufig Semi-Sklerallinsen genannt, weil es sich dabei genau genommen nicht um definitionsgemäße Sklerallinsen handelt (die nur auf der Sklera aufliegen). In diesem Leitfaden wird für diesen Linsentyp die Bezeichnung Korneo-Sklerallinse

verwendet. Bei diesem Linsentyp liegt der Durchmesser für das Durchschnittsauge zwischen 12,5 mm und 15,0 mm.



Sklerallinse mit großem Durchmesser und großem Tränenreservoir

Bei der nächsten Gruppe mit einem noch größeren Linsendurchmesser handelt es sich um Sklerallinsen, die vollständig auf der vorderen Sklera aufliegen. Innerhalb dieser Gruppe gibt es verschiedene Kategorien, um unterschiedlichen Anforderungen an den Sitz der Linse und komplexeren Problemstellungen gerecht zu werden. Im Wesentlichen können diese Linsen in große Sklerallinsen und Mini-Sklerallinsen eingeteilt werden, wobei es hier deutliche Unterschiede gibt, sowohl in Bezug auf die Größe der Auflagezone und damit auf die mechanische Belastung und Reizung der Sklera und Konjunktiva als auch hinsichtlich der Linsengeometrie.

Bei Mini-Sklerallinsen muss man bedenken, dass sie immer noch einen

größeren Durchmesser aufweisen als Korneo-Sklerallinsen – sie haben typischerweise einen Durchmesser zwischen 15,0 mm und 18,0 mm haben.

Was etwas verwirrt, ist die Tatsache, dass die Bezeichnung „Sklerallinse“ nicht nur für alle Linsen verwendet wird, die gewöhnlich einen Durchmesser von 18,0 mm bis 25,0 mm haben, sondern auch für alle Linsen, die zumindest teilweise außerhalb der Hornhaut aufliegen. In dieser Richtlinie wird die Bezeichnung Sklerallinse für das breite Spektrum aller Linsen mit einem großen Durchmesser verwendet. Wenn es jedoch um einen ganz spezifischen Linsentyp geht, dann wird die spezifische Bezeichnung (z. B. Korneo-Sklerallinse, Mini-Sklerallinse und große Sklerallinse) verwendet. Der größte Unterschied zwischen den Linsen mit einem kleineren Durchmesser und den Linsen mit einem größeren Durchmesser ist nicht nur die Auflagefläche und Position auf dem Auge, sondern auch die Größe des Tränenreservoirs. Bei Linsen mit einem kleinen Durchmesser ist das Tränenreservoir eher klein, bei Linsen mit einem großen Durchmesser hingegen ist die Größe des Tränenreservoirs nahezu unbegrenzt. Im Gegensatz zu Korneallinsen ermöglichen aber alle Geometrien von (Semi-)Sklerallinsen bis zu einem gewissen Grad eine ausreichende Überbrückung des Apex, wodurch der mechanische Druck auf die Hornhaut verringert werden kann. Dies ist der Hauptvorteil aller Sklerallinsentypen.

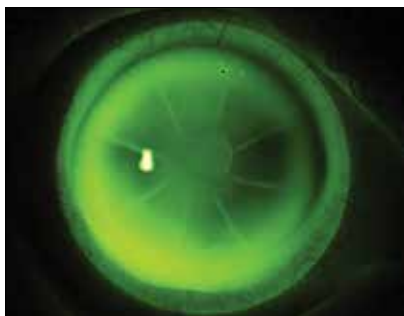
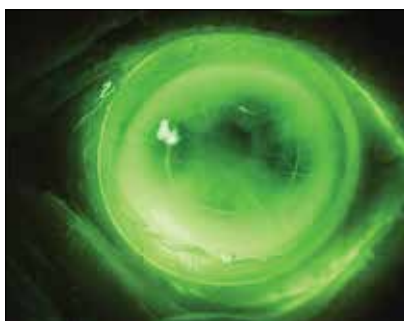


Sklerallinsenanpassung bei einem Kind mit aphakem Auge

Da mit Sklerallinsen die Hornhaut überbrückt werden kann, ist der Tragekomfort einer der herausragendsten Vorteile dieser Linsen. Einige unserer Sklerallinsenträger beschwerten sich sogar darüber, dass sie von ihrem Anpasser nicht schon früher auf diese Alternative aufmerksam gemacht wurden, weil der Tragekomfort so hervorragend ist. Wir stellen auch fest, dass viele Keratokonus-Patienten, die am betroffenen Auge eine Sklerallinse tragen, auch auf dem anderen Auge eine Sklerallinse einer sauerstoffdurchlässigen Korneallinse vorziehen, weil Sklerallinsen eben einen besseren Tragekomfort bieten. – Esther-Simone Visser und Riens Visser

Terminologie

	Andere Bezeichnungen	Durchmesser	Auflage	Tränenreservoir
Korneallinse		8,0 bis 12,5 mm	nur auf der Hornhaut	keines
Korneo-Sklerallinse	Semi-Sklerallinse	12,5 bis 15,0 mm	auf der Hornhaut und Sklera	nur begrenzt
Sklerallinse	Haptic	15,0 bis 25,0 mm	nur auf der Sklera	
		Mini-Sklerallinse 15,0 bis 28,0 mm		etwas eingeschränkt
		Große Sklerallinse 18,0 bis 25,0 mm		nahezu unbenetzt



Hornhaut mit Corneo-Sklerallinse nach radialer Keratotomie (RK)

SOPHIE TAYLOR-WEST

Indikationen

In den letzten Jahren haben die Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen zugenommen, weil die ursprünglich nur zur Korrektur von starken Unregelmäßigkeiten der Hornhaut konzipierten Linsen mittlerweile vielseitige Lösungen für ein immer breiteres Spektrum von Indikationen bieten. Es folgt eine grobe Einteilung der Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen.

1. Verbesserung der Sehleistung

Die Hauptindikation für die Anpassung von Sklerallinsen ist die Kompensation von Unregelmäßigkeiten der Hornhautvorderfläche, um die Sehleistung zu verbessern. Die häufigste optische Indikation ist die Hornhautektasie, die in zwei Gruppen eingeteilt werden kann: 1. primäre Hornhautektasie wie Keratokonus, Keratoglobus und pelluzide marginale Hornhautdegeneration; 2. Hornhautektasie nach refraktiver Chirurgie wie LASIK (Laser-in-situ Keratomileusis), LASEK (Laser-subepitheliale Keratomileusis), photorefraktive Keratektomie (PRK), radiale Keratotomie (RK) und Trauma.

Hornhauttransplantate müssen oft, vor allem nach penetrierender Keratoplastik (PKP), mit Kontaktlinsen versorgt werden, damit die Sehleistung wieder vollständig hergestellt werden kann. In vielen Fällen

können hier Sklerallinsen indiziert sein. Eine andere Indikation für Sklerallinsen zur visuellen Rehabilitation sind Hornhauttraumata. Augen mit starker Vernarbung und gravierenden Unregelmäßigkeiten der Hornhaut infolge eines Traumas können mithilfe von Sklerallinsen eine ausgezeichnete Sehleistung erzielen. Oft sind sowohl die Betroffenen als auch die Kontaktlinsenanpasser vom optischen Erfolg überrascht. Hornhautnarben infolge von Hornhautinfektionen, vor allem bei Herpes Simplex, sind auch häufig Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen. Weitere Indikationen sind Hornhautdegenerationen oder -dystrophien wie marginale Fuchs-Terrien- Hornhautdegeneration und Salzmann-Hornhautdegeneration.

Wenn die Anpassung von Korneallinsen bei Patienten mit hohen Refraktionsfehlern zu keinem Erfolg führt, können Sklerallinsen manchmal die Lösung sein (Visser, 1997). Gelegentlich können

Man muss bedenken, dass Korneo-Sklerallinsen im Vergleich zu sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen für jene Patienten, die ihre Linsen nicht ständig tragen, einfacher sind, weil sie nur mit einer kurzen oder gar keiner Gewöhnungsphase verbunden sind. Aufgrund des größeren Durchmessers kommt es zu weniger Interaktion zwischen Augenlid und Linse, weshalb nur eine sehr kurze Gewöhnungsphase erforderlich ist. – Jason Jedlicka 2010b

Sklerallinsen für prismatische Korrekturen mit horizontalen Prismen oder Gläsern mit Prismenbasis oben verwendet werden, weil sich Sklerallinsen auf dem Auge sehr gut stabilisieren. Korneallinsen eignen sich dafür gewöhnlich nicht, und zwar aufgrund ihrer Rotation auf dem Auge (Millis, 2005).

2. Schutz der Hornhaut

Es gibt sehr viele Patienten mit Expositionskeratopathie/ Erkrankungen der Augenoberfläche, die ganz besonders von Sklerallinsen profitieren, weil sich unter der Sklerallinse ein Flüssigkeitsreservoir befindet. Das Sjögren-Syndrom ist eine häufige Indikation für die Anpassung von Sklerallinsen. In diese Indikationskategorie fallen auch persistierende Epitheldefekte, Steven-Johnson-Syndrom, Transplantat-Wirt-Reaktion, vernarbende bullöse Keratopathie, neurotrophische Hornhauterkrankungen und atopische Keratokonjunktivitis. Unvollständiger Lidschluss, wie er bei Lidkolobom, Exophthalmus, Ektropion, Nervenlähmungen und nach Lidretraktion auftritt (Pullum, 2005), können auch eine gute Indikationen für Sklerallinsen sein. Darüber hinaus hat es sich gezeigt, dass Sklerallinsen die Augenoberfläche bei Trichiasis und Entropium wirksam schützen. Bei Symblepharon kann eine Sklerallinse das Zusammenwachsen von Augapfel- und Lidbindehaut bis in den Fornix verhindern, z. B. nach Verätzung mit Chemikalien. Es wurde zudem darüber berichtet,



CHRISTINE SINDT

Hornhauttransplantat, das nur mit einer Sklerallinse versorgt werden kann.

dass mit Sklerallinsen ausgezeichnete Erfolge bei Akustikusneurinom erzielt wurden.

Seit kurzem werden Sklerallinsen aus verschiedenen Gründen auch als Medikamententräger angepasst. Die Behandlung von persistierenden Epitheldefekten mit Antibiotika während des Heilungsprozesses der Augenoberfläche ist eine Indikation für die Anpassung von Sklerallinsen, die ein Antibiotikum an das Auge abgeben (Lim, 2009). Jacobs et al. (2008) erörterten die neuartige Möglichkeit, bei Neovaskularisation Sklerallinsen anzupassen, die den Arzneistoff Bevacizumab (Handelsname Avastin) an das Auge abgeben. Dr. Perry Rosenthal von der Boston Foundation for Sight regte an, Sklerallinsen, die geringe Mengen von Natriumkanalmodulatoren freisetzen, zur Schmerzbekämpfung einzusetzen (Rosenthal, 2009b).

3. Kosmetische Indikationen/Sport

In verschiedenen Fällen wurden handbemalte Sklerallinsen für kosmetische Zwecke verwendet, häufig im Zusammenhang mit Augapfelatrophie (Otten, 2010). Diese Linsen wurden auch zur Reduzierung von Blendungserscheinungen bei Aniridie und Albinismus eingesetzt (Millis, 2005); allerdings handelt es sich hier, technisch gesehen, nicht um kosmetische, sondern um optische Indikationen. Sklerallinsen wurden auch bei Ptosis aus kosmetischen Gründen angepasst.

Sklerallinsen können nicht nur für Sportler von Vorteil sein, beispielsweise bei Wassersportarten wie Wassersport, Kanufahren, Tauchen und Wasserskifahren sowie bei anderen dynamischen Sportarten, sondern auch für all jene, die einer staubigen Umgebung ausgesetzt sind. Sklerallinsen werden auch häufig von der Filmindustrie verwendet, um Spezialeffekte mit den Augen zu erzielen.



OCT-Aufnahme einer Hornhaut mit starken Unregelmäßigkeiten ohne Sklerallinse (Zeiss Visante® OCT)



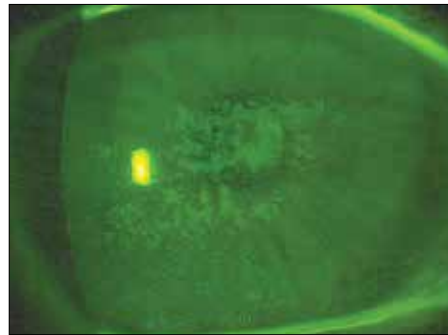
OCT-Aufnahme einer Hornhaut mit starken Unregelmäßigkeiten mit einer Sklerallinse zur Visusrehabilitation (Zeiss Visante® OCT)

GREG GEWOULES



VISSER CONTACT LENS PRACTICE

Pelluzide marginale Hornhautdegeneration – eine gute Indikation für Sklerallinsenanpassung



Fall einer 55jährigen Patientin mit Trockenem Auge, der Mini-Sklerallinsen angepasst wurden, die sich durch einen sehr guten Tragekomfort auszeichneten und zu einer Abschwächung der Symptome führten. Die Linse hat u. a. eine bifokale Vorderfläche, die aus einer 2 mm großen zentralen optischen Zone mit einer Addition von +2,00 dpt besteht. Mit dieser Linse wurde ein Visus von 1,0 in der Ferne und 0,8 in der Nähe erzielt. – Jason Jedlicka

Normale sauerstoffdurchlässige Kontaktlinsen oder Sklerallinsen?

Warum sollte ein Kontaktlinsenanpasser eine Sklerallinse einer klinisch erprobten, normalen sauerstoffdurchlässigen Kontaktlinse vorziehen? Zunächst einmal, weil Sklerallinsen nicht auf der Hornhaut, einem der empfindlichsten Teile des menschlichen Körpers, aufliegen. Damit die Haupteigenschaft der Hornhaut, nämlich ihre Transparenz, erhalten bleibt, sind die Nerven in der Hornhaut, im Gegensatz zu den meisten anderen Nerven im menschlichen Körper, nicht myelinisiert (in Myelinscheiden verlaufende Nervenfasern sind ummantelt, also nicht transparent). Durch das Fehlen der Hüllsubstanz Myelin können die Nerven jedoch empfindlicher auf mechanische Einwirkungen, beispielsweise durch Kontaktlinsen, reagieren und Unbehagen auslösen.

Die Sklera hat nur eine geringe Schmerzempfindlichkeit, weshalb sie als Auflagefläche für Kontaktlinsen sehr gut geeignet ist. Aufgrund der Größe von Sklerallinsen mag es zwar auf den ersten Blick widersprüchlich scheinen,

Der Vorteil von Sklerallinsen bei fortschreitender ektatischer Hornhauterkrankung besteht darin, dass unter einer gut angepassten Sklerallinse mit Überbrückung der Hornhaut die Ektasie fortschreiten kann, ohne dass dem Patienten ständig neue Linsen angepasst werden müssen. – Lynette Johns

sich für die Anpassung einer solchen Linse zu entscheiden; tatsächlich werden Sklerallinsen aber beim Tragen als sehr angenehm empfunden. Wenn Patienten zum ersten Mal eine Sklerallinse tragen, sind sie fast ausnahmslos vom Tragekomfort begeistert.

Sklerallinsen berühren die Hornhaut praktisch nicht, weshalb sich diese beim Tragen der Linsen kaum oder gar nicht verformt (so kommt es beispielsweise nicht zu Hornhautdeformierungen). Sklerallinsen sollen sich laut Berichten auch ausgezeichnet eignen zur Rückformung der Hornhaut auf die Ausgangswerte nach dem Tragen von PMMA-Linsen, nach Orthokeratologie und in anderen Fällen, in denen die Hornhautform gewollt oder ungewollt verändert wurde.

Bei der in den USA durchgeführten Studie *Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK)* wurden 1 209 Keratokonus-Patienten über einen Zeitraum von acht Jahren an verschiedenen klinischen Zentren beobachtet. Diese Studie ergab, dass die Hornhautnarbenbildung bei Keratokonus zu einem Verlust der Kontrastempfindlichkeit führen kann, was wiederum unter Umständen die Sehleistung beeinträchtigt. Dieses Ergebnis ist vor allem deshalb besorgniserregend, weil bei Keratokonus-Patienten ohnehin bereits mehr Aberrationen höherer Ordnung, hauptsächlich vertikales Koma, auftreten, die zu einer Reduzierung der Kontrastempfindlichkeit führen können. Grundlegende Faktoren, die eine Hornhautnarbenbildung begünstigen sind Hornhautradialen steiler als 6,5 mm, das Tragen von Kontaktlinsen, ausgeprägte Hornhautstippungen und ein Alter unter 20 Jahren (Barr, 1999). Es empfiehlt sich offensichtlich, Druck auf den Hornhautapex durch Kontaktlinsen zu vermeiden. Dies scheint besonders angebracht zu sein bei einem zentralen Keratokonus, weil eine zentrale

Offensichtlich gibt es für die Anpassung von Sklerallinsen praktisch keine Altersgrenze. Laut der Boston Foundation for Sight ergab eine retrospektive Studie über die Anpassung von Sklerallinsen Folgendes: Bei 47 Augen von 31 Kindern im Alter von sieben Monaten bis zu 13 Jahren war die Sklerallinsenanpassung erfolgreich, wobei die häufigsten Indikationen Erkrankungen der Augenoberfläche und nicht Brechungsfehler waren. – Gungor et al., 2008

Ein weiteres stichhaltiges Argument dafür, warum der Tragekomfort bei Sklerallinsen so hervorragend ist, ist die Tatsache, dass es bei Linsen mit großem Durchmesser zu weniger Interaktion zwischen dem Augenlid und der Kontaktlinse kommt. Korneallinsen bieten nicht nur deshalb weniger Tragekomfort, weil sie mit dem Augenlid in Kontakt kommen, sondern auch weil die Augenlider beim Lidschlag gegen den Linsenrand reiben, wodurch die Linsen sich auf dem Auge bewegen und ein Kratzgefühl erzeugen. Da der Rand von Sklerallinsen auch bei geöffnetem Auge unter dem Augenlid liegt, gibt es das Problem der Interaktion zwischen dem Augenlid und der Kontaktlinse bei Sklerallinsen nicht.
– Sophie-Taylor-West und Nigel Burnett Hodd

Hornhautnarbe ziemlich sicher zum Verlust der Sehschärfe führt.

Obwohl eine hohe Torizität der Hornhaut typisch für Keratokonus-Patienten ist, sodass diese theoretisch von torischen Linsen profitieren würden, werden diese Linsen praktisch aber nur selten angepasst. Bei einer rückflächentorischen oder bitorischen Linse liegen die beiden Rückflächenradien und damit die korrigierenden Hauptschnitte in 90° zueinander. Dies ist jedoch bei Keratokonus, speziell bei mäßig oder stark fortgeschrittenem Keratokonus, oft nicht der Fall (irregulärer Astigmatismus).

Mithilfe einer Sklerallinse, die die Hornhaut überbrückt, können diese Unregelmäßigkeiten korrigiert werden. Zudem haben Sklerallinsen gewöhnlich eine große optische Zone, sodass sich eine Dezentrierung der Linse auf die optische Korrektur nicht so sehr auswirkt. Dies ist vor allem bei Patienten mit Keratoglobus oder dezentrierter Apexlage wichtig (Bennett, 2009). Im Allgemeinen zentrieren sich Sklerallinsen eher besser als kleinere Kontaktlinsen.

Die Anpassung von sauerstoffdurchlässigen Kontaktlinsen hat sich in den vergangenen zehn Jahren enorm weiterentwickelt und verbessert. Die Produktpalette wurde um anspruchsvolle Linsengeometrien erweitert,

Kontaktlinsen mit einem großen Durchmesser, die teilweise auch auf der Sklera aufliegen, gelten als eine der besten Korrekturformen bei Unregelmäßigkeiten der Hornhaut. Mit ihrer Hilfe kann eine Operation oft hinausgezögert oder sogar verhindert und auch das Risiko einer Hornhautnarbenbildung reduziert werden.

die auf der Topografie der Hornhaut basieren. Dazu zählen hoch asphärische oder quadrantenspezifische Ausführungen. Aber trotz dieser Entwicklung besteht die Herausforderung bei Keratokonus darin, bei jeder Anpassung den mechanischen Druck der Linse auf die Hornhaut zu reduzieren. In vielen Fällen können Sklerallinsen eine ausgezeichnete Möglichkeit sein, die Sehleistung wieder herzustellen. Für eine Überbrückung der Hornhaut ohne mechanische Einflüsse und für eine bessere Optik empfiehlt es sich, jeden Kontakt zwischen Hornhaut und Linse zu vermeiden.



DON EZEKIEL

Anpassung einer Sklerallinse bei einem Hornhauttrauma mit Verlust der Iris.

Sklerallinsen oder Augenoperation?

Ektatische Hornhauterkrankungen wie Keratokonus sind die Hauptindikation für die Anpassung von Sklerallinsen zur Visusrehabilitation. Die National Keratoconus Foundation in den USA (2010) schätzt, dass sich ca. 15 % bis 20 % der Patienten mit Keratokonus letztendlich einer Operation unterziehen. Die häufigste chirurgische Methode ist die Keratoplastik. Die Überlebensrate der Transplantate beträgt bei penetrierender Keratoplastik nach fünf Jahren 74 %, nach 10 Jahren 64 %, nach 20 Jahren 27 % und nach 30 Jahren nur noch 2 % (Borderie, 2009). Durch partielle Keratoplastik (lamelläre Keratoplastik), bei der nur der vordere Abschnitt der Hornhaut entfernt wird, kann zwar das Problem der Transplantat-Abstoßung u. U. gelöst werden, die schlechteren optischen Ergebnisse sind aber nach wie vor ein Problem (Jedlicka, 2010a).

Doch selbst wenn eine Keratoplastik aus medizinischer Sicht erfolgreich und ohne Komplikationen verläuft, benötigen viele Patienten aufgrund der Unregelmäßigkeiten und des hohen Hornhautastigmatismus dennoch eine Kontaktlinse, meist eine Corneallinse, um wieder zu einer guten Sehleistung zu gelangen. Die neueste Technik auf diesem Gebiet ist die Quervernetzung (UV-Crosslinking) der Hornhaut. Für diese Methode, mit der das Fortschreiten des Keratokonus gestoppt werden soll, liegen noch keine Langzeitergebnisse vor. Es scheint jedoch



VISSEK CONTACT LENS PRACTICE

Eine nach penetrierender Keratoplastik schlecht sitzende sauerstoffdurchlässige Kontaktlinse

die zu einer Keratoplastik überwiesen wurden, erfolgreich mit Kontaktlinsen versorgt werden konnten, sodass keine Operation erforderlich war. Diese Ergebnisse führen Kontaktlinsenspezialisten offensichtlich die Notwendigkeit vor Augen, zuerst alle Korrektionsmöglichkeiten einschließlich Sklerallinsenanpassung abzuklären, bevor Patienten zu einer Transplantation überwiesen werden. Kontaktlinsen-anpasser sollten unbedingt immer überprüfen, bis zu welchem Grad die Sehschärfe mithilfe von Sklerallinsen verbessert werden kann, bevor Patienten zu einer Hornhauttransplantation überwiesen werden. Bei Fällen mit Hornhautnarben nach Herpes-Simplex-Virus gilt dies ganz besonders.

einigermaßen zu gelingen. Die Hornhautveränderungen können zwar gestoppt werden, die Hornhaut kann sich aber nicht wieder auf die Ausgangswerte zurückbilden, weshalb gewöhnlich nach dem Crosslinking eine Form von Sehkorrektur erforderlich ist, um die Sehleistung zu optimieren.

Schätzungen zufolge benötigen die meisten Patienten mit ektatischen Hornhauterkrankungen irgendwann im Leben sauerstoffdurchlässige Kontaktlinsen, um eine einigermaßen gute Sehleistung zu erzielen. Eine von Smiddy et al. (1988) durchgeführte Studie ergab, dass 69 % der Patienten,

*Eine Studie hat ergeben, dass 69% der Patienten, die zu einer Keratoplastik überwiesen wurden, erfolgreich mit Kontaktlinsen versorgt werden konnten, sodass keine Operation erforderlich war.
– Smiddy et al., 1988*

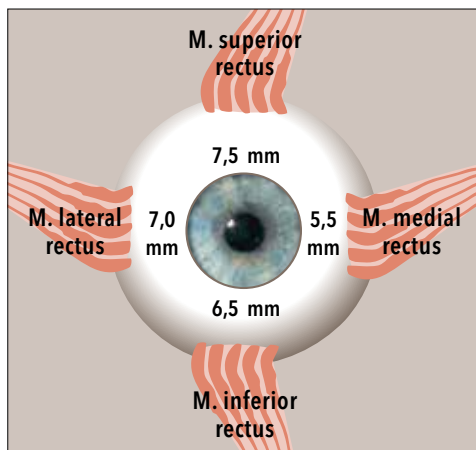
Kernpunkte:

- Die Indikationen für die Anpassung von Sklerallinsen haben zugenommen, weil die ursprünglich nur zur Korrektur von starken Unregelmäßigkeiten der Hornhaut konzipierten Linsen mittlerweile vielseitige Lösungen für ein immer breiteres Spektrum von Indikationen, einschließlich Schutz der Hornhaut und kosmetischen Gründen, bieten.
- Selbst wenn eine Keratoplastik aus medizinischer Sicht erfolgreich und ohne Komplikationen verläuft, benötigen viele Patienten aufgrund der Unregelmäßigkeiten und des hohen Astigmatismus der Hornhaut dennoch zur visuellen Rehabilitation eine Kontaktlinse.
- Will man sicherstellen, dass die Hornhaut keinem mechanischen Druck ausgesetzt ist, empfiehlt es sich, jeden Kontakt zwischen der Linse und der Hornhaut durch Überbrücken der Hornhaut zu vermeiden.

II. Anatomie und Form des vorderen Augenabschnitts

- Woraus besteht das Gewebe des vorderen Augenabschnitts?
- Welche Form haben der Limbus und die vordere Sklera?

In letzter Zeit werden offensichtlich immer mehr Sklerallinsen-Anpassungen erforderlich. Aber ist unser Wissen über die Anatomie und Form des vorderen Augenabschnitts ausreichend, um eine erfolgreiche Anpassung von Sklerallinsen durchführen zu können?



Anatomie des vorderen Augenabschnitts

Laut unserem Schulbuchwissen setzen am vorderen Auge der Musculus superior rectus, lateral rectus bzw. inferior rectus in einem Abstand von ca. 7 mm vom Limbus an (7 mm, 7,5 mm bzw. 6,5 mm). Beim Musculus medial rectus beträgt der Abstand jedoch nur 5 mm. Bei einem durchschnittlichen Hornhautdurchmesser von 11,8 mm bedeutet das, dass der Durchmesser einer Sklerallinse bei einem Durchschnittsauge horizontal höchstens 22 mm bis 24 mm groß sein darf, damit die Linse nicht von den Ansatzstellen dieser Augenmuskeln beeinflusst wird. Diese Berechnung setzt voraus, dass sich die Sklerallinse auf dem Auge nicht bewegt.

Anatomie der Bindehaut

Eigentlich liegen Sklerallinsen auf der Bindehaut auf. Aber da die Bindehaut keine Struktur hat (d. h. sie folgt der Form der Sklera), bezeichnet man die Form des vorderen Augenabschnitts außerhalb des Hornhautrands als „Form der Sklera“ und Kontaktlinsen, die in diesem Bereich aufliegen, als Sklerallinsen und nicht als Konjunktivallinsen. Die Bindehaut ist eine durchsichtige Schleimhautschicht, die aus lockerem, von Blutgefäßen durchzogenem Bindegewebe besteht. Dieses liegt frei beweglich auf dem Augapfel auf und ist über der

Der Musculus superior rectus, lateral rectus bzw. inferior rectus setzen am vorderen Auge in einem Abstand von ca. 7 mm vom Limbus an (7 mm, 7,5 mm bzw. 6,5 mm). Beim Musculus medial rectus beträgt der Abstand jedoch nur 5,0 mm.

Eigentlich liegen Sklerallinsen auf der Bindehaut auf. Aber da die Bindehaut keine Struktur hat (d.h. sie folgt der Form der Sklera), bezeichnet man die Form des vorderen Auges außerhalb des Hornhautrands als „Form der Sklera“.

Tenonschen Kapsel am dünnsten. Die Konjunktiva besteht aus einer Epithel- und einer Stromaschicht. Am Limbus nimmt die Anzahl der fünf cornealen Epithelzellschichten zu und erreicht zehn bis fünfzehn Lagen im Bindehautepithel. Die Oberflächenzellen des Bindehautepithels weisen Mikroplicae und Mikrovilli auf; die Oberfläche der Bindehaut ist nicht so glatt wie die Oberfläche der Hornhaut. Das Bindehautstroma ist locker und wird von groben Kollagenfaserbündeln gebildet.

Ansatzstellen der Augenmuskeln

Die geraden Augenmuskeln setzen unter der Bindehautschicht an der Sklera an. Aufgrund der anatomischen Lage des Augapfels in der Orbita schmiegt sich der Musculus rectus lateralis, der äußere gerade Augenmuskel, an den Augapfel an und berührt diesen ständig, unabhängig von der Blickrichtung. Der Musculus rectus medialis, der

innere gerade Augenmuskel, setzt zwar weiter vorne am Augapfel an, verliert aber bei einer Blickbewegung nach nasal den Kontakt zum Bulbus. In einem Kapitel des Buches Contact Lenses von Phillips und Speedwell, schreibt Pullum Folgendes (2005): „Bei Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser könnte dies theoretisch bedeuten, dass eine seitliche Verschiebung der Linse auf dem Auge oder ein leichtes Abheben der Linse von der Hornhaut auftreten könnte.“ Pullum führt weiter aus,

dass der Limbus auf der temporalen Seite der Hornhaut im Durchschnitt offensichtlich weniger stark ausgeprägt ist als auf der nasalen Seite, weil der Krümmungsmittelpunkt der temporalen Sklera kontralateral verschoben ist. Grundsätzlich bedeutet das, dass die Sklera auf der nasalen Seite „flacher“ erscheint. Zudem ist, laut Pullum, tatsächlich der Radius der Sklera häufig nasal flacher, was den Unterschied zwischen der nasalen und temporalen Seite der Sklera noch verstärkt.

Der Limbus auf der temporalen Seite der Hornhaut ist im Durchschnitt offensichtlich weniger stark ausgeprägt als auf der nasalen Seite, weil der Krümmungsmittelpunkt der temporalen Sklera kontralateral verschoben ist.
– Ken Pullum 2005



PATRICK CAROLINE

Normales Corneo-Skleral-Profil

Anatomie der Sklera

Die lichtundurchlässige Sklera formt den Großteil des Augapfels und geht in die durchsichtige Hornhaut über. Laut Duke Elder (1961) beträgt ihre Dicke am Limbus 0,8 mm, vor den Ansatzstellen der geraden Muskeln 0,6 mm, hinter den Ansatzstellen der geraden Muskeln 0,6 mm, am Äquator des Augapfels 0,4 mm bis 0,6 mm und in der Nähe des Sehnervenkopfes 1 mm. Beim Durchschnittsauge beträgt der Radius der Sklera ca. 13 mm. Zum Vergleich: Der durchschnittliche zentrale Radius der Hornhaut beträgt 7,8 mm. Der Durchmesser des Augapfels beträgt horizontal 24,1 mm und vertikal 23,6 mm. Dies bedeutet, dass die Form der Sklera nicht in allen Meridianen gleich ist.

Die Sklera hat einen relativ wenig aktiven Stoffwechsel und ist ziemlich robust und widerstandsfähig. Es sind nur wenige Blutgefäße und Nerven in der Sklera vorhanden, weshalb sie nicht so empfindlich wie die Hornhaut ist. Unter der obersten Schicht, der Lamina episcleralis (Episklera), befindet sich die Substantia propria sclerae (oder das sklerale Stroma). Diese dickste Schicht der Sklera besteht aus Kollagenfasern, die sich in alle Richtungen überkreuzen. Diese Fasern stabilisieren die Sklera und damit auch den Augapfel. Aufgrund der unregelmäßigen Anordnung der Kollagenfasern erscheint die Sklera undurchsichtig. Die Sklera besteht aus Bündeln flacher, weißer Kollagenfasern, die sich parallel zur Oberfläche der Sklera in alle Richtungen überkreuzen. Der Limbus ist der Übergang zwischen der transparenten Hornhaut und der undurchsichtigen Sklera. Er befindet sich dort, wo die Bowmansche Membran endet. Eigentlich wird nur diese Stelle als Limbus bezeichnet, aber die Übergangszone ist viel breiter: Zu beiden Seiten der Hornhaut hat sie eine Gesamtbreite von ca. 1,5 mm horizontal und bis zu 2 mm vertikal. Die Faserbündel des Hornhautstromas werden hier unregelmäßiger in der Dicke und Anordnung und gehen langsam in die Faserbündel der Sklera über. Während die Hornhaut nur aus fünf Schichten besteht, nimmt die Anzahl der Epithelzellschichten in der Bindehaut zu und erreicht zehn bis fünfzehn Lagen; die Bowmansche Membran endet am Limbus und geht in das Stroma der Bindehaut und die Tenonsche Kapsel über. Radial verlaufende Erhöhungen bilden die Vogtschen Palisaden, die sich im unteren und oberen Quadranten der Limbusregion befinden und bei Menschen mit dunklerer Hautfarbe pigmentiert sein können. Das Hornhautstroma geht in das Stroma der Sklera über.

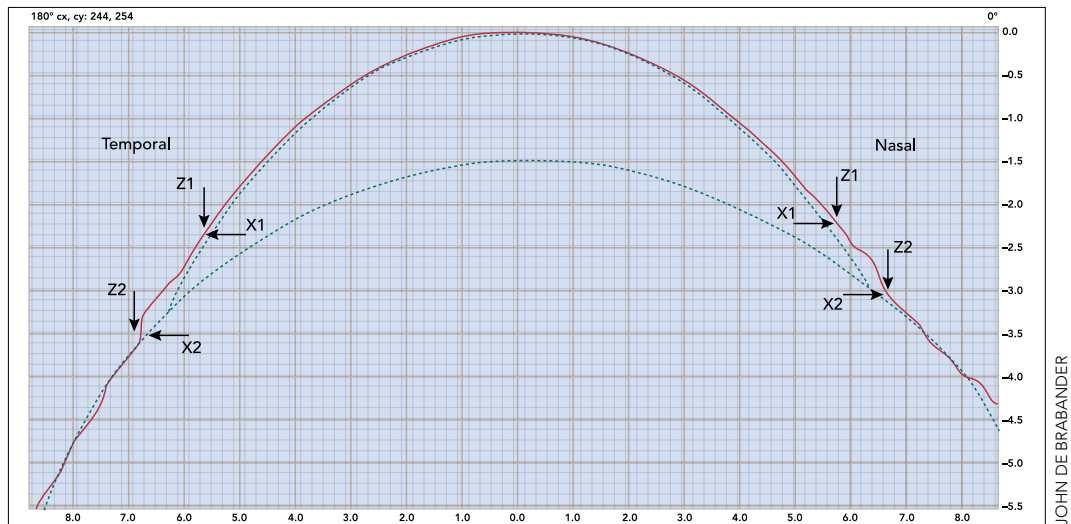


HANS KLOES

Limbusregion mit Vogtschen Palisaden

Form der Limbusregion und vorderen Sklera

Man ist immer davon ausgegangen, dass die Limbusregion und der vordere Abschnitt der Sklera gekrümmt sind. Offensichtlich ist dies jedoch nicht unbedingt immer der Fall. Abdrücke, die vom vorderen Augenabschnitt (von Menschen mit normalen Augen und mit Keratokonus) gemacht wurden, lassen wohl darauf



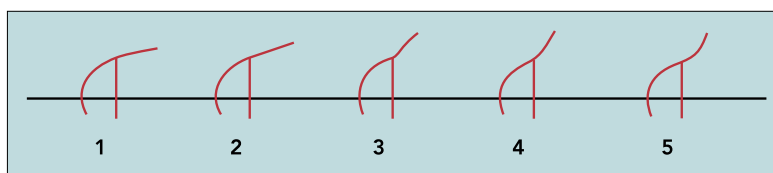
Verlaufsprofil von Limbus und Sklera, gemessen mit dem MST. Auffällig der nasal flachere Verlauf in dieser Konturkarte. – John de Brabander Aus: *Clinical Manual of Contact Lenses*, Bennett und Henry (Van der Worp, 2009)

schließen, dass die Sklera zumindest in einigen Fällen von der Hornhautperipherie häufig in einer geraden Linie (tangential) verläuft. Analysiert man Topographien, die mit dem nur experimentell verwendeten Maastricht Shape Topographer (Abk. MST; Van der Worp, 2009) gemacht wurden, so scheint im Einzelfall der Übergang oft tangential und nicht gekrümmt zu verlaufen, wie aus der Abbildung oben hervorgeht. Der MST ist eines der ersten Geräte zur Vermessung des vorderen Augenabschnitts, mit dem Aufnahmen vom Limbus und Teilen der Sklera gemacht wurden; mit dem MST kann eine Fläche mit einem Durchmesser von bis zu 18 mm erfasst werden.

Man ist immer davon ausgegangen, dass die Limbusregion und der vordere Abschnitt der Sklera gekrümmt sind.

Profilformen des Limbus

Man weiß erstaunlich wenig über die Form des Limbus, die ein sehr wichtiger Parameter für die Anpassung von hydrogelen Kontaktlinsen und Sklerallinsen ist. Der Schweizer Augenoptiker Daniel Meier beschrieb als einer der wenigen in der deutschen Fachzeitschrift *die Kontaktlinse* (1992) verschiedene Profilformen des Übergangs von der



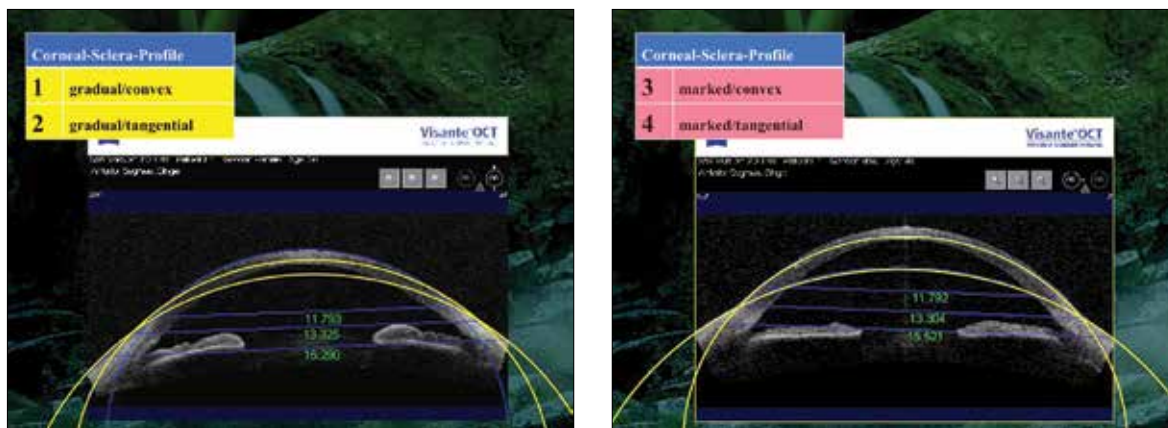
Verschiedene Formen des Corneo-Skleral-Profils.

Mit freundlicher Genehmigung von Daniel Meier/*die Kontaktlinse*

Hornhaut zur Sklera. Er teilt das Corneo-Skleral-Profil in folgende fünf verschiedene Formen ein: ein fließender Übergang von der Hornhaut zur Sklera, bei dem der Anteil der Sklera entweder konvex (Profil 1) oder tangential (Profil 2) ist; oder ein markanter Übergang, bei dem der Anteil der Sklera

entweder konvex (Profil 3) oder tangential (Profil 4) ist; oder eine konvexe Form der Hornhaut mit einer konkaven Form der Sklera (Profil 5). Bei der Klassifizierung der Corneo-Skleral-Profile nach Meier nimmt die Scheiteltiefe ab, d. h. Profil 1 weist die größte Scheiteltiefe und Profil 5 die kleinste Scheiteltiefe auf. Dies ist ein wichtiger Parameter für die Anpassung von Sklerallinsen.

Im Rahmen von Studien versuchten Daniel Meier und auch Rott Muff et al. (2001), deren Studie in *die Kontaktlinse* veröffentlicht wurde, festzustellen, wie oft die verschiedenen Corneo-Skleral-Profile in der allgemeinen Bevölkerung auftraten. Sie kamen zu erstaunlich ähnlichen Studienergebnissen. Das am häufigsten beobachtete Profil war Profil 2 (fließend/tangential), gefolgt von Profil 3 (markant/konvex). An dritter Stelle war Profil 1 (fließend/konvex). Die Profile 4 und 5 mit einem markant-tangentialen und konvex-konkaven Übergang wurden selten beobachtet, wobei das Profil 5 so gut wie nie vorkam.



Corneo-Skleral-Profil mit einem fließenden Übergang (links) und einem markanten Übergang (rechts), basierend auf OCT-Bildern (Zeiss Visante® OCT) des vorderen Augenabschnittes. Nachdruck mit freundlicher Genehmigung von Contact Lens Spectrum, Wolters Kluwer Pharma Solutions, Inc., © 2010; alle Rechte vorbehalten.

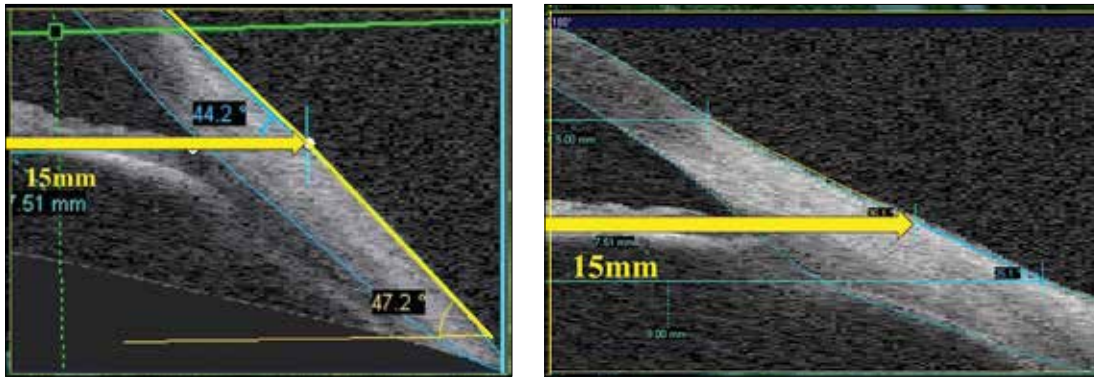
Aber wie genau können diese Profile von Kontaktlinsenanpassern subjektiv klassifiziert werden? Diese Frage wurde auch einige Jahre später in einem Artikel aufgegriffen, der in *die Kontaktlinse* erschien (Bokern et al., 2007). Die Autoren überprüften die Wiederholbarkeit dieser Klassifizierung und stellten fest, dass diese nur in 54 % der Fälle gegeben war. Bei einigen Profilen war die Wiederholbarkeit deutlich geringer. Diese Untersuchung wurde mit 73 Teilnehmern durchgeführt.

Zur Bilderfassung der Form des vorderen Augenabschnitts wurde in der Fachliteratur die Verwendung der optischen Kohärenztomografie (OCT) empfohlen und beschrieben. In einer kleinen Studie versuchten Van der Worp et al. (2010b) Corneo-Skleral-Profil besser zu klassifizieren, indem sie mithilfe von OCT-Bildern und einer entsprechenden Software manuell einen möglichst passenden Kreis durch die Peripherie der Hornhaut und die vordere Sklera zeichneten. Die Analyse der 46 Profile ergab, dass der durchschnittliche periphere Hornhautradius 9,1 mm betrug (innerhalb eines Bereiches von 7,8 mm bis 10,8 mm) und der durchschnittliche Radius der vorderen Sklera (Durchschnitt von nasal und temporal) bei 12,4 mm lag (innerhalb eines Bereiches von 10,1 mm bis 16,6 mm). Auffallend war, dass einige periphere Hornhautradien sogar flacher als die zentralen Radien einiger vorderer Hornhautflächen waren. Die mittlere Differenz zwischen beiden betrug 3,4 mm (innerhalb eines Bereiches von 1,5 mm bis 6,5 mm). Dieser Wert wurde als kritischer Wert festgelegt, um den fließenden und den markanten Übergang zu definieren, wie dies in den Studien von Meier beschrieben wird. Bei Anwendung dieses Kriteriums betrug die Verteilung von fließendem zu markantem Übergang 50:50. Wenn in einer Blindstudie untersucht wurde und drei verschiedene Untersucher die gleichen Limbusprofile analysierten und klassifizierten, dann korrelierte die subjektive Klassifizierung durch die Untersucher in 75 % der Fälle mit den objektiven computergestützten Messungen. In 70 % der Fälle waren sich die Untersucher über den Profiltyp einig.

Limbal- und Skleralwinkel

Wie die o. a. Ausführungen zeigen, liefert die optische Kohärenztomografie zwar einen gewissen Aufschluss über die Übergangszone und die Möglichkeiten einer Sklerallinsen-Anpassung, mit dem OCT-Gerät können jedoch nur einzelne Meridiane (z. B. im Horizontalschnitt) gemessen werden. Man kann damit keine vollständige topografische Karte wie bei der Hornhauttopografie erstellen. Wenn man aber bei einer Versuchsanordnung manuell Aufnahmen der verschiedenen Meridiane macht, dann kann man dabei auch die Form des normalen Limbus und der vorderen Sklera untersuchen. Eine weitere Einschränkung der optischen Kohärenztomografie ist die Tatsache, dass bei standardisierter Geräteeinstellung nur bis zu 16 mm der Augenvorderfläche vermessen werden können. Wird die Aufnahme jedoch leicht dezentriert, kann man problemlos Aufnahmen einer Fläche von bis zu 20 mm und mehr machen (Van der Worp, 2010a).

Wenn man nur von rein theoretischen Überlegungen ausgeht, dann würde man erwarten, dass die Limbusregion eine konkave Form aufweist. OCT-Aufnahmen von 96 Augen von 48 normalen Probanden in acht verschiedenen Meridianen (nasal, nasal-inferior, inferior, inferior-temporal, temporal, temporal-superior, superior und superior-nasal) scheinen diese weitverbreitete Meinung jedoch zu widerlegen: Bei nur einem Viertel wurde eine konkave und bei wenigen eine konvexe Limbusform beobachtet. Zudem wurden bei ein und demselben Auge in



Links: Steiler Winkel des vorderen Augenabschnitts: 44,2° bzw. 47,2° für den Limbalwinkel bzw. Skleralwinkel; aufgenommen mit Zeiss Visante® OCT. (Pacific University – Scleral Shape Study)
 Rechts: Flacher Winkel des vorderen Augenabschnitts: 26,1° bzw. 25,1° für den Limbalwinkel bzw. den Skleralwinkel; aufgenommen mit Zeiss Visante® OCT (Pacific University – Scleral Shape Study)

verschiedenen Meridianen verschiedene Profile gemessen, was bestätigt, dass die Form des Limbus sehr individuell ist. Und wie sieht es mit der Form der vorderen Sklera (zwischen Durchmessern von 15 mm und 20 mm) aus? In dieser Zone würde man wohl erwarten, dass die Form konvex ist, denn schließlich hat das Auge die Form einer Kugel. Stattdessen ist die vordere Sklera in den meisten Fällen ebenfalls tangential. Die erwartete konvexe Form liegt weit abgeschlagen an zweiter Stelle der Häufigkeitsliste (sie wurde nur bei ca. einem Drittel der Fälle beobachtet), gefolgt von der konkaven Form, die nur höchst selten vorhanden ist.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Ergebnisse der Studie über die Form der Sklera, die vom Pacific University College of Optometry durchgeführt wurde, auf Folgendes hinweisen: Kontaktlinsenanpasser sollten davon ausgehen, dass die Limbusregion und die vordere Sklera nicht unbedingt die konkave/konvexe Form aufweisen, die man aufgrund theoretischer Überlegungen beim Anpassen/Entwickeln von Sklerallinsen erwarten würde. Es empfiehlt sich daher, bei der Anpassung von Sklerallinsen in vielen Fällen tangentielle Winkel und nicht Kurven (oder nur sehr flache Kurven) zu verwenden. Aber selbst bei ein und demselben Auge treten zwischen den Meridianen große individuelle Unterschiede in der Form des Limbus und der Form der Sklera auf.

Bei der Studie des Pacific University College of Optometry wurde auch eine Tangente an den corneo-skleralen Übergangsbereich zwischen 10 mm und 15 mm sowie an die vordere Sklera zwischen 15 mm und 20 mm angelegt. Bei beiden Tangenten wurde der Winkel in Bezug zur Horizontalebene gemessen. Ersterer wurde als Limbalwinkel, der zweite als Skleralwinkel bezeichnet. Die Messungen wurden bei 96 Augen von 48 normalen Probanden durchgeführt.

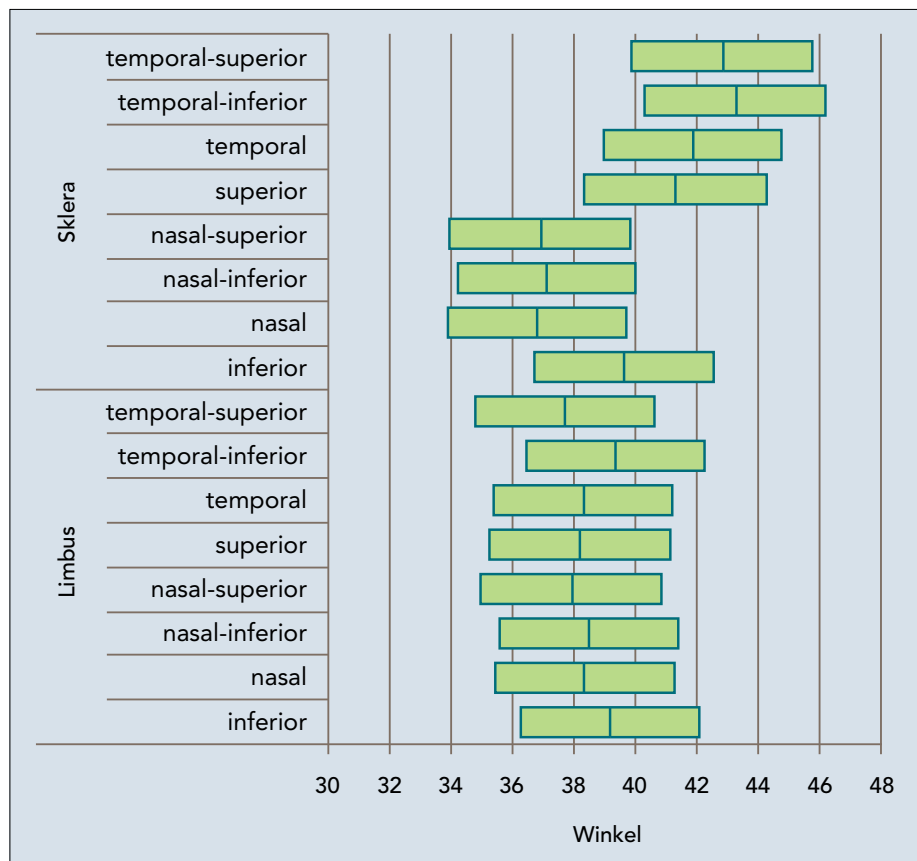
Die Tabelle mit der Zusammenfassung der Winkelmessungen zeigt die durchschnittlichen Winkel in allen Abschnitten. Aus dieser Tabelle geht vor allem offensichtlich hervor, dass beim Durchschnittsauge die nasale Seite gewöhnlich flacher als alle anderen Seiten ist. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit hornhauttopografischen Untersuchungen, denen zufolge die Hornhautperipherie ebenfalls im nasalen Quadranten häufig am flachsten

„Wenn man nur von rein theoretischen Überlegungen ausgeht, dann würde man erwarten, dass die Limbusregion eine konkave Form aufweist (schließlich hat das Auge die Form einer Kugel). Aber OCT-Aufnahmen widerlegen diese weitverbreitete Meinung und zeigen, dass die Übergangszone zwischen der Hornhaut und der Sklera und jene der vorderen Sklera offensichtlich in vielen Fällen eine gerade Form hat...“

– Pacific University – Scleral Shape Study

ist. Allerdings beobachtet man das bei den Limbalwinkeln weniger als bei den Skleralwinkeln. Die Limbalwinkel lagen, grob geschätzt, alle im gleichen Größenbereich und wiesen statistisch keine signifikanten Unterschiede auf. Auf den Skleralwinkel trifft dies jedoch nicht zu: Hier bestehen vor allem zwischen der nasalen und der temporal-inferioren Seite deutliche Unterschiede. Offensichtlich ist bei den Skleralwinkeln die inferiore Seite so etwas wie der „Maßstab“; verglichen mit den Winkeln auf der inferioren Seite, sind die Winkel auf der nasalen Seite kleiner und auf der temporalen Seite größer, wobei zwischen diesen Winkeln statistisch signifikante Unterschiede bestehen.

Im Allgemeinen sieht das „Modellauge“, das sich aus diesen Messergebnissen ergibt, folgendermaßen aus: Inferior ist



Zusammenfassung der Messungen des durchschnittlichen Limbal- und Skleralwinkels in verschiedenen Meridianen; die Balken stellen den Mittelwert (dunkle, horizontale Linie in der Mitte des Balkens) und das 84%-Vertrauensintervall dar. (Pacific University – Scleral Shape Study)

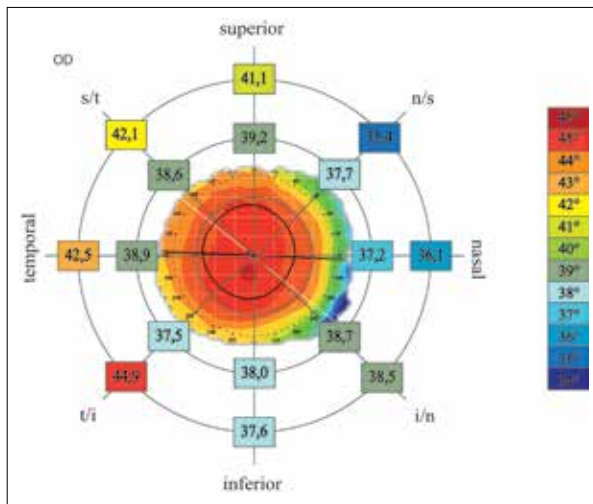
das Auge „gerade“, d. h. zwischen Limbal- und Skleralwinkel besteht kaum ein Unterschied und die Werte liegen ungefähr im Mittel zwischen flach und steil. Die temporale Seite des vorderen Augenabschnitts ist im Vergleich zu den anderen Seiten häufig steiler, denn die Winkel haben einen höheren Wert. Superior finden sich Werte zwischen jenen, die nasal und temporal gemessen werden, wobei jedoch ein deutlicher Unterschied zwischen dem Limbalwinkel und dem Skleralwinkel besteht.

Schätzungen zufolge würde ein Unterschied von einem Grad bei einem durchschnittlichen Skleralwinkel einen Unterschied von ca. 60 Micron in der sagittalen Höhe bedeuten. Dies würde bedeuten, dass in der Limbusregion gewöhnlich ein Unterschied von 100 Micron in der sagittalen Höhe auftreten und dieser Unterschied in der Sklera sogar bis zu 400 Micron betragen kann. In Bezug auf die Form der Sklera könnte sich das als klinisch höchst relevant erweisen.

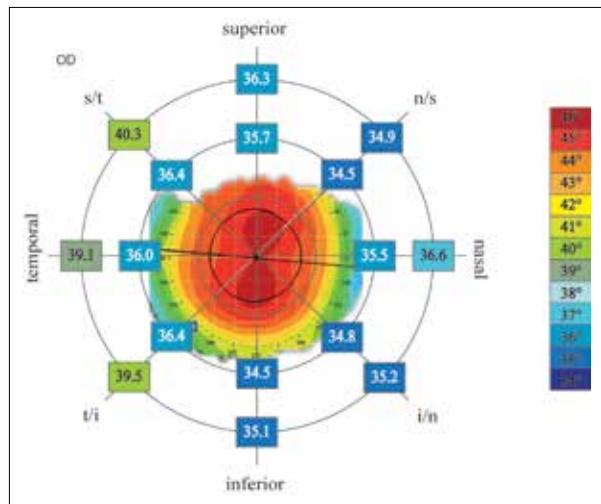
Was die Torizität der Sklera betrifft, so ist es derzeit nicht klar, ob sich der Astigmatismus auf die Sklera erstreckt (z. B. ob eine torische Sklera analog zu einem regulären Astigmatismus vorhanden ist). Es wird vermutet, dass dies der Fall sein könnte, vor allem wenn der Astigmatismus angeboren ist. Bisher gibt es noch keine veröffentlichten wissenschaftlichen Untersuchungen zu diesem Thema, die diese Vermutung bestätigen könnten.

Diese Ergebnisse zeigen offensichtlich Folgendes: Die Augenoberfläche beim durchschnittlichen Auge ist nur im Bereich der Hornhaut rotationssymmetrisch. Und unter Berücksichtigung der optimalen Augenform sind die beste Lösung für das durchschnittliche Auge nicht rotationssymmetrische Linsen wie torische und quadrantenspezifische Linsen, die beide im Handel erhältlich sind. Dies trifft besonders dann zu, wenn der Linsendurchmesser größer als 15 mm ist.

Klinische Erfahrungen decken sich mit diesen Ergebnissen: Visser et al. (2006) haben bereits darüber berichtet, dass die Sklera nicht sphärisch ist. Tatsächlich werden bei der Anpassung von Sklerallinsen von vielen Kontaktlinsenexperten meistens nicht rotationssymmetrische Linsen verwendet.



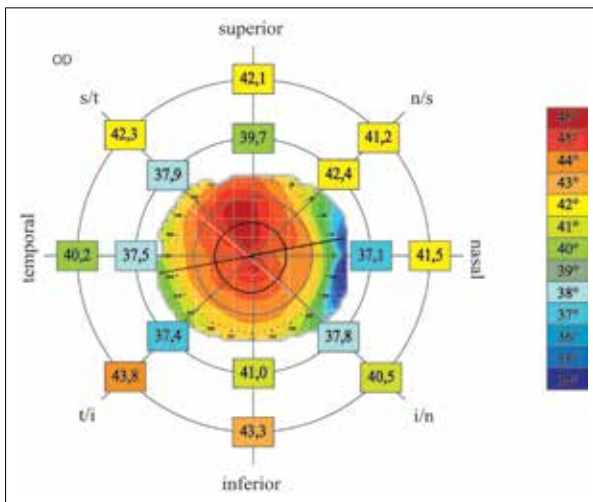
Links: Ein typisches Auge eines Probanden in der Studie der Pacific University. Der Limbal- und der Skleralwinkel sind in acht Meridianen aufgenommen und die Aufnahme ist mit der hornhauttopografischen Karte überlagert worden. Die Hornhautoberfläche ist sphärisch; am Limbus und in der Sklera ist nasal eine Abflachung, auf der temporalen Seite eine Versteilung sichtbar. (Pacific University – Scleral Shape Study)



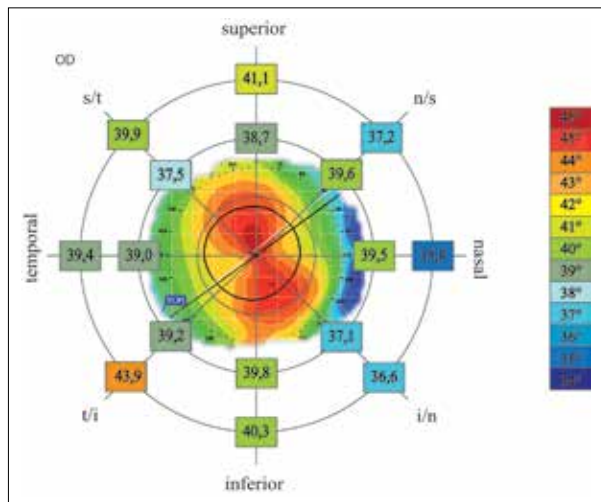
Rechts: Das rechte Auge eines normalen Probanden; der Limbal- und der Skleralwinkel sind sehr flach. (Pacific University – Scleral Shape Study)

Nachdruck mit freundlicher Genehmigung von Contact Lens Spectrum, Wolters Kluwer Pharma Solutions, Inc., © 2010; alle Rechte vorbehalten

In der Limbusregion beträgt der Unterschied zwischen den Winkeln im Durchschnitt 1,8°, wobei große Unterschiede zwischen den einzelnen Augen festgestellt wurden. In der Sklera sind die Unterschiede größer (bis zu 6,6° im Durchschnitt), wobei auch hier wieder große individuelle Unterschiede vorhanden sind.



Links: Das rechte Auge eines normalen Probanden: Der Limbal- und der Skleralwinkel sind eher steil, wobei der Unterschied zwischen den beiden Winkeln relativ klein ist (was kein typisches Ergebnis in dieser Studie war). (Pacific University – Scleral Shape Study)



Rechts: Das rechte Auge eines normalen Probanden mit einer torischen Hornhaut und einer nicht rotationssymmetrischen Form des vorderen Augenabschnitts. (Pacific University – Scleral Shape Study)

Die Ergebnisse der von der Pacific University durchgeführten Studie zeigen, dass nur die Hornhaut eine rotationssymmetrische Form hat. Klinische Erfahrungen decken sich mit dieser Erkenntnis. Tatsächlich werden bei der Anpassung von Sklerallinsen von vielen Kontaktlinsenexperten meistens nicht rotationssymmetrische Linsen verwendet.



Bitorische Corneo-Sklerallinse auf einem torischen Auge

Kernpunkte:

- Gewöhnlich ist beim Durchschnittsauge die nasale Seite flacher als alle anderen Seiten. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit hornhauttopografischen Untersuchungen.
 - Offensichtlich ist die Form des Limbus und der vorderen Sklera häufig tangential und nicht gekrümmt.
 - Bei vielen Augen ist nur die Hornhaut rotationssymmetrisch. Deshalb dürften bei Sklerallinsenanpassungen nicht rotationssymmetrische Linsen wie torische und quadrantenspezifische Linsen optimal sein.
-

III. Sklerallinsendesign

- Wie sieht die Geometrie einer Standard-Sklerallinse aus?
- Welche komplexen Linsengeometrien sind erhältlich?

Am Beginn der Sklerallinsenanpassung Ende des 19. Jahrhunderts standen mundgeblasene Glasschalen zur Verfügung; heute werden hochmoderne, komplexe, computergenerierte, spezialgefertigte Kontaktlinsen angepasst. Die Sklerallinsenanpassung basiert heutzutage hauptsächlich auf einem Messlinsen-Set von vorgefertigten Sklerallinsen, mit deren Hilfe die optimale Sklerallinse ermittelt wird. Auf die Geometrie dieser vorgefertigten Messlinsen wird in diesem Kapitel noch ausführlich eingegangen. In den Anfangsjahren der Sklerallinsenanpassung wurden häufiger Abdruckverfahren verwendet, die in diesem Kapitel ebenfalls kurz beschrieben werden.

Vorgefertigte Sklerallinsen

Die verschiedenen Ausführungen von Sklerallinsen unterscheiden sich zwar von Hersteller zu Hersteller, alle Sklerallinsen weisen jedoch im Wesentlichen die gleiche Basisgeometrie auf.

In diesem Abschnitt werden sowohl die gebräuchlichen sphärischen (rotationssymmetrischen) Linsen als auch komplexere Geometrien wie nicht rotationssymmetrische Ausführungen (torische und quantenspezifische Geometrien) und bifokale Linsen in groben Zügen umrissen.

Es folgt auch ein Überblick über Linsenmaterialien und Ventilationsbohrungen, weil diese zwei Aspekte für das Linsen-Design und den Linsensitz besonders wichtig sind.

Gewöhnlich passe ich Sklerallinsen nicht empirisch, sondern mithilfe von Messlinsen an. Es kann verunsichern, wenn man mit der Sklerallinsenanpassung beginnt und dabei von den Parametern der gängigen Messlinsen abweicht. Wenn nötig, bestelle ich Linsen, deren Durchmesser bis zu 0,5 mm größer als der Durchmesser der Messlinsen ist. Ich bin jedoch der Meinung, dass Abweichungen von mehr als 0,5 mm einen signifikant unterschiedlichen Linsensitz zur Folge haben können.
– Lynette Johns

Sphärische Linsen

Die "Mutter aller Kontaktlinsen" ist die sphärische Sklerallinse, deren Geometrie folgende drei Zonen aufweist:

1. die optische Zone
2. die Übergangszone
3. die Auflagezone

Mit zunehmender Erfahrung mit Sklerallinsen verlässt man sich auf die Fachberater eines Linsenherstellers mehr als auf die Berater eines anderen. Die Zusammenarbeit mit einer Anpassberatung bedeutet zwar, dass man bei der Wahl der Parameter nicht mehr unabhängig ist, aber u. U. kann man schneller einen Anpasserfolg erzielen.
– Stephen Byrnes

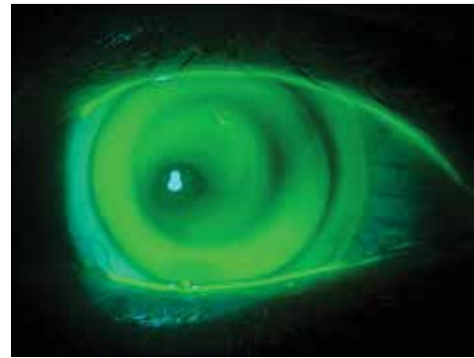
1. Optische Zone

Die optische Zone ist der Korrekturbereich, in dem die gewünschte optische Leistung erzielt wird. Die Vorderfläche dieser Zone kann sphärisch oder asphärisch sein, wobei mithilfe der asphärischen Vorderfläche einige Aberrationen des DurchschnittsAuges korrigiert werden können, wenn die Kontaktlinse auf dem Auge gut zentriert.

Im Idealfall sollte die optische Zone der Rückfläche, zumindest theoretisch, ungefähr die gleiche Form wie die Hornhaut aufweisen. Dadurch ist unter der optischen Zone der Sklerallinse eine gleichmäßige Überbrückung der Hornhaut möglich. Die Rückfläche der optischen Zone kann durch flachere oder steilere Radien an die Hornhautform angepasst werden.

Im Gegensatz zu sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen berührt die Rückfläche der optischen Zone von Sklerallinsen die Hornhaut nicht. Wenn man Sklerallinsen mit einem kleineren Durchmesser wie Corneo-Sklerallinsen anpasst, empfehlen Hersteller gewöhnlich eine minimale Auflage auf dem Hornhautzentrum, weil es sehr schwierig ist, die Hornhaut vollständig zu überbrücken. Eine vollständige Überbrückung der Hornhaut ist unter Umständen bei einer komplexeren Hornhaut notwendig, wie sie bei fortgeschrittenem Keratokonus vorliegt.

Laut Experten für Corneo-Sklerallinsen kann man gute Anpasserfolge erzielen, wenn der Großteil der Linse die Hornhaut nicht berührt. Oder aber man wählt einen größeren Linsendurchmesser, um die erforderliche Überbrückung der Hornhaut zu gewährleisten. Nähere Details zu diesem Thema finden sich im nächsten Kapitel dieses Leitfadens, in dem auf eine ausreichende Hornhautüberbrückung und die Scheiteltiefe eingegangen wird.



Minimale Auflage mit einer Corneo-Sklerallinse bei Keratokonus

Eine dezentrierte Sklerallinse bedeutet nicht nur eine dezentrierte optische Zone, sondern auch eine dezentrierte Tränenlinse auf dem Auge. Bei Sklerallinsen, die tief sitzen, wirkt die Tränenlinse wie ein Prisma mit Basis unten. Die Abweichung des optischen Mittelpunkts von der Sehachse (in Zentimetern) multipliziert mit der Brechkraft der Vorderfläche ergibt die prismatische Wirkung infolge der Abweichung nach unten. Bei Kontaktlinsen, die mit Gleichlauf oder fast mit Gleichlauf angepasst werden, sind prismatische Wirkungen gering.
– Douthwaite, 2006

Für Sklerallinsen gelten dieselben optischen Regeln wie für Korneallinsen. Die Veränderung der optische Wirkung der Tränenlinse kann durch eine Faustregel berechnet werden: pro 0,10 mm Änderung des Rückflächenradius der Linse muss die Sphäre der Linse um 0,5 dpt verändert werden. Wenn die Änderungen zwischen der Basiskurve der Messlinse und der zu bestellenden Sklerallinse besonders groß sind, dann sollte besser eine exaktere Skala wie die Heine-Skala verwendet werden. Ein Beispiel soll dies erläutern: Wenn man den Rückflächenradius von 7,80 mm um 0,40 mm auf 8,20 mm vergrößert, dann würde die annähernde Brechkraftänderung 2,00 dpt betragen. Tatsächlich beträgt die Änderung der Brechkraft aber 2,33 dpt (wenn man einen Brechungsindex von 1,336 verwendet) (Douthwaite, 2006). Außerdem bewirkt die Zunahme der Scheitelhöhe eine Änderung der effektiven Brechkraft des optischen Systems um jeweils ca. 0,12 dpt pro 100 Mikron. Auf Augen mit äußerst unregelmäßiger Hornhaut treffen diese theoretischen optischen Berechnungen unter Umständen nicht immer genau zu. Um dieses Problem zu umgehen, sollte nach Möglichkeit eine Linse bestellt werden,

die den optischen Anforderungen des Patienten bestmöglich entspricht oder empirisch ermittelt wurde. Im Gegensatz zu sphärischen Vorderflächen von Sklerallinsen ermöglichen asphärische Vorderflächen bei Patienten mit Hornhautektasie eine bessere optische Korrektur (Hussein et al., 2009).

2. Übergangszone

Eine Sklerallinse hat zwischen der optischen Zone und der Auflagezone eine Übergangszone, die auch als mittlere periphere Zone oder limbale Zone bezeichnet wird. Diese Zone verbindet Punkt A (das Ende der optischen Zone) mit Punkt B (dem Beginn der Auflagezone, die entlang der Sklera verläuft) und legt die Scheitelhöhe der Linse fest. Wenn mit einem Messlinsen-Set optimale Linse basierend auf der Scheitelhöhe bestimmt wird, dann bedeutet der nächst höhere Wert der Scheitelhöhe auf der Messskala (oder der nächst niedrigere Wert) grundsätzlich eine Änderung der Übergangszone. Diese Änderung ist normalerweise unabhängig von den Parametern der optischen Zone und der Auflagezone.

Bei Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser sorgt die Übergangszone dafür, dass die Linse die Hornhaut und den Limbus nicht berührt. Die Geometrie der Übergangszone selbst ist nicht der entscheidendste Aspekt einer Linse mit großem Durchmesser. Oftmals werden Spline-Kurven oder komplexe Linsenlogarithmen verwendet (Rosenthal, 2009b), um die Übergangszone zu definieren, was einige der Unterschiede zwischen den verschiedenen Linsengeometrien erklärt. Bei anderen Linsen besteht die Übergangszone aus einer Reihe von peripheren Kurven, die bis zur Auflagezone reichen. Bei kleineren Sklerallinsen und speziell bei Corneo-Sklerallinsen ist es wichtig,

die Form der Übergangszone in Betracht zu ziehen und sicherzustellen, dass diese der Form des Limbus entspricht, um in diesem Bereich den mechanischen Druck auf die Hornhaut zu minimieren. Im Bereich des Limbus erfolgt bei diesen Linsen gewöhnlich keine Überbrückung (dort liegt die Linse auf). Die Form der Übergangszone kann bei einigen Linsengeometrien beeinflusst werden. Diese sind mit verschiedenen Profilen erhältlich, um der Form des Limbus so genau wie möglich zu folgen. Bei anderen Linsenausführungen wird eine Reihe von peripheren Kurven genutzt, mit denen die Übergangszone variiert werden kann.

Die Auflagezone wird oft auch als sklerale oder haptische Zone bezeichnet. Das ist der Bereich, in dem die Kontaktlinse tatsächlich auf dem Auge „sitzt“ und mit dem Auge in Berührung kommt. Das Wort haptisch ist vom Griechischen „haptēin“ abgeleitet und bedeutet „berühren“ oder „erfassen“.

3. Auflagezone

Die Auflagezone ist jener Bereich der Linse, der auf der Augenvorderfläche aufliegt und so gut wie möglich der Form der Augenvorderfläche entspricht. Dieser Bereich wird oft auch als sklerale oder haptische Zone bezeichnet. Das ist der Bereich, in dem die Kontaktlinse tatsächlich auf dem Auge „sitzt“ und mit dem Auge in Berührung kommt. Das Wort *haptisch* ist vom Griechischen *haptēin* abgeleitet und bedeutet „berühren“ oder „erfassen“. Das Design und die Eigenschaften dieser Zone hängen ein wenig von der Kontaktlinsenkategorie ab (s. Kapitel I dieses Leitfadens). Der Begriff „Auflagezone“ ist unabhängig von der

Größe der Linse und dem Bereich, wo sie das Auge berührt, und wird deshalb in diesem Leitfaden benutzt, um diese Zone zu beschreiben.

Die Rückflächengeometrie der Auflagezone muss mit der Form der Sklera übereinstimmen, wenn große Sklerallinsen angepasst werden, oder mit der Form des Limbus, wenn Corneo-Sklerallinsen angepasst werden. Es ist wichtig, den Druck gleichmäßig über die Auflagezone zu verteilen, sodass eine vollständige Überbrückung der Hornhaut erzielt werden kann. Gewöhnlich besteht die Auflagezone aus einer flachen Kurve oder einer Reihe von Kurven, die häufig einen Radius zwischen 13,5 mm und 14,5 mm haben. Damit können die meisten normalen Augen versorgt werden (Pullum, 2007). Die Auflagezone kann modifiziert werden, indem man steilere oder flachere Radien verwendet. Da sowohl klinische Erfahrungswerte als auch kürzlich durchgeführte Studien darauf schließen lassen, dass die Form der Augenvorderfläche in vielen Fällen tangential und nicht gekrümmt ist (s. Kapitel II dieses Leitfadens), haben einige Linsenhersteller Auflagezonen in tangentialer Ausführung entwickelt. Bei diesen Linsen sorgen „Öffnungswinkel“ (also gerade Linien) und nicht Kurven dafür, dass die Kontaktlinse im Auflagebereich richtig sitzt. Alternativ dazu gibt es einige tangentiale Linsengeometrien mit einer gekrümmten Auflagezone, was vielleicht etwas verwirrend ist. Wenn aber die Auflagezone verändert wird, dann bleibt die Kurve selbst konstant, während Winkel verwendet werden, um die Auflagezone flacher oder steiler zu machen (die Krümmung der Auflagezone wird nicht geändert).

Die Auflagezone sollte mindestens 3 mm groß sein, um ein angenehmes Tragen der Kontaktlinsen zu gewährleisten. Wenn der Durchmesser der Auflagezone größer gewählt wird, ist der Tragekomfort gewöhnlich höher. – Esther-Simone Visser und Riens Visser



GREG DENAEYER

Quadrantenspezifisches Absteigen einer rotationssymmetrischen Linse auf einer Sklera mit hoher Torizität

Torische Linsen

In letzter Zeit ist das Angebot an Spezial-Sklerallinsen beträchtlich erweitert worden. Kontaktlinsenanpassern stehen heute viele unterschiedliche torische Ausführungen mit einer Auswahl an Vorderflächen-, Rückflächen- und bitorischen Sklerallinsen zur Verfügung. In diesem Abschnitt werden zunächst rückflächentorische Sklerallinsen und anschließend vorderflächentorische Sklerallinsen besprochen. Bei Letzteren ist die zentrale optische Zone torisch. Sie werden angepasst, um die Sehleistung zu verbessern. Bei rückflächentorischen Sklerallinsen ist nur die Auflagezone (oder haptische Zone) torisch ausgeführt, um einen besseren Sitz der Linse zu gewährleisten. Die zentrale optische Zone ist nicht torisch ausgeführt. Eine Kombination aus

rückflächen- und vorderflächentorischer Geometrie bezeichnet man als bitorische Linsen. Diese bieten sowohl die Sitzoptimierung durch die Rückflächengeometrie (der Auflagezone) als auch die optischen Vorteile der Vorderfläche durch die zentrale torische Zone.

Wie bereits in Kapitel II erwähnt wurde, weist der vordere Augenabschnitt, zumindest bei den meisten Menschen, eine nicht rotationssymmetrische Form auf. Nicht rotationssymmetrische Linsen können für die Gesundheit des Auges vorteilhaft sein, weil diese Linsen in weniger Bereichen einen lokal begrenzten mechanischen Druck auf das Auge ausüben. Dadurch entstehen u. U. weniger Druckstellen auf der Bindehaut (s. Schritt 3, Kapitel IV).

Im Gegensatz zu Kontaktlinsenspezialisten, die große Sklerallinsen anpassen, geben Kontaktlinsenspezialisten, die Korneo-Sklerallinsen anpassen, gewöhnlich an, dass sie nicht rotationssymmetrische Linsengeometrien wie torische oder quadrantenspezifische Linsen seltener benötigen. Dennoch werden in einigen Anpassfällen u. U. selbst mit kleineren Linsen keine Erfolge oder nur suboptimale Ergebnisse erzielt, weil die Linse in einem oder mehreren Hornhautquadranten zu fest aufliegt. Dadurch kann es zu örtlich begrenztem Druck und möglicherweise zu Bindehautstippen kommen. Bei größeren Sklerallinsen kommt die nicht rotationssymmetrische Form der Sklera viel mehr zum Tragen.



Rotationssymmetrische Sklerallinse auf einer nicht rotations symmetrischen Sklera
© Universitair ziekenhuis Antwerpen

Mit rückenflächentorischen Linsen kann auch verhindert werden, dass sich Luftblasen unter der Linse bilden und die Blutgefäße der Bindehaut durch den Linsenrand abgeschnürt werden. Rückflächentorische Kontaktlinsen verbessern aber auch die Stabilisierung der Linse am Auge. Eine Studie von Visser (2006) ergab Folgendes: Wenn man torische Linsen manuell in eine Richtung drehte, dann dauerte es im Durchschnitt sechs Sekunden, bis sich die Linsen wieder in ihrer Ausgangsposition befanden. Es wird allgemein angenommen, dass die Notwendigkeit einer nicht rotationssymmetrischen Sklerallinse zunimmt, je weiter die Auflagezone sich über den Limbus erstreckt (d. h. je größer der Durchmesser der Sklerallinse ist). Diese Annahme erklärt vielleicht teilweise

die großen Unterschiede zwischen den Kontaktlinsenanpassern: Einige geben an, fast ausschließlich nicht rotationssymmetrische Linsen anzupassen, andere hingegen verwenden diesen Linsentyp kaum, und bei vielen Linsengeometrien wird diese Möglichkeit überhaupt nicht angeboten.

Ein nächster Schritt in der Entwicklung von Sklerallinsen, der offensichtlich durch die in Kapitel II des Leitfadens angeführten Erkenntnisse über die Form der Sklera untermauert wird, wäre nun, zu quadrantenspezifischen Linsengeometrien überzugehen. Da die Form der Sklera offenbar nicht in allen Richtungen gleich ist, könnte dies ein nützlicher Ansatz in der Entwicklung von Sklerallinsen sein. Einige wenige Kontaktlinsenhersteller können derzeit quadrantenspezifische Sklerallinsen erfolgreich herstellen. Die Anpassung dieser Linsen erfolgt meistens basierend auf klinischen Erfahrungswerten und Ausprobieren; hauptsächlich richtet sich das Augenmerk dabei auf Bereiche mit örtlich begrenztem Druck oder das Abstehen der Auflagezone. Nähere Ausführungen dazu im Kapitel IV, unter Schritt 5.

Visser (2006) hob die Vorteile von rückflächentorischen Sklerallinsen hervor, und Gemoules (2008) beschrieb eine Anpassstechnik mithilfe des Zeiss Visante® OCT, die zur Optimierung der Anpassung führt. Beide Studien ergaben, dass mit rückflächentorischen Linsen, die nicht rotationssymmetrische Geometrien in der Auflagezone aufweisen, längere Tragezeiten möglich waren und auch ein höherer Tragekomfort erzielt wurde.

Da nicht rotationssymmetrische Linsen dem Verlauf der Augenvorderfläche über die Hornhaut hinaus genauer folgen, sitzen sie besonders stabil. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, nicht nur zusätzliche optische Korrekturen wie vorderflächentorische Geometrien zu verwenden, sondern auch Aberrationen höherer Ordnung wie vertikales Koma zu korrigieren, was ein sehr häufiger Befund, beispielsweise bei Keratokonus, ist. Dadurch wiederum kann die Sehleistung verbessert und Patienten mit Ektasie oder anderen

Die Vorteile von rückflächentorischen Sklerallinsen liegen auf der Hand: Bei rückflächentorischen Linsen mit einem guten Sitz wurden längere Tragezeiten und ein höherer Tragekomfort beobachtet. Dies trifft vor allem auf große Sklerallinsen zu.

Unregelmäßigkeiten der Hornhaut geholfen werden. Wenn man Linsen verwendet, die keine rückflächentorische Geometrie haben, oder wenn Linsen aus irgendeinem Grund nicht stabil auf dem Auge sitzen, könnte die Anpassung von vorderflächentorischen Sklerallinsen indiziert sein. Im Kapitel IV, Schritt 5, wird die Anpassung dieser Linsen näher beschrieben.

Bifokalausführungen

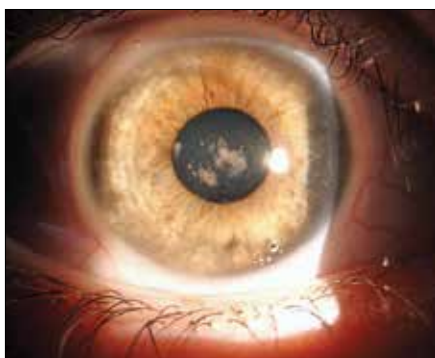
In jüngster Zeit sind einige Sklerallinsen mit Bifokalausführungen auf den Markt gekommen. Höchstwahrscheinlich sind diese besser geeignet für Kontaktlinsenträger mit gesunden Augen ohne Pathologie, aber eine Kombination sollte nicht von vorneherein ausgeschlossen werden. Die Geometrie dieser Linsen ist in der Gruppe von "Bifokallinsen mit simultanen Systemen" einzuordnen, bei denen zwei Entfernungen gleichzeitig abgebildet werden. Der Hauptvorteil von Sklerallinsen mit Bifokalteil gegenüber sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen mit Bifokalteil ist folgender: Sie sitzen sehr stabil auf dem Auge und ermöglichen dadurch eine genauere Abstimmung der konzentrischen Zonen innerhalb der gewünschten Hornhautzonen und der Pupillenzone als dies bei Kontaktlinsen der Fall ist, die sich über die Augenvorderfläche ziemlich stark bewegen. Bis zu einem gewissen Grad können Sklerallinsen diesen Vorteil auch gegenüber Weichlinsen haben. Ein größerer Vorteil gegenüber Weichlinsen ist die Abbildungsqualität der Sklerallinsen. Die verwendeten Materialien bieten hervorragende optische Eigenschaften, die denen der Weichlinsen deutlich überlegen sind.

Linsenmaterialien

Das Material für Sklerallinsen hat sich aus dem PMMA-Material mit einem Dk-Wert von Null zu den derzeit erhältlichen Linsenmaterialien mit einem hohen Dk-Wert entwickelt, wie sie auch für sauerstoffdurchlässige Korneallinsen verwendet werden.

Sklerallinsen sind wesentlich dicker als normale sauerstoffdurchlässige Kontaktlinsen. Sie können eine Dicke von 0,4 mm bis 0,6 mm aufweisen, wodurch sich der tatsächliche Dk/t-Wert der Linsen drastisch verringert. Sklerallinsen werden aus Spezialrohlingen mit einem Durchmesser von bis zu 26 mm gefertigt. Die Sauerstoffpermeabilität der Kontaktlinse ermöglicht den Sauerstofftransport durch die Linse. Durch den Tränenfluss unter der Kontaktlinse, sofern dieser vorhanden ist, gelangt auch mit Sauerstoff angereicherte Tränenflüssigkeit an die Hornhaut. Da der Limbus bei Sklerallinsen gewöhnlich überbrückt wird, kann zudem Sauerstoff aus den Bindehaut- und Limbusgefäßen in die Flüssigkeitsschicht zwischen Hornhaut und Kontaktlinse gelangen. Laut einigen Kontaktlinsenexperten wird dieser Effekt bei Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen verstärkt.

Da die Rückfläche von Sklerallinsen schwer zu reinigen ist, nimmt der Tragekomfort im Laufe der Zeit ab, weil sich auf der Rückfläche Ablagerungen ansammeln.
– Jason Jedlicka



Starke Proteinablagerungen auf einer Sklerallinse

SOPHIE TAYLOR-WEST

Damit sich Sklerallinsen nicht verziehen, müssen sie eine ausreichende Dicke aufweisen. Dünne Sklerallinsen verziehen sich schneller, und zwar entweder direkt am Auge aufgrund der nicht symmetrischen Form der Augenvorderfläche oder ex vivo aufgrund der täglichen Handhabung der Linsen. Ein Verziehen von Sklerallinsen kann man mithilfe von keratometrischen oder topografischen Messungen über die Linse feststellen. Bei sphärischen Sklerallinsen muss die Vorderfläche sphärisch sein. Wenn die Keratometerwerte auf einen Zylinder hinweisen, dann ist die Linse verzogen, was zu Sehproblemen führen kann. Dieses Problem kann gelöst werden, indem man die Linse austauscht und eventuell die Mittendicke erhöht. Es kann aber auch ein Umsteigen auf eine torische Linsengeometrie indiziert sein. Das Verbiegen von Kontaktlinsen wird im Kapitel V ausführlicher behandelt.

Bei vielen Sklerallinsen wird die Benetzbarkeit durch Plasmabehandlung verbessert. Die Austauschintervalle für diese Linsen liegen zwischen einem Jahr und mehreren Jahren. Einigen Kontaktlinsenanpassern zufolge nehmen die Benetzbarkeit und damit der Tragekomfort nach einigen Monaten ab, was zum Teil vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass die Wirksamkeit der Plasmabehandlung nachlässt.

Kontaktlinsen ohne Ventilationsbohrungen schwimmen mehr auf dem Auge, während Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen eher in die Augenvorderfläche "sinken". Gewöhnlich ist die Überbrückung der Hornhaut bei Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen viel geringer als bei Kontaktlinsen ohne Ventilationsbohrungen.

Ventilationsbohrungen

In der Zeit der Sklerallinsen aus PMMA wurde häufig durch Ventilationsbohrungen oder Kanäle der erforderliche Austausch von Tränenflüssigkeit erreicht. Die modernen Sklerallinsen von heute sind jedoch alle sauerstoffdurchlässig, sodass die Sauerstoffzufuhr mittlerweile nicht mehr das wichtigste Kriterium für Ventilationsbohrungen ist. Es ist nach wie vor umstritten, inwieweit sich Ventilationsbohrungen auf die Sauerstoffversorgung der Hornhaut positiv auswirken.

Im Bereich Sklerallinsen sind Ventilationsbohrungen mittlerweile ein viel diskutiertes Thema. Es wird die Meinung vertreten, dass sich Linsen ohne Ventilationsbohrungen theoretisch stärker „ansaugen“ und dass Linsen mit Ventilationsbohrungen leichter vom Auge genommen werden können. Eventuell wird auch möglicherweise der Abtransport von Stoffwechselpartikeln begünstigt. Dafür gibt es jedoch keine wissenschaftlichen Belege.

Die Anpassung von Linsen mit Ventilationsbohrungen unterscheidet sich deutlich von der Anpassung von Linsen ohne Ventilationsbohrungen. Kontaktlinsen ohne Ventilationsbohrungen schwimmen mehr auf dem Auge, während Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen eher in die Augenvorderfläche „sinken“. Gewöhnlich ist der Abstand zwischen Linse und Hornhaut bei Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen viel geringer als bei Kontaktlinsen ohne Ventilationsbohrungen. Bei Kontaktlinsen ohne Ventilationsbohrungen wird normalerweise ein Abstand von 200 bis 600 Mikron bevorzugt. Bei Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen, die die gleiche Linsengeometrie und den gleichen Durchmesser aufweisen, kann die Überbrückung jedoch nur 100 bis 200 Mikron oder noch weniger betragen. Dies kann ein Vorteil insofern sein,

Durch Ventilationsbohrungen kann manchmal die Bildung von Luftblasen, gelegentlich aber auch das Entweichen von Luftblasen gefördert werden, vor allem bei kleineren Sklerallinsentypen.
– Jason Jedlicka



Linsen mit Ventilationsbohrungen

Es ist eine weit verbreitete Meinung, dass Linsen mit Ventilationsbohrungen schwer anzupassen sind, weil sich diese Linsen auf dem Auge festsetzen. Man kann diesen Effekt jedoch leicht berechnen und kompensieren, indem man ihn bei der Bestellung der ersten Linse berücksichtigt. Es gibt zahlreiche Vorteile von Linsen mit Ventilationsbohrungen gegenüber Linsen ohne Ventilationsbohrungen. Zum Beispiel:

1. Durch Ventilationsbohrungen in der Kontaktlinse wird der Austausch der Tränenflüssigkeit auf der Hornhaut und möglicherweise der Ab-transport von Stoffwechsel-Abfallprodukten unter der Kontaktlinse gefördert.
2. Kontaktlinsen mit Ventilationsbohrungen müssen vor dem Einsetzen nicht mit Flüssigkeit gefüllt werden. Das macht das Einsetzen und Herausnehmen der Linsen ziemlich einfach, vor allem für Kinder.

Don Ezekiel

als sich unter der Linse keine Luftblasen bilden. Allerdings kann es im Bereich der Ventilationsbohrungen zu Luftblasenbildung kommen. Bei kleineren Sklerallinsen kann eine Ventilationsbohrung von Vorteil sein, wenn negativer Druck unter der Kontaktlinse abgebaut werden soll. Man muss auch bedenken, dass sich Pflegemittelreste und Stoffwechsel-Abfallprodukte sowie mögliche Mikroorganismen in den Ventilationsbohrungen ablagern können, weil die Öffnungen manuell nicht gereinigt werden können. Einigen Kontaktlinsenherstellern zufolge sind Linsen ohne Ventilationsbohrungen u. U. leichter und einfacher anzupassen.

Wenn Linsen mit Ventilationsbohrungen versehen werden, dann sollten diese ca. 0,5 mm bis 1 mm groß sein und dort angebracht werden, wo der Tränenfilm über dem Limbus am stärksten ausgebildet ist (DePaolis, 2009). Wenn die Öffnung der Ventilationsbohrung durch Hornhaut- oder Bindehautgewebe verstopft wird, dann geht der Effekt der Ventilationsbohrung verloren. Wenn in manchen Fällen lockeres Bindehautgewebe (wie bei Bindehautchälasis) vorhanden ist, kann der negative Druck unter der Kontaktlinse so groß sein, dass die Bindehaut unter die Kontaktlinse und sogar durch die Öffnung der Ventilationsbohrung gesaugt wird.

Abdruck-Sklerallinsen

Auch wenn Abdrücke von Augen in der Kontaktlinsenpraxis heutzutage nicht sehr oft gemacht werden, so wurde diese Technik doch viele Jahre erfolgreich eingesetzt (Pullum, 2007). Von der Augenvorderfläche wird ein Abdruck angefertigt (das Positiv). Üblicherweise wird Dentalmaterial verwendet, um die Form des vorderen Augenabschnitts nachzubilden. Das „Positiv“ kann man an einen spezialisierten Kontaktlinsenhersteller senden, der nach diesem Abdruck eine Sklerallinse anfertigt. Für den Abdruck sind eine Spezialausrüstung und normalerweise die Anwendung eines Lokalanästhetikums erforderlich. Abdruck-Linsen folgen genau der Form der Augenvorderfläche und können zu einem späteren Zeitpunkt reproduziert werden, weil der Abdruck seine Form behält.

Die optischen Anforderungen können erfüllt werden, indem die Optikzone 0,20 mm bis 0,50 mm flacher bestellt wird als der flachste Hornhautradius und die Überbrückung der zentralen Hornhaut genau festgelegt wird. Für eine erste Linse kann die Überbrückung ca. 200 Mikron betragen, was laut Douthwaite (2006) einen Abstand von ca. 100 Mikron zwischen Linse und zentralem Hornhautapex ergeben sollte.

Die Technik für Abdruck-Sklerallinsen wird als sehr invasiv und zeitaufwendig beschrieben und heutzutage nicht mehr oft angewandt. Der größte Nachteil dieser Technik liegt darin, dass ein Erhitzen des Linsenmaterials erforderlich ist, weshalb diese Technik im Grunde nur für Linsen aus PMMA-Materialien in Frage kommt. Zudem können gedrehte Sklerallinsen dünner hergestellt werden als gegossene Linsen, die auf einem Abdruck basieren. Auch sind gedrehte Linsen besser reproduzierbar und einfacher anzupassen, weil die exakten Parameter bekannt sind. Die Tatsache, dass Abdruck-Linsen sehr genau der Form der Augenvorderfläche folgen können, ist als Vorteil beschrieben worden, kann aber auch ein Nachteil sein, weil es zum Festsaugen der Linsen kommen kann. Ein Vorteil von Abdruck-Linsen besteht darin, dass Kontaktlinsenanpasser keine teuren Anpass-Sets benötigen. Der Bedarf an Abdruck-Linsen ist u. U. immer noch in jenen Fällen gegeben, in denen Augen stark entstellt sind oder eine patientenspezifische Augenprothese angepasst werden muss. Neue Techniken wie die optische Kohärenz-Tomografie (OCT), auf die in diesem Leitfaden bereits eingegangen wurde, ermöglichen die Bilderfassung und Abbildung des vorderen Augenabschnitts und könnten möglicherweise die Herstellung patientenspezifischer Linsen ohne invasive Abdruck-Technik neu beleben. Die Linsen könnten dann aus Materialien mit den höchsten Dk-Werten hergestellt werden.

Kernpunkte

- *Sklerallinsen weisen im Wesentlichen folgende drei Zonen auf: die optische Zone, die Übergangszone und die Auflagezone.*
 - *Es sind torische und bifokale Sklerallinsen erhältlich, die für einige Patienten von großem Nutzen sein können.*
 - *Abdruck-Sklerallinsen werden heutzutage nicht oft verwendet; die moderne Sklerallinsenanpassung setzt fast ausschließlich auf vorgefertigte Linsen.*
-

IV. Anpassung von Sklerallinsen: Eine fünf Schritte umfassende Anpassmethode

- Welche Parameter sind bei der Anpassung von Sklerallinsen zu berücksichtigen?
- Eine fünf Schritte umfassende Anpassmethode für Sklerallinsen

Früher waren die Hauptnachteile der Sklerallinsenanpassung der hohe Zeitaufwand, die dazu notwendige Fertigkeit und der Kostenaufwand. In den vergangenen Jahren hat sich die Situation jedoch drastisch verändert, weil wir mittlerweile mehr über die Augenvorderfläche wissen, neue Möglichkeiten für das Linsendesign haben und die Linsenmaterialien besser geworden sind. Die hier beschriebene, fünf Schritte umfassende Anpassmethode für Sklerallinsen dient als allgemeiner Anpassleitfaden, der das Wesentliche der Sklerallinsenanpassung aufzeigen soll, und zwar für die verschiedenen lieferbaren Sklerallinsentypen. Für verschiedene Linsentypen gelten u. U. verschiedene Anpassregeln, auf die im Text hingewiesen wird. Die Reihenfolge der fünf Anpassschritte ist so gut wie beliebig wählbar: So ziehen es beispielsweise viele Kontaktlinsenadapter vor, die Parameter für Sklerallinsen von der Peripherie zur Hornhautmitte hin zu ermitteln; bei der Standardanpassung von sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen würde man genau umgekehrt vorgehen.

Bei dieser fünf Schritte umfassenden Anpassmethode für Sklerallinsen werden zunächst der Gesamtdurchmesser und der Durchmesser der optischen Zone ermittelt (Schritt 1); anschließend werden die Überbrückung der zentralen Hornhaut und des Limbus (Schritt 2), die passende Auflagezone (Schritt 3), das erforderliche Absteigen der Linse am Rand (Schritt 4) und schließlich die rotationssymmetrische Geometrie der Linse (Schritt 5) bestimmt.

Die Anpassung von Sklerallinsen basiert hauptsächlich auf der gemessenen Scheiteltiefe, weil die Keratometerwerte nur bedingt aussagekräftig sind. Es kann sein, dass bei zwei Augen mit den gleichen Keratometerwerten zwei völlig unterschiedliche Werte für die Scheiteltiefe gemessen werden. Die durchschnittliche Scheiteltiefe des Anpassbereiches beträgt bei einem normalen Auge insgesamt bis zu 4 000 μm (bei einem betrachteten Durchmesser von 15 mm). Die Scheiteltiefe hängt von mehreren Variablen einschließlich Linsendurchmesser, Krümmungsradius, Asphärizität der Hornhaut und Form der vorderen Sklera ab. Da man die vordere Sklera nicht vermessen kann, ist die Berechnung der Scheiteltiefe in der klinischen Praxis so gut wie unmöglich. Nur mit Hilfe hochmoderner topografischer Technologien wie der optischen Kohärenztomografie (s. Kapitel II dieses Leitfadens) kann die Gesamtscheiteltiefe des vorderen Augenabschnitts gemessen werden. Wenn man jedoch einen Messlinsen-Satz verwendet, kann die Topografie des vorderen Augenabschnitts empirisch auf klinisch erprobte und erfolgreiche Weise ermittelt werden. In diesem Kapitel liegt der Schwerpunkt auf den einzelnen Schritten, die zur Anpassung von Sklerallinsen erforderlich sind, und zwar unabhängig vom Linsenhersteller und -design.

Schritt 1: Durchmesser

- Wie man den Gesamtdurchmesser der Sklerallinse bestimmt.
- Wie man den Durchmesser der optischen Zone ermittelt.

Gesamtdurchmesser

Was für einen größeren Linsendurchmesser spricht, ist die Größe des Tränen-sees, der sich unter der Linse bilden kann. Gewöhnlich gilt die Regel, dass der Linsendurchmesser umso größer sein soll, je mehr Hornhautüberbrückung erforderlich ist. Dies bedeutet, dass für ein empfindliches Hornhautepithel eine größere

Linse notwendig ist, um die Hornhaut vollständig überbrücken zu können. Größere Linsendurchmesser werden häufig auch empfohlen, wenn bei der Hornhaut eines Auges zwischen den Werten der Scheiteltiefe große Unterschiede bestehen, wie dies beispielsweise bei Hornhautektasie der Fall sein kann. Bei größeren Linsen ist die Auflagefläche in der Auflagezone viel größer. Dadurch wird verhindert, dass lokal begrenzt zu viel Druck auf die Hornhaut ausgeübt wird, u. U. wird auch ein höherer Tragekomfort erzielt. Linsen mit einem kleinen Durchmesser „sinken“ gewöhnlich eher in die Bindehaut und bewegen sich eventuell weniger als Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser.

Was für kleinere Linsen spricht, ist die Tatsache, dass sie leichter zu handhaben sind, beim Einsetzen eventuell nicht mit Flüssigkeit gefüllt werden müssen und sich so weniger Luftblasen unter der Linse bilden. Für Augen mit einer eher normalen Hornhautform sowie für Augen ohne Schäden könnten kleinere Linsen eine gängige Alternative sein. Da bei kleineren Linsen eine dünnere Tränenlinse entsteht, wird mit kleineren Linsen gewöhnlich eine gute Sehschärfe erzielt. Zudem sind diese Linsen kostengünstiger als große Sklerallinsen.

Linsen mit einem großen Durchmesser dezentrieren sich u. U. leichter, und zwar häufig nach temporal, weil in vielen Fällen die Sklera auf der nasalen Seite flacher ist. Bei sehr großen Sklerallinsen kann der Abstand zwischen dem Limbus und der Ansatzstelle des Musculus rectus medialis, des inneren, nasal gelegenen, geraden Muskels begrenzt sein (s. Kapitel II dieses Leitfadens). Wenn sich große Sklerallinsen dezentrieren, kann man dieses Problem durch Umsteigen auf einen kleineren Linsendurchmesser lösen. Die Dezentrierung, hervorgerufen durch den nasal entstehenden Druck, könnte aber auch durch Anpassung einer nicht rotationssymmetrischen Linse verringert werden (s. Anpassschritt 5 in diesem Kapitel).

Wie es scheint, haben sowohl große als auch kleine Sklerallinsen ihre Berechtigung. Die Wahl des Durchmessers kann nach Ermessen erfolgen, weil es für einen Kontaktlinsenträger den richtigen Durchmesser nicht gibt. Bei ein und demselben Patienten kann ein zufriedenstellender Sitz der Linse mit einem Durchmesser von 15 mm oder mit einem Durchmesser von 23 mm erzielt werden (Jedlicka, 2010b). Viele Linsenhersteller bieten Linsengeometrien mit verschiedenen Durchmesseroptionen an. Bei manchen Linsengeometrien steht Kontaktlinsenanpassern nur ein Durchmesser zur Verfügung, weshalb es sich empfiehlt, das Messlinsen-Set um eine weitere Linsenausführung mit einem völlig anderen Linsengesamtdurchmesser zu erweitern. Nur so kann man allen Herausforderungen der Sklerallinsenanpassung gerecht werden.

Es kann schwierig sein, Kindern volle Sklerallinsen anzupassen, weil die Linsen vor dem Einsetzen mit Flüssigkeit gefüllt werden müssen und Kinder nur schwer mit dem Gesicht nach unten ruhig sitzen können. Deshalb muss manchmal der Durchmesser verringert werden. Eine Sklerallinsenanpassung bei Kindern ist jedoch möglich, und mit zunehmendem Alter werden Kinder sogar immer besser in der Handhabung von Sklerallinsen. – Christine Sindt

Der Gesamtdurchmesser ist der erste und wesentlichste Parameter, den Anpasser bei der Anpassung berücksichtigen müssen. Die Frage, welchen Durchmesser man wählen soll, wird von Sklerallinsenanpassern viel diskutiert, wobei hier individuelle Präferenzen eine Rolle spielen. Es gibt aber auch einige unabhängige Variable, die bei dieser Frage zu berücksichtigen sind. Eine kleine Erhöhung des Linsendurchmessers kann sich erheblich auf die Fläche auswirken, die von der Linse abgedeckt wird. Wenn man den Linsendurchmesser von 14 mm auf 15 mm erhöht, dann bedeutet das, dass die Gesamtfläche unter der Linse von 154 mm² auf 177 mm² ansteigt und somit um 23 mm² größer ist. Bei größeren Sklerallinsen ist dieser Effekt noch stärker: Bei einem Linsendurchmesser von 20 mm beträgt die Fläche unter der Linse 314 mm², bei einem Durchmesser von 21 mm beträgt sie 346 mm² (was einer Zunahme von 32 mm² entspricht).

Durchmesser der optischen Zone

Bei der Wahl des Linsendurchmessers spielt auch der Durchmesser der optischen Zone eine wichtige Rolle. Theoretisch ist dies ein ziemlich entscheidender Parameter; praktisch ist es aber so, dass viele Sklerallinsen einen vorgegebenen Durchmesser der optischen Zone haben, so dass es u. U. nicht immer möglich ist, diesen Parameter innerhalb einer Linsenausführung zu ändern. Der Durchmesser der optischen Zone ist für eine gute Sehleistung von Bedeutung. Deshalb sollte der Pupillendurchmesser unter Berücksichtigung der Dicke der Tränenlinse und der Vorderkammertiefe nicht unterschritten

werden. Wenn man den Durchmesser der optischen Zone ermittelt, sollte man auch einkalkulieren, dass sich Sklerallinsen ein wenig dezentrieren können.

Das Ziel der Sklerallinsenpassung ist eine vollständige Überbrückung der Hornhaut; und bei vielen Sklerallinsen ist auch eine Überbrückung des Limbus erstrebenswert. Deshalb ist es äußerst wichtig, einen geeigneten Durchmesser der optischen Zone zu ermitteln. Der Hornhautdurchmesser kann als Richtschnur und Ausgangsbasis dienen. Der Bereich der Überbrückungszone, der die optische Zone und die Übergangszone einschließt (und deren Durchmesser oft vorgegeben ist), wird ungefähr 0,2 mm größer als der Hornhautdurchmesser gewählt.

Wenn der Durchmesser der optischen Zone und der Übergangszone festgelegt ist, kann man diesen Parameter mit der Linse auf dem Auge überprüfen, um festzustellen, ob der Durchmesser geeignet ist. Wenn der Durchmesser nicht passt, kann man zu einem anderen Linsendesign wechseln. Die Größe des Durchmessers der optischen Zone selbst hängt von der gewählten Linsengeometrie ab. Die optische Zone sollte die Pupille vollständig bedecken, damit es zu keinen optischen Störungen kommt. Da der Durchmesser der optischen Zone häufig vorgegeben ist, kann man diesen Parameter nicht bei allen Linsenausführungen ändern. Die Wahl eines größeren Gesamtdurchmessers könnte hier eine Alternative sein.

Schritt 2: Überbrückung

- Wie man die Überbrückung der Hornhaut bestimmt.
- Wie man die Überbrückung des Limbus ermittelt.

Die Möglichkeit, die Hornhaut zu überbrücken, ist wahrscheinlich der allerwichtigste Vorteil von Sklerallinsen gegenüber Korneallinsen.

Überbrückung der Hornhaut

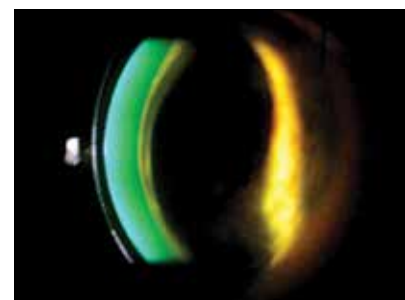
Der nächste Schritt besteht darin, die Überbrückung der zentralen Hornhaut zu ermitteln. Die Möglichkeit, die Hornhaut zu überbrücken, ist wahrscheinlich der allerwichtigste Vorteil von Sklerallinsen gegenüber Korneallinsen. Es empfiehlt sich, diesen Vorteil zu nutzen. Gegebenenfalls kann eine Fläche von bis zu 600 µm leicht überbrückt werden. Die Bezeichnungen „flach“ und „steil“ sollten in diesem Zusammenhang vermieden werden, weil sie verwirrend und nicht aussagekräftig sind. Die Bezeichnung Zunahme oder Abnahme der Scheiteltiefe scheint aussagekräftiger zu sein. Bei vielen Linsengeometrien wird für Messlinsen ausschließlich die Scheiteltiefe angegeben. Eine Zunahme der Scheiteltiefe bewirkt, dass sich die Linse vom Auge „abhebt“, so dass eine größere Überbrückung möglich ist.

Ausmaß der Überbrückung der zentralen Hornhautzone

Es gibt zwar keine „Regeln“ für das exakte Ausmaß der Überbrückung der zentralen Hornhautzone, gewöhnlich jedoch scheinen mindestens 100 µm erstrebenswert zu sein. Laut Berichten ist es sogar möglich, das Ausmaß der Hornhautüberbrückung bei Corneo-Sklerallinsen auf nicht mehr als 20 µm bis 30 µm zu begrenzen (DeNaeyer, 2010). Bei normalen Sklerallinsen gilt gewöhnlich eine Überbrückung von 200 µm bis 300 µm als ausreichend; bei Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser kann das Ausmaß der Überbrückung gegebenenfalls ohne Weiteres bis zu 500 µm betragen. Mini-Sklerallinsen liegen diesbezüglich zwischen Korneo-Sklerallinsen und Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser.

Wenn man die Überbrückung mit der Sklerallinse auf dem Auge bestimmt, dienen folgende Werte als Vergleichs- und Bezugsbasis: Die durchschnittliche Hornhautdicke liegt beim normalen Auge (bei einem Auge mit

Die erforderliche Scheiteltiefe variiert je nach Krankheitsbild: So benötigt ein Patient mit Keratokonus eine andere (größere) Gesamtscheiteltiefe als ein Patient nach einer Hornhauttransplantation. Nichtsdestotrotz kann bei einem zentralen oder inferior liegenden Keratokonus auch eine normale Scheiteltiefe reichen. Bei Erkrankungen der Augenoberfläche werden gewöhnlich größere Scheiteltiefen benötigt.



GREG DENAEYER

Zur Verdeutlichung: Eine Linse mit einem Durchmesser von 18 mm und einem Tränen- reservoir von 1 600 µm

Zur Beurteilung der Form des vorderen Augenabschnitts teilen wir die Gesamtscheiteltiefe in flach, normal tief oder sehr tief ein. Basierend auf dieser Einteilung erfolgt dann die Auswahl der ersten Probelinse.
– Esther-Simone Visser und Rients Visser

beispielsweise Keratokonus ist die Hornhautdicke u. U. geringer) im Zentrum der Hornhaut im Bereich von 530 µm, während sie an der Hornhautperipherie in der Nähe des Limbus (Doughty, 2000) bis zu 650 µm betragen kann. Diese Werte kann man als Bezugswerte nehmen, wenn man das Ausmaß der Überbrückung mit der Sklerallinse am Auge ermittelt. Die Mittendicke der Kontaktlinse kann ebenfalls als Bezugswert herangezogen werden, sofern diese bekannt ist.

Bei Erkrankungen der Augenoberfläche sind gewöhnlich größere Scheiteltiefen erforderlich. Manche Kontaktlinsenhersteller bieten verschiedene Messlinsen-Sets für verschiedene Anforderungen an (von Kontaktlinsenanpassungen nach LASIK-Operation und nach radiärer

Keratektomie bis hin zu Hornhauttransplantationen und Ektasie). Dadurch wird es leichter, das richtige Ausmaß der Hornhautüberbrückung zu finden. Einige Kontaktlinsenhersteller verwenden Keratometerwerte für die Berechnung der Scheiteltiefe der ersten Probelinse, die auf dem Auge getragen wird: Für eine sehr steile Hornhaut (wie sie bei Keratokonus beobachtet wird) empfiehlt es sich, die größte Scheiteltiefe zu wählen. Bei einer sehr flachen Hornhaut hingegen (wie sie häufig nach einer Hornhauttransplantation oder refraktiven Chirurgie vorliegt) ist die Linse mit der kleinsten Scheiteltiefe als erster Schritt bei der Kontaktlinsenanpassung zu wählen.

Ermittlung der Überbrückung der Hornhautmitte

Es empfiehlt sich, für die jeweilige Hornhaut immer mit einer Sklerallinse mit einer kleineren Scheiteltiefe zu beginnen und dann schrittweise Messlinsen mit einer größeren Scheiteltiefe zu probieren (einige Kontaktlinsenanpasser ziehen es vor, genau umgekehrt vorzugehen, also mit einer größeren Scheiteltiefe zu beginnen und dann schrittweise eine kleinere Scheiteltiefe zu probieren), und zwar so lange, bis keine Auflage der Linse auf dem Hornhautapex sichtbar ist. Bei Corneo-Sklerallinsen ist das Ziel eine minimale Auflage, auf die weiter unten in diesem Kapitel eingegangen wird.

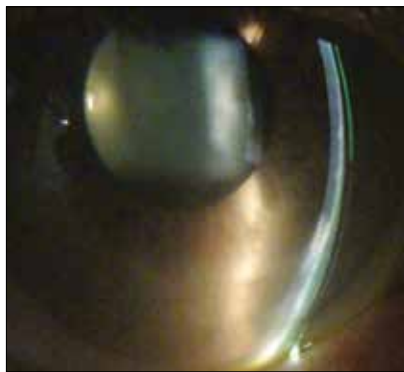
Da sich unter der Überbrückung ein Flüssigkeitsreservoir bildet, empfiehlt es sich, die Sklerallinse vor dem Aufsetzen mit Kochsalzlösung zu füllen. Bei Corneo-Sklerallinsen ist dies u. U. nicht immer notwendig, jedoch empfehlenswert, wenn die Hornhaut sehr unregelmäßig ist, um der Bildung von Luftblasen vorzubeugen (vor allem bei Linsen ohne Ventilationsbohrungen). Vor dem Aufsetzen sollte Fluoreszein in die mit Flüssigkeit gefüllte Sklerallinse gegeben werden, weil der Tränenfilmaustausch eingeschränkt ist, wenn sich die Linse auf dem Auge befindet. In der Frontalansicht sollte ein grünes, gleichmäßiges Fluoreszeinbild möglichst ohne Auflagezonen zu beobachten sein. Das menschliche Auge ist in der Lage, eine Fluoreszeinschicht mit einer Dicke von 20 µm oder mehr zu betrachten. Wenn die Schicht dünner ist, erscheint sie schwarz, was aber nicht unbedingt bedeutet, dass die Kontaktlinse auf der Hornhaut „aufliegt“. Eine Dezentrierung der Kontaktlinse kann auf diese Weise ebenfalls leicht festgestellt werden.



GREG DENAEYER

Patienten mit Keratoglobus können anpasstechnisch eine große Herausforderung sein. Da bei Keratoglobus die gesamte Hornhaut steil ist, werden zur Überbrückung einer derart extremen Hornhaut oft Sklerallinsen benötigt, deren optische Zone größer als gewöhnlich ist und deren Scheiteltiefen ebenfalls groß sind. Sklerallinsen mit einer reversen Geometrie ermöglichen eventuell mehr Abstand zur Hornhaut und können damit insgesamt eine Verbesserung der Hornhautüberbrückung bewirken. Die Fotos oben zeigen einen Patienten mit rezidivierendem Keratoglobus 15 Jahre nach einer penetrierenden Keratoplastik. Die Scheiteltiefe der Sklerallinse beträgt mehr als 8 000 µm. – Greg DeNaeyer

Wenn bei Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser eine Auflage auf der Hornhaut beobachtet wird, bedeutet das, dass die Scheiteltiefe der Kontaktlinse zu klein ist. Gewöhnlich gilt folgende Faustregel: Je größer die Auflage der Linse auf der Hornhautmitte ist, desto mehr muss die Scheiteltiefe erhöht werden. Andererseits sind Luftblasen unter der Kontaktlinse (sofern sie nicht durch ein falsches Aufsetzen der Linse verursacht werden) ein Zeichen dafür, dass der Abstand zur Hornhaut zu groß ist. Viele Kontaktlinsenanpasser wenden bei der Anpassung von Sklerallinsen eine einfache Regel an: Sie variieren die Scheiteltiefe, basierend auf der Hornhautauflage und Luftblasenbildung, von einer flachen zu einer größeren Scheiteltiefe, bis keine Auflage mehr zu beobachten ist und/oder keine Luftblasen mehr vorhanden sind. Die Größe der Auflagefläche/Luftblase kann ebenfalls als Anpasshilfe dienen: Größere Auflageflächen oder Luftblasen erfordern größere Änderungen der Scheiteltiefe. Hierbei ist speziell zu berücksichtigen, dass das richtige Aufsetzen der Kontaktlinsen entscheidend dafür ist, dass keine „falschen Luftblasen“ entstehen (s. Kapitel V, Handhabung von Sklerallinsen). Luftblasen können sich auch aufgrund der nicht symmetrischen Form des vorderen Augenabschnitts bilden (s. Schritt 5 in diesem Kapitel). Kleine Luftblasen, die sich bewegen, sind im Gegensatz zu großen stationären Luftblasen tolerierbar, vorausgesetzt sie wandern nicht in den Pupillenbereich. Eine zu große Überbrückung der Hornhaut (mehr als 500 µm) kann manchmal eine Verschlechterung der Sehschärfe zur Folge haben und Sehstörungen hervorrufen, auch wenn sich keine Luftblasen unter der Kontaktlinse bilden.



Mini-Sklerallinse mit einer nicht ausreichenden Überbrückung eines Hornhauttransplantats.

Bei Keratokonus oder anderen Augenerkrankungen mit großer Hornhautscheiteltiefe können Sklerallinsen mit einem größeren Durchmesser erforderlich sein, um eine vollständige Überbrückung der Hornhaut erzielen zu können. Bei einigen kleineren Sklerallinsen ist in diesen Fällen eine minimale Auflage der Kontaktlinse auf dem Apex oder auf der Hornhaut möglich. Aber das Ziel bei diesen Kontaktlinsen ist trotzdem, die geringste Scheiteltiefe zu finden, bei der der Apex wenig bis überhaupt nicht berührt wird. Es ist zwar stets das Ziel, die zentrale Hornhaut zu überbrücken, aber laut vielen erfahrenen Kontaktlinsenanpassern wird eine Auflage auf der Hornhautmitte bei Sklerallinsen gewöhnlich besser toleriert als bei sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen. Wahrscheinlich liegt dies daran, dass sich Sklerallinsen normalerweise auf dem Auge nicht so stark bewegen und daher keine mechanische Reizung des Apex des Hornhautkonus bewirken.

Zur weiteren Beurteilung der Hornhautüberbrückung kann eine Spaltlampenuntersuchung im optischen Schnitt bei einem Winkel von 45° erfolgen, bei der die Tränenfilmdicke unter der Sklerallinse (mit oder ohne Fluoreszein) überprüft wird. Bei sauerstoffdurchlässigen

Korneallinsen ist der Tränenfilm unter der Kontaktlinse schwer zu sehen, bei Sklerallinsen hingegen ist dies viel leichter.

Es kann eine Weile dauern, bis Sklerallinsen auf dem Auge richtig sitzen, weil sie bis zu einem gewissen Grad in die Bindehaut „sinken“, wobei hier sehr große individuelle Abweichungen zu beobachten sind. Es empfiehlt sich deshalb, 20 bis 30 Minuten zu warten, bis man den Sitz der Sklerallinse auf dem Auge beurteilt. Wenn nach dieser Wartezeit die Hornhautüberbrückung nicht mehr ausreichend vorhanden ist, sollte man auf eine Linse mit einer

Sofern Luftblasen unter der Kontaktlinse nicht durch ein falsches Aufsetzen der Linse verursacht werden, sind sie ein Zeichen dafür, dass die Hornhaut zu sehr überbrückt wurde. Viele Kontaktlinsenanpasser wenden bei der Anpassung von Sklerallinsen eine einfache Regel an: Sie variieren die Scheiteltiefe, basierend auf der Hornhautauflage und Luftblasenbildung, von einer flachen zu einer größeren Scheiteltiefe, bis keine Auflage mehr zu beobachten ist und/oder keine Luftblasen mehr vorhanden sind.

Es kann eine Weile dauern, bis Sklerallinsen auf dem Auge richtig sitzen, weil sie bis zu einem gewissen Grad in die Bindehaut „sinken“, wobei hier sehr große individuelle Abweichungen zu beobachten sind. Es empfiehlt sich deshalb, 20 bis 30 Minuten zu warten, bevor man den Sitz der Sklerallinse auf dem Auge beurteilt.

Manchmal kann man die Sehleistung verbessern, indem man das Ausmaß der Überbrückung reduziert, und zwar so sehr, dass die Kontaktlinse nur mehr minimal auf der Hornhaut aufliegt. Dadurch kann sich die Sehschärfe um eine oder zwei Zeilen auf der Sehtafel verbessern, was manchmal eine entscheidende Rolle spielt. In diesem Fall sind jedoch regelmäßige Nachkontrollen erforderlich. – Esther-Simone Visser und Rients Visser

größeren Scheiteltiefe umsteigen. Linsen mit Ventilationsbohrungen sitzen im Vergleich eher fester. Es sollte daher immer eine Linse mit einem ausreichend großen Abstand zur Hornhaut gewählt werden, weil sich die Linse dadurch auf dem Auge noch ausrichten kann. Nach längerer Tragezeit können die Linsen einen festeren Sitz bekommen.

Überbrückung der peripheren Hornhaut

Sobald die Überbrückung der zentralen Hornhaut bestimmt worden ist, muss man u. U. die Überbrückung der restlichen Hornhaut angleichen. Zu diesem Zeitpunkt kommt möglicherweise die Basis-
kurve der Kontaktlinse ins Spiel. Hier gilt normalerweise, dass der zentrale Rückflächenradius der Kontaktlinse etwas flacher als der flachste Keratometerwert sein sollte, um den mechanischen Druck auf die periphere optische Zone und den Limbusbereich zu verringern (s. Kapitel IV). Durch Änderung der Basiskurve kann die

Linsenrückfläche so angepasst werden, dass eine planparallele Tränenlinse unter der Linse entsteht. Mithilfe einer flacheren Basiskurve ist auch eine Überbrückung des Limbusbereiches möglich (s. nächster Abschnitt in diesem Kapitel).

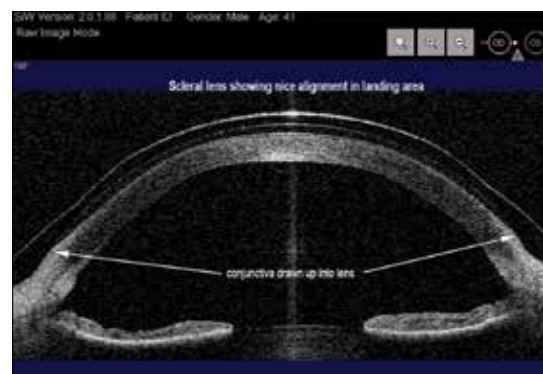
Eine Änderung der Basiskurve kann auch eine Änderung der Scheiteltiefe bedeuten. Durch eine flachere Basiskurve wird die Scheiteltiefe der Linse verringert. Das bedeutet, dass eventuell die Scheiteltiefe angepasst werden muss, um die Änderung der Basiskurve auszugleichen. Bei vielen Kontaktlinsen ist dieser Ausgleich bereits automatisch gegeben: Wenn der Radius geändert wird, erfolgt standardmäßig eine Änderung der Scheiteltiefe (z. B. die Scheiteltiefe bleibt gleich, der Krümmungsradius hingegen wird geändert).

Eine Änderung des Linsendurchmessers wirkt sich ebenfalls auf die Scheiteltiefe aus. Wenn der Linsendurchmesser erhöht wird und der Rückflächenradius beibehalten wird, dann nimmt die Scheiteltiefe insgesamt zu, was eine deutliche Zunahme der Gesamtgröße der Linse zur Folge haben kann. Umgekehrt nimmt die Scheiteltiefe ab, wenn die Basiskurve bei kleinerem Durchmesser beibehalten wird, sofern der Linsenhersteller diese Abnahme nicht automatisch ausgleicht. Kurzum: Im Prinzip zieht die Änderung eines Parameters immer die Angleichung anderer Parameter mit sich. Kontaktlinsenhersteller können jedoch, um den Anpassprozess zu vereinfachen, Parameteränderungen automatisch ausgleichen. Kontaktlinsenanpasser sollten deshalb mit den Herstellern klären, ob dies der Fall ist, damit bei einer Änderung eines Parameters nicht doppelt ausgeglichen wird.

Überbrückung des Limbusbereiches

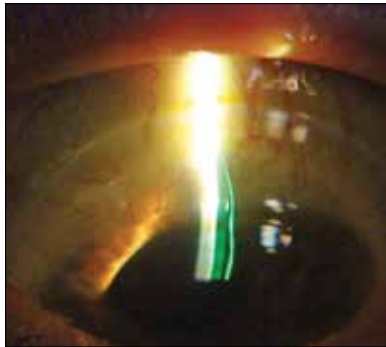
Da es wichtig ist, die gesamte Hornhaut zu überbrücken, sollte auch der Limbusbereich einbezogen werden. Dort befinden sich die Stammzellen, die für die Gesundheit der Hornhaut essenziell sind, vor allem für die Bildung neuer Epithelzellen, die dann über die gesamte Hornhaut verteilt werden. Eine limbale Überbrückung ist wichtig, um die empfindlichen Stammzellen schützen zu können. Eine Überbrückung des Limbus im Ausmaß von 100 µm wird oft angestrebt, wobei das Ausmaß jedoch von der Größe der Linse abhängt. Ist die Überbrückung nicht ausreichend in diesem Bereich, kann dies dazu führen, dass die Kontaktlinse die Hornhaut berührt, wenn sie sich bewegt. Jede Art von Stippen am Limbus gilt als inakzeptabel.

Im Limbusbereich befinden sich die Stammzellen, die für die Gesundheit der Hornhaut essenziell sind, vor allem für die Bildung neuer Epithelzellen, die dann über die gesamte Hornhaut verteilt werden. Kontaktlinsenanpasser sollten sicherstellen, dass durch die Kontaktlinse im Limbusbereich kein mechanischer Druck ausgeübt wird.



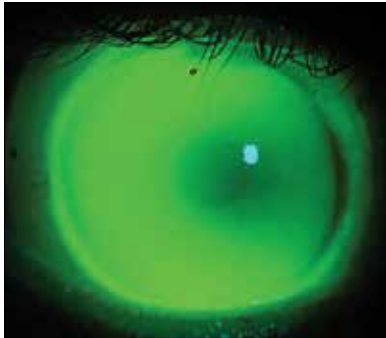
OCT-Aufnahme (Zeiss Visante®): Überbrückung der Hornhaut und des Limbus

GREG GEMOULES



STEPHEN BYRNES

Überbrückung des Limbus mit einer Mini-Sklerallinse.



Überbrückung des Limbus, die nasal im Fluoreszeinbild sichtbar ist.



GREG DENAEYER

Ich habe folgende Erfahrung gemacht: Wenn ich einfach nur das Auge von der Seite betrachte, kann ich feststellen, ob ich mit einer Messlinse beginne, die entweder eine kleine, mittelgroße oder große Scheiteltiefe aufweist. – Greg DeNaeyer

Visser et al. haben in der Zeitschrift *Eye & Contact Lens* ein Einstufungssystem für die Überbrückung der Hornhaut und des Limbusbereiches mit Sklerallinsen mit einem großen Durchmesser beschrieben.

Demnach gilt für die Hornhautüberbrückung folgende Einstufung:

Grad -1: Eine leicht suboptimale Überbrückung der Hornhaut, die zu gering ist; Ausmaß der Überbrückung: 100 und 200 μm

Grad -2: Überbrückung im Ausmaß von weniger als 100 μm

Grad +1: „Große“ Überbrückung von 300 bis 500 μm ; ist aber noch tolerierbar

Grad +2: Überbrückung im Ausmaß von mehr als 500 μm ; wird als zu groß angesehen

Für die Überbrückung des Limbusbereiches gilt folgende Gradeinteilung:

Grad -2: Keine Überbrückung vorhanden

Grad -1: Überbrückung von 0 bis 100 μm

Eine Überbrückung im Ausmaß von ca. 100 μm wird als optimal angesehen.

Grad +1: Eine Überbrückung von 100 bis 200 μm ; u. U. etwas zu groß

Grad +2: Eine Überbrückung von mehr als 200 μm ; wird als zu groß angesehen

Wie bei der Anpassung aller anderen Kontaktlinsentypen wird die Einstufung eines Anpassparameters mit Grad 1 gewöhnlich als „tolerierbar“ angesehen, während eine Einstufung mit Grad 2 normalerweise als Hinweis dafür gilt, dass eine Parameteränderung erfolgen muss. – Visser et al., 2007a



VISSER CONTACT LENS PRACTICE

Eine gute Druckverteilung unter der Auflagezone einer Sklerallinse mit einem großen Durchmesser.

Örtlich begrenzte Druckstelle unter der Auflagezone einer großen Sklerallinse.

werden. Bei der Beurteilung des Linsensitzes könnte diese Technik sehr hilfreich sein.

Schritt 3: Anpassung im Bereich der Auflagezone

- Wie man einen Gleichlauf zwischen Linsenrand und Form der (Corneo-) Sklera erzielt.
- Wie man Druckstellen auf der Bindehaut erkennt und beurteilt.

Zwischen der Auflagezone und dem Ausmaß der Überbrückung besteht ein enger Zusammenhang: Wenn die Auflagezone zu steil ist, steht die gesamte Kontaktlinse von der Hornhaut ab, wodurch eine größere Überbrückung erfolgt. Wenn hingegen die Kontaktlinse auf der zentralen Hornhaut stark aufliegt, dann steht die Kontaktlinse an der Übergangszone ab, wodurch es schwierig wird, den Linsensitz zu beurteilen.

Das Anpassziel bei der Auflagezone ist es, einen Gleichlauf zwischen der Kontaktlinse und der Sklera oder der korneo-skleralen Übergangszone (je nach Kontaktlinsentyp) zu erzielen. Es gibt jedoch derzeit kein Gerät in der klinischen Praxis, das in der Lage ist, diesen Gleichlauf zu messen.

Die einzigen zwei möglichen Überprüfungsmethoden sind eine objektive Spaltlampenuntersuchung und die experimentelle OCT-Technik. Manche Kontaktlinsenanpasser beurteilen das Corneo-Skleralprofil, indem sie den vorderen Augenabschnitt mit Hilfe der Spaltlampe im optischen Schnitt untersuchen oder einfach nur die Form des vorderen Augenabschnitts ohne Vergrößerungshilfe betrachten. Dabei fordern sie den Patienten auf, den Blick nach unten zu richten, um einen ersten Eindruck von der Form des vorderen Augenabschnitts zu bekommen. Andere Kontaktlinsenanpasser wiederum verlassen sich gänzlich auf Messlinsen, mit deren Hilfe sie den Gleichlauf zwischen Auflagezone und Form des vorderen Augenabschnitts überprüfen und u. U. korrigieren.

In Bezug auf mögliche Dellen und Druckstellen auf dem Auge wurden große Sklerallinsen mit Schneeschuhen und kleinere Sklerallinsen mit Stöckelschuhen verglichen. – DePaolis et al., 2009

Zwischen der Auflagezone und der Überbrückung besteht ein enger Zusammenhang: Wenn die Auflagezone zu steil ist, steht die gesamte Kontaktlinse von der Hornhaut ab, wodurch eine größere Überbrückung entsteht. Wenn hingegen die Kontaktlinse auf der Hornhaut stark aufliegt, dann steht die Kontaktlinse an der Übergangszone ab, wodurch es schwierig wird, den Linsensitz zu beurteilen.

Gewöhnlich haben Kontaktlinsenhersteller eine langjährige Erfahrung mit der durchschnittlichen Form der Auflagefläche für bestimmte Kontaktlinsengeometrien. Deshalb sollte man sich deren Wissen und Erkenntnisse zu Nutze machen und zunächst einmal mit der vom Hersteller empfohlenen Messlinse für die Auflagezone beginnen.

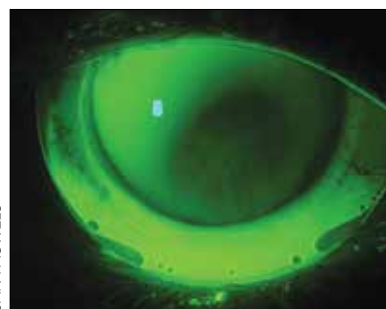
Nachdem die Messlinse aufgesetzt wurde, erfolgt die Sitzbeurteilung anhand des Gleichlaufs der Auflagezone mit der Augenoberfläche. Eine ringförmige Auflage auf dem inneren Bereich der Auflagezone ist ein Zeichen dafür, dass die Auflage in der Auflagezone zu flach gewählt wurde. Luftblasen im Randbereich der Kontaktlinse weisen ebenfalls auf eine zu flache Auflage hin. Sollte Schaumbildung am Rand oder unter der Linse am Rand zu beobachten sein, lässt dies auch auf eine zu flache Auflage schließen. Laut einigen Kontaktlinsenanpassern kann es außerdem hilfreich sein, den Sitz der Kontaktlinse auf der



Luftblasen/Schaumbildung am Rand unter einer Sklerallinse.
© Universitair ziekenhuis Antwerpen



Abblassen der Bindehaut unter der Auflagezone einer großen Sklerallinse
© Universitair ziekenhuis Antwerpen



Luftblasen unter dem Rand der Auflagezone.
© Universitair ziekenhuis Antwerpen

Auflagezone mit Hilfe von Fluoreszein zu beurteilen; im Vergleich zur Sitzbeurteilung bei der Anpassung von sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen ist diese Methode bei der Sklerallinsenanpassung möglicherweise jedoch nur begrenzt von Nutzen.

Sitzt die Kontaktlinse im Bereich der Auflagezone steil, dann ist eine Auflage der Linse im äußeren Bereich der Auflagezone und eine Fluoreszeinansammlung zu beobachten, die sich von der Hornhautüberbrückung nach außen bis unter die Auflagezone erstreckt. Bei einem steilen Sitz in der Auflagezone steht die gesamte Kontaktlinse von der Hornhaut ab, was eine größere Überbrückung insgesamt zur Folge hat.

Da die Kontaktlinse eigentlich auf der Bindehaut aufliegt, sollte man auch überprüfen, welchen Druck der Linsenrand auf diese ausübt. Örtlich begrenzte Bereiche der Bindehaut rund um den Limbus können „blasser“ werden, weil durch den Druck der Kontaktlinse auf die Bindehaut deren Durchblutung unterbunden wird. Dieses Phänomen wird als „Abblassung“ der Bindehaut bezeichnet. Ein Abblassen rund um die Hornhaut oder in mehr



als eine Richtung ist scheinbar problematischer als das Abblassen eines einzigen Bereichs. Letzteres kann manchmal toleriert werden. Es wird Kontaktlinsenanpassern empfohlen, die Abblassung in verschiedenen Blickrichtungen zu beobachten und zu beurteilen, weil bei dezentrierten Kontaktlinsen ein ganz anderes Muster beobachtet werden kann als beim statischen Blick geradeaus an der Spaltlampe. Diese Abblassung der Bindehautgefäße ist die Folge einer zu festen Auflage der peripheren Kurve der Sklerallinse und wird oft als Druckstelle bezeichnet. Gewöhnlich führt eine Druckstelle nicht zu einer Stippung der Bindehaut nach dem Abnehmen der Kontaktlinse. Eventuell ist an der Druckstelle eine Rötung der Blutgefäße zu beobachten.



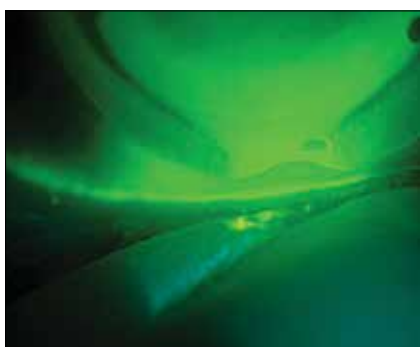
Abschnüren des Bindehautgewebes.

Da die Linse eigentlich auf der skleralen Bindehaut aufliegt, sollte man auch überprüfen, welchen Druck der Linsenrand auf die Sklera ausübt. Örtlich begrenzte Bereiche der Bindehaut rund um den Limbus können „blasser“ werden, weil durch den Druck der Kontaktlinse auf die Bindehaut deren Durchblutung unterbunden wird. Dieses Phänomen wird als „Abblassung“ der Bindehaut bezeichnet.

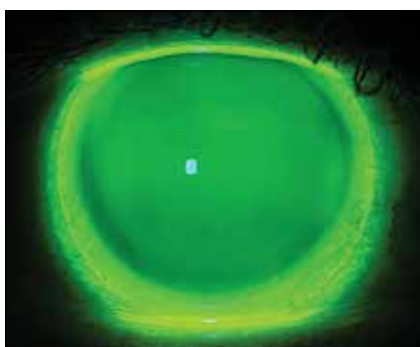
Wenn der Rand der Kontaktlinse punktuell auf das Bindehautgewebe drückt, führt dies zu einem „Abschnüren“ des Gewebes, was nach dem Entfernen der Kontaktlinsen Bindehautgewebestippungen zur Folge haben kann. Wenn das Gewebe länger abgeschnürt ist, kann eine Hypertrophie der Bindehaut auftreten. Bei der Diskussion über den Linsendurchmesser liegt das Gewicht im wahrsten Sinne des Wortes auf der Auflagezone: Je größer die Sklerallinse, desto mehr wird das Gewicht der Linse über eine größere Fläche der Sklera verteilt. In der Folge bewegt sich eine große Sklerallinse mehr. Eine Bewegung der Kontaktlinse wird zwar als unangenehm empfunden, ist aber bei größeren Sklerallinsen oft besser (wenn auch immer noch nur bedingt) als bei kleineren Sklerallinsen.

Zur Beurteilung des Linsenrands empfiehlt sich die „Druckmethode“: Man schiebt das Unterlid bis knapp unter den Linsenrand und drückt sanft auf die Sklera, um herauszufinden, wie viel Druck erforderlich ist, damit die Kontaktlinse leicht absteht. Bei einem gut sitzenden Linsenrand muss man nur einen leichten Druck ausüben. Wenn man viel Druck ausüben muss, dann lässt dies auf einen fest sitzenden Linsenrand schließen. Wenn nur sehr wenig Druck ausgeübt werden muss, dann kann es sein, dass der Rand zu flach angepasst ist.

– Sophie Taylor-West, 2009



Die „Druckmethode“ zur Beurteilung des Linsenrands.



Ringförmiger Abdruck nach dem Absetzen der Kontaktlinse

SOPHIE TAYLOR-WEST

SOPHIE TAYLOR-WEST

Schritt 4: Kontaktlinsenrand

- Wie man das Abstehen des Linsenrands beurteilt.
- Wie man das Abstehen des Linsenrands ändert.

So wie bei sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen muss auch bei der Anpassung von Sklerallinsen darauf geachtet werden, dass die Kontaktlinse am Rand etwas absteht. Allerdings darf sie nicht zu viel abstehen, weil sonst der Tragekomfort beeinträchtigt werden könnte. Auch wenn es nicht immer möglich ist, eine Sklerallinse beweglich anzupassen, kann meistens durch einen ausreichend abstehenden Linsenrand ein gesundes Linsentragen gewährleistet werden, wenn beim Push-up-Test eine gewisse Beweglichkeit der Linse erreicht wird. Bei Sklerallinsen mit einem größeren Durchmesser ist diese Forderung eher erfüllbar als bei Sklerallinsen mit einem kleineren Durchmesser.

Wenn der Linsenrand zu sehr absteht, kann dies ein Fremdkörpergefühl und eine Abnahme des Tragekomforts bewirken. Damit die Linse nicht zu sehr absteht, empfiehlt sich Folgendes: Entweder man ändert den Winkel der Auflagezone oder man wählt einen kleineren Krümmungsradius für die Auflagezone.

Wenn die Kontaktlinse nicht genügend absteht, kann man nach dem Entfernen der Kontaktlinse einen Abdruck der Linse auf einem Teil oder der gesamten Bindehaut erkennen. Größere Blutgefäße können durch den Linsenrand abgeschnürt werden, so dass die Durchblutung der Gefäße unterbunden wird. Wenn keine konjunktivale Injektion oder Bindehautstippung auftritt, hat dies laut erfahrenen Anpassern von Sklerallinsen keine Folgen. Wenn das Gewebe jedoch eine längere Zeit hindurch abgeschnürt wird, kann dies zu Bindehautstippungen und möglicherweise zu Hypertrophie führen.

Man kann auf verschiedene Weise überprüfen, wie sehr die Kontaktlinse am Rand absteht. Unter Weißlicht kann man feststellen, wie sehr die Kontaktlinse in die Bindehaut „sinkt“ und/oder ob sie am Rand absteht. Ist Letzteres der Fall, dann sieht man unter dem Linsenrand ein dunkles Band oder einen Schatten. So wie bei der Anpassung von sauerstoffdurchlässigen Kontaktlinsen kann mit Hilfe von Fluoreszein kontrolliert werden, ob die Kontaktlinse am Rand absteht. Einige Kontaktlinsenanpasser überprüfen das Volumen des Tränenmeniskus rund um den Linsenrand, um diesen Parameter zu beurteilen.

Einige Kontaktlinsenanpasser überprüfen auch den Tränenfilmaustausch mit Hilfe von Fluoreszein: Nachdem die Kontaktlinse auf das Auge gesetzt worden ist, beobachten sie, wie lange es dauert, bis das Fluoreszein in das Tränenreservoir unter der Kontaktlinse gelangt. Manchmal dauert es nur eine Minute, aber es kann auch mehrere Minuten

Wie bei einigen anderen Linsenparametern ist die Geometrie des Linsenrands nicht immer bei allen Linsenausführungen variierbar. Wenn der Linsenrand nicht passt und nicht verändert werden kann, muss man u. U. die Auflagezone ändern (Schritt 3), um die Auflage des Linsenrandes zu optimieren.

Druckstelle: Ein Abblassen der Bindehautgefäße infolge einer zu festen Auflage der peripheren Kurve der Sklerallinse. Gewöhnlich führt eine Druckstelle nicht zu Bindehautstippung nach dem Abnehmen der Kontaktlinse, aber man beobachtet u. U. eine Rötung der Blutgefäße an der Druckstelle.

Einschnürung des Gewebes: der Rand der Sklerallinse drückt fokal auf das Bindehautgewebe. Nach dem Abnehmen der Kontaktlinse tritt eine Bindehautstippung auf. Wenn das Gewebe länger abgeschnürt ist, kann dies eine Hypertrophie der Bindehaut zur Folge haben.

– Lynette Johns



STEPHEN BYRNES

Rand und Profil einer Mini-Sklerallinse auf einem Auge mit extremer Vorwölbung der Hornhaut; auffallend die Luftblase unter der Linse.

bis endlos lange dauern, bis das Fluoreszein unter die Kontaktlinse gelangt. Die Dauer, bis das Fluoreszein nicht mehr im Tränenreservoir unter der Sklerallinse vorhanden ist, kann ebenfalls ein gewisser Indikator für den Tränenfilmaustausch sein, wenn das Fluoreszein vor dem Aufsetzen in die Kontaktlinse gegeben wurde (Ko, 1970).

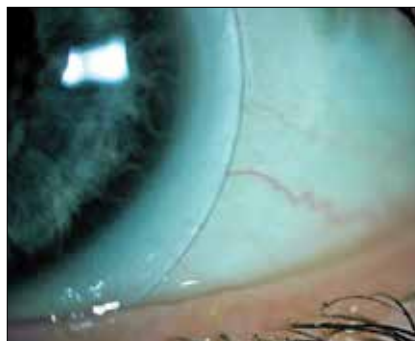
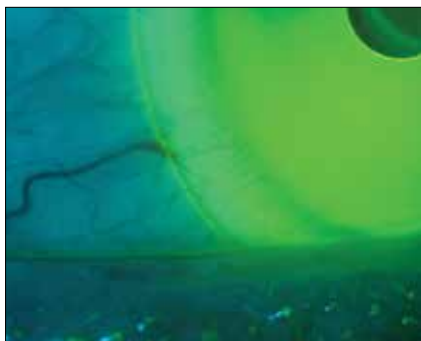
So wie andere Parameter ist auch das Randprofil von Kontaktlinsen nicht immer bei allen Linsenausführungen variierbar. Das Randprofil ist jedoch eine wichtige Variable, wenn es darum geht, den Linsensitz zu beurteilen. Wenn das Randprofil nicht passt und auch nicht geändert werden kann, muss man u. U. die Auflagezone ändern (Schritt 3), um eine optimale Auflage am Rand zu erzielen. Bei Linsen mit tangentialer Auflagezone kann man den Winkel der Auflagezone mit einer (von einer horizontalen Ebene aus betrachtet) niedrigeren Inklination wählen. Bei gekrümmten Auflagezonen, die mit Radius angegeben werden, kann man die Peripherie der Linse ändern, indem man den Krümmungsradius erhöht. Beide Methoden würden auf eine „flachere“ Peripherie hinauslaufen. Anpassschritt 3 und 4 in diesem Leitfaden gehen deshalb gewöhnlich Hand in Hand. Im Kapitel III dieses Leitfadens werden spezifische Linsengeometrien ausführlicher beschrieben.

Die Kontaktlinse kann in verschiedenen Quadranten sehr unterschiedliche Auswirkungen haben, weil der vordere Augenabschnitt, wie bereits erwähnt wurde, eine nicht rotationssymmetrische Form aufweist. Wenn

Wenn man feststellen will, in welchem Bereich ein Problem mit einer Sklerallinse vorhanden ist, empfiehlt sich folgender Test: Patienten werden aufgefordert, die Augen zusammenzudrücken, wenn sie die Kontaktlinsen tragen. Bei gut sitzenden Sklerallinsen treten bei diesem Test weder Symptome noch Anzeichen eines erhöhten Fremdkörpergefühls auf. Patienten können nach diesem Test sehr genau sagen, in welchem Quadranten eine Sklerallinse absteht oder das Gewebe abgeschnürt wird.

– Lynette Johns

ein Bereich oder mehrere Bereiche der Kontaktlinse beträchtlich von den anderen Bereichen abweicht, beispielsweise durch Absteigen der Linse (was die Bildung von Luftblasen zur Folge hat) oder durch Abschnüren des Gewebes/Abblassen der Bindehautgefäße, dann ist u. U. eine nicht rotationssymmetrische Linsengeometrie erforderlich (siehe nächsten Schritt in diesem Kapitel).



SOPHIE TAYLOR-WEST

Durch den Linsenrand werden größere Blutgefäße abgeschnürt.

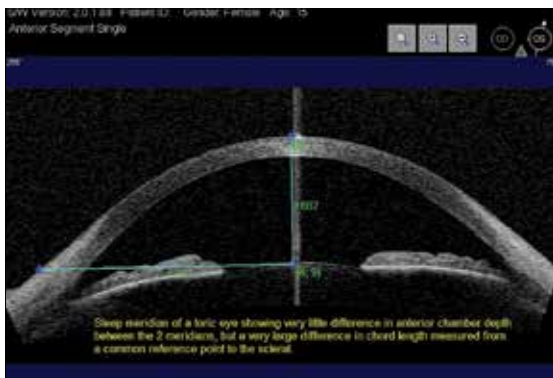
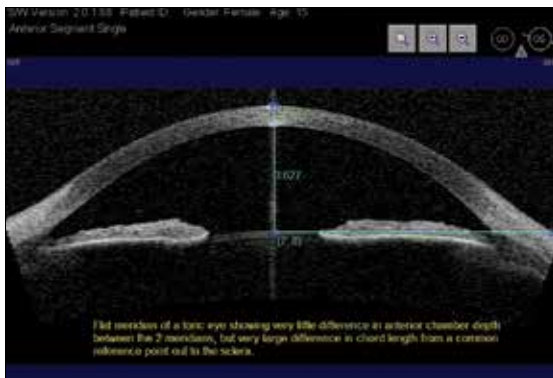
Schritt 5: Nicht rotationssymmetrische Linsengeometrien

- Wie man eine Sklerallinse mit torischer Ausführung auswählt.
- Wie man eine Sklerallinse mit quadrantenspezifischer Geometrie auswählt.

Wie klinische Erfahrungsberichte und Pilotstudien über die in Kapitel II dieses Leitfadens beschriebene Form der Hornhaut zeigen, ist der vordere Augenabschnitt in den meisten Fällen nicht rotationssymmetrisch. Das bedeutet, dass ein Segment oder mehrere Segmente der Sklera entweder steiler oder flacher als andere Segmente sind. Häufig liegt eine Sklerallinse auf dem Auge in einem Segment der Bindehaut fester auf, was möglicherweise zu einer Druckstelle unter der Sklerallinse in einem Segment oder mehreren Segmenten führt. Dies ist ein schwieriges Problem: Einige Linsenhersteller haben versucht, die

Kontaktlinse mit einer Stutzkante zu versehen, um den Druck an der Stelle zu vermindern, wo die Abblassung auftritt. Andere haben die Rückfläche der Sklerallinse „abgeschliffen“, um den Druck in spezifischen Bereichen zu reduzieren. Diese Methoden können zwar funktionieren, haben jedoch ihre Grenzen. Es gibt mittlerweile torische oder quadrantenspezifische Sklerallinsen, mit deren Hilfe man dieses Problem gezielter und effizienter lösen kann. Der torische oder quadrantenspezifische Bereich dieser Kontaktlinsen liegt auf der Auflagezone auf, und die optische Zone weist keine Torizität auf, solange zusätzlich keine torische Korrektur aus optischen Gründen erforderlich ist.

Wenn man Druckstellen bei 3 und 9 Uhr beobachtet, obwohl kein Pinguekula vorhanden ist, dann sollte man folgendermaßen vorgehen: Entweder eine Kontaktlinse mit torischer Auflagezone bestellen oder die Gesamtscheiteltiefe der Kontaktlinse verringern, indem man entweder die Basiskurve flacher wählt oder die peripheren Kurven ändert, vorausgesetzt dies führt nicht dazu, dass der Linsenrand von 12 bis 6 Uhr absteht. – Christine Sindt, 2008



Flacher und steiler Meridian eines Auges mit einer torischen Augenvorderfläche. Auffallend ist der unterschiedliche Durchmesser, der von einem gemeinsamen Bezugspunkt aus mit dem Zeiss Visante® OCT gemessen wurde: 8,02 mm im flachen Meridian (165°) verglichen mit 7,34 mm im steilen Meridian (75°). – Greg Gemoules

GREG GEMOULES

Die Anpassung von torischen oder quadrantenspezifischen Kontaktlinsen ist vielleicht einer der anspruchsvollsten Aspekte der Sklerallinsenanpassung, gleichzeitig aber auch einer der vielversprechendsten. Mit nicht rotationssymmetrischen Sklerallinsen können der Sitz und der Tragekomfort merklich verbessert werden. Diese Spezialgeometrien erweisen sich als erfolgreiche Ergänzung zu den lieferbaren Standardausführungen. Sklerallinsen werden normalerweise aus einem Material mit einem hohen Dk-Wert hergestellt, so dass sie auf dem Auge biegsam sind und Unregelmäßigkeiten des vorderen Augenabschnitts bis zu einem gewissen Grad ausgleichen können (DeNaeyer, 2010). Da dies aber ein Verbiegen der Kontaktlinse zur Folge haben kann, empfehlen sich nicht rotationssymmetrische Kontaktlinsen, wenn die Augenvorderfläche eine unregelmäßige Form aufweist.

Die Anpassung von torischen Sklerallinsen

Visser et al. (2006) berichteten, dass bei torischen Sklerallinsen der Druck auf die Sklera gleichmäßiger verteilt werden kann. Dadurch wird die Gesundheit des vorderen Augenabschnitts gewährleistet und der Tragekomfort verbessert. Torische Sklerallinsen sitzen auch stabiler auf dem Auge, weil sie sich in einer Achse auf dem Auge stabilisieren, wie dies auch bei rückflächentorischen sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen der Fall ist. Dennoch empfiehlt es sich, eine



Rotationssymmetrische Sklerallinse auf einer nicht rotationssymmetrischen Sklera.

© Universitair ziekenhuis Antwerpen

Linienmarkierung anzubringen, damit die Kontaktlinsenträger sofort wissen, wie sie die Linse richtig auf dem Auge platzieren. Selbst wenn man torische Sklerallinsen manuell dreht, stabilisieren sie sich, laut Visser, innerhalb von Sekunden wieder in ihrer Ausgangsposition auf dem Auge.

Gewöhnlich ist bei torischen Sklerallinsen die Differenz der Scheiteltiefen in den beiden Hauptmeridianen vom Hersteller vorgegeben. Der erste und kleinste Unterschied zwischen den zwei Hauptmeridianen kann als „torisch 1“, gefolgt von „torisch 2“ etc. bezeichnet werden (was nicht unterschiedliche Dioptrien widerspiegelt, wie dies bei sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen der Fall ist). Wie groß der Unterschied in Mikrometern zwischen den zwei Hauptmeridianen genau ist, hängt vom Kontaktlinsenhersteller ab und wird auch oft

nicht bekannt gegeben. Der Unterschied zwischen den zwei Haupt-Meridianen kann zwischen 100 und 1000 m betragen. Basierend auf theoretischen Überlegungen könnte der Unterschied zwischen den zwei Hauptmeridianen bei einem Durchschnittsauge ohne Weiteres 500 m betragen, weil dies offensichtlich dem Unterschied zwischen den Scheiteltiefen bei einer Durchschnittshornhaut entspricht (s. Kapitel II).

Der Sitz einer torischen Sklerallinse sollte gleich beurteilt werden wie bei einer rotationssymmetrischen Kontaktlinse: Die Auflagezone darf keinen oder nur begrenzt Druck auf die Augenoberfläche ausüben oder absteigen. Wenn der Sitz der Kontaktlinse immer noch nicht zufriedenstellend ist, kann man die Linse mit dem nächst größeren Unterschied zwischen den Scheiteltiefen wählen, und zwar so lange, bis der Sitz zufriedenstellend ist. Erst dann sollte man eine Überrefraktion durchführen und einen optischen Frontzylinder hinzufügen, wenn die Sehschärfe suboptimal ist. Dies kann ohne Prismenballast erfolgen, indem man die Inklination der Kontaktlinse berücksichtigt, um die Zylinderachse zu bestimmen, wie dies auch bei herkömmlichen Korneallinsen gemacht wird (z. B. mit Hilfe der LARS-Regel: links addieren, rechts subtrahieren). Dies eröffnet natürlich auch die Möglichkeit, die Optikzone für andere Unregelmäßigkeiten der Hornhaut zu korrigieren, beispielsweise für die vertikale Koma, die bei Keratokonuspatienten häufig vorkommt.

Der Sitz einer torischen oder quadrantenspezifischen Sklerallinse sollte gleich beurteilt werden wie bei einer rotationssymmetrischen Kontaktlinse: Die Auflagezone darf keinen oder nur begrenzt Druck auf die Augenoberfläche ausüben oder absteigen.

Die Anpassung von quadrantenspezifischen Sklerallinsen

Die Anpassung von quadrantenspezifischen Kontaktlinsen erfolgt gewöhnlich empirisch: Kontaktlinsenanpasser verwenden ein Standardset von Messlinsen und bestimmen den Bereich, in dem die Kontaktlinse am Rand absteht, und wie viel die Kontaktlinse in einem oder in mehreren Quadranten absteigen soll. Dies kann mit Hilfe eines optischen Querschnitts und einem Bezugsparameter wie der Mittendicke der Hornhaut erfolgen. Wenn nur ein Quadrant geändert werden muss, spielt es theoretisch keine Rolle, wo der Hersteller diesen Quadranten festlegt, weil sich die Kontaktlinse auf dem Auge selbst stabilisieren sollte. In der Praxis ist es jedoch so, dass sich diese Kontaktlinsen auf dem Auge nicht viel bewegen. Deshalb wird auf der Linse, wie auch bei torischen Sklerallinsen, eine Markierung angebracht, damit die Kontaktlinsenträger wissen, wie man die Linse sofort richtig aufsetzt. Zu diesem Zweck muss man dem Hersteller angeben, welcher Quadrant geändert werden muss. Wenn mehr als ein Quadrant geändert werden muss (es ist technisch machbar, einen Quadranten steiler und einen anderen flacher zu wählen), muss man die spezifischen Quadranten kennzeichnen. Sehr erfahrene Kontaktlinsenanpasser wären sogar in der Lage, dem Linsenhersteller eine ziemlich genaue Beschreibung der gewünschten quadrantenspezifischen Geometrie zu liefern, beispielsweise folgende: Die Kontaktlinse muss im unteren Segment 100 micrometer und im oberen Segment 200 micrometer flacher sein etc. Wie bei torischen Sklerallinsen kann bei Bedarf auch ein Frontzylinder unter Anwendung der LARS-Regel eingearbeitet werden (siehe oben).

Interessanterweise stabilisieren vordertorische Linsen bei Astigmatismus inversus ohne Stabilisationszone in der geforderten Achse, weil sie in 6 und 12 Uhr dünnere Bereiche haben, wenn die Augenlider parallel stehen. Sind die Lidkanten eher schräg, stabilisiert auch die Linse in dieser Achse. Bei Astigmatismus rectus stabilisieren die Linsen kaum, wenn keine andere Form der Stabilisierung vorliegt. Die besten Anpasserfolge werden bei kaukasischen Augen mit Astigmatismus inversus erzielt.
– Stephen Byrnes

Die Anpassung von vorderflächentorischen Sklerallinsen

Wenn aufgrund der Überrefraktion eine Zylinderkorrektur erforderlich ist, jedoch keine Torizität auf der Hornhaut vorliegt, ist u. U. eine vorderflächentorische Sklerallinse angebracht. Diese Linsen müssen, so wie auch vorderflächentorische sauerstoffdurchlässige Korneallinsen oder torische Weichlinsen, irgendwie auf dem Auge stabilisiert werden. Zur Stabilisierung von vorderflächentorischen Linsen auf dem Auge werden Geometrien verwendet, die am oberen und unteren Linsenrand dünner sind. Der Druck der Augenlider kann einen Einfluss auf die Drehung der Linse und deren Inklination haben. Bei der Bestellung dieser Linsen muss man, wie bei herkömmlichen Korneallinsen, die Zylinderachse (z. B. mit Hilfe der LARS-Regel) bestimmen.

Beweglichkeit der Kontaktlinse

Im Normalfall bewegen sich Sklerallinsen auf dem Auge nicht; größere Sklerallinsen sind ein wenig beweglicher. Wenn man die Linse mit leichtem Druck nach oben schiebt, sollte sie im Idealfall beweglich sein. Eine spontane Bewegung der Linse beim Lidschlag erfolgt selten. Wenn sich die Sklerallinse zu sehr auf dem Auge bewegt, kann das sogar ein Problem sein. Im Gegensatz zu Korneallinsen wird bei Sklerallinsen durch die vertikale Bewegung der Linse die Tränenzirkulation nicht verbessert (DePaolis, 2009). Andererseits kann aber eine Sklerallinse, die sich zu sehr auf dem Auge bewegt, zu einer Verschlechterung des Tragekomforts und Unzufriedenheit bei Kontaktlinsenträgern führen.

Die Auflagezone ist eine wichtige Variable, wenn es um die Beweglichkeit der Sklerallinse geht. Druckstellen in dieser Zone sollten daher vermieden werden. Eine Änderung des Linsenrands muss nicht unbedingt einen Einfluss auf die Beweglichkeit der Linse haben, vor allem dann nicht, wenn Druckstellen vorhanden sind. Sklerallinsen mit einer unzulänglichen Überbrückung des Hornhautapex „schaukeln“ über der Hornhautmitte. Dadurch wird nicht nur die Linse auf dem Auge beweglicher, sondern es verschlechtert sich auch der Tragekomfort und die Dezentrierung der Linse verstärkt sich. Häufig geht die Beweglichkeit der Sklerallinse auch Hand in Hand mit der Torizität der Sklera. In diesem Fall „schaukelt“ die Linse u. U. entlang des flachen Meridians. Wenn man auf eine Sklerallinse mit einer nicht rotationssymmetrischen Geometrie umsteigt, kann die Linse stabilisiert werden.

Überrefraktion

Während der Sklerallinsenanpassung sollte die optische Wirkung kein Hauptaspekt sein. Das erste und wichtigste Ziel ist es, einen optimalen Sitz der Kontaktlinse zu erzielen, was ohnehin schon Herausforderung genug ist. Die Brechkraft ist erst zu einem späteren Zeitpunkt ein Aspekt. Kontaktlinsenanpasser müssen versuchen, Sklerallinsen so anzupassen, dass die Form des vorderen Augenabschnitts berücksichtigt wird. Erst wenn die Linse optimal sitzt, ist eine Überrefraktion

Mithilfe von Pinguecula-Kerben habe ich verhindert, dass sich Sklerallinsen auf dem Auge drehen. Ich platziere die Sklerallinse auf der Achse und bringe eine Markierung an; dann versee ich die Sklerallinse mit Pinguecula-Kerben. Auf diese Weise dreht sich die Sklerallinse auf dem Auge nicht mehr und stabilisiert auf der Achse. Stutzkanten am Unterlid sind keine sehr gute Methode, vorderflächentorische Sklerallinsen auf dem Auge zu stabilisieren.
– Stephen Byrnes



In einigen Fällen ist es u. U. notwendig, erfinderisch zu sein, um Patienten erfolgreich Sklerallinsen anzupassen. Ein Beispiel dafür sind Pinguecula-Kerben. Diese Modifikation kann sogar adaptiert werden, um Patienten mit einer Filtrationsblase eine Sklerallinse anzupassen. – Emily Kachinsky

Eine gut sitzende Sklerallinse, die sich nicht am Auge festsaugt, kann zwar keinen Tränen austausch ermöglichen und dennoch erfolgreich getragen werden. Wenn ein Tränen austausch vorhanden ist, bedeutet das, dass sich die Linse nicht festsaugt. Wenn kein Tränen austausch vorhanden ist, muss sich die Linse nicht zwangsläufig festsaugen. Zu viel Tränen austausch kann u. U. bedeuten, dass Partikel aus den Tränen in das Tränenreservoir gelangen.
– Lynette Johns

durchzuführen. Bei einer Überrefraktion über eine Sklerallinse muss zur Berechnung des Brechwerts der Linse der gefundene Wert ab $+/-4$ dpt auf den Hornhautscheitel 0 umgerechnet werden. Für die Überrefraktion empfehlen manche Kontaktlinsen anpasser die Verwendung von Messbrillen und Probiergläsern anstatt eines Phoropters.

Wenn der Rückflächenradius der endgültigen Sklerallinse von dem der Messlinse abweicht, dann gilt die übliche „Faustregel“ für sauerstoffdurchlässige Korneallinsen: Eine

Radiusänderung von 0,10 mm entspricht einer Brechwertänderung von 0,5 dpt laut SAM/FAP-Regel (SAM – steep add minus, also bei steilem Radius Addition unterkorrigieren; FAP – flatter add plus, d. h. bei flacherem Radius Addition überkorrigieren). Siehe auch optische Zone und die Ausführungen über optische Regeln im Kapitel III dieses Leitfadens.

Kernpunkte:

- Der Gesamtdurchmesser von Sklerallinsen sollte so groß sein, dass das Gewicht der Linse über den gesamten vorderen Augenabschnitt verteilt wird und sich ein ausreichendes Tränenreservoir bilden kann (Schritt 1).
 - Die Möglichkeit, die Hornhaut ausreichend überbrücken zu können, ist der Hauptvorteil von Sklerallinsen (Schritt 2).
 - Es ist wichtig, die Form der Augenvorderfläche zu berücksichtigen, einen Gleichlauf von Auflagezone und Augenvorderfläche zu erreichen (Schritt 3) und dafür zu sorgen, dass der Linsenrand ausreichend absteht (Schritt 4). Es kann jedoch sein, dass dieses Ziel nur mit Hilfe von nicht rotationssymmetrischen Linsengeometrien erreicht wird (Schritt 5).
-

v. Handhabung von Sklerallinsen und Maßnahmen bei Komplikationen im Zusammenhang mit Sklerallinsen

- Wie man Sklerallinsen handhabt, aufbewahrt und pflegt.
- Wie man die häufigsten Komplikationen im Zusammenhang mit Sklerallinsen behandelt.

In diesem Kapitel werden jene Faktoren erörtert, die in Bezug auf den Sitz und das Tragen von Sklerallinsen sowie bei Kontrolluntersuchungen eine Rolle spielen. Im ersten Teil dieses Kapitels liegt der Schwerpunkt auf der Handhabung und Aufbewahrung von Sklerallinsen sowie der Wirkung von Pflegelösungen. Im zweiten Teil werden die häufigsten Komplikationen im Zusammenhang mit Sklerallinsen sowie Behandlungs- und Lösungsansätze aufgezeigt.

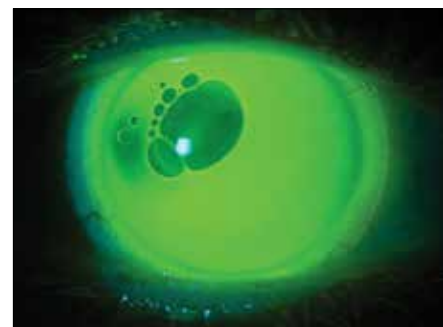
Handhabung, Aufbewahrung und Pflegelösungen

Die Handhabung von Sklerallinsen, vor allem das Aufsetzen der Linsen, ohne Luftblasen zu erzeugen, ist einer der schwierigsten Aspekte bei der Sklerallinsenanpassung – sowohl für Anpasser als auch für Kontaktlinsenträger.

Sklerallinsen aufsetzen

1. Wenn Kontaktlinsenanpasser die Sklerallinse auf das Auge setzen, ist es enorm wichtig sicherzustellen, dass sich das Gesicht des Patienten vollkommen parallel zu einer horizontalen Ebene, gewöhnlich zum Anpassstisch, befindet.
2. Die Sklerallinse sollte beim Aufsetzen vollständig mit Flüssigkeit gefüllt sein.
3. Beim Aufsetzen die Sklerallinse mit dem Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger (eventuell auch mit dem Ringfinger) einer Hand halten. Man kann auch einen Linsensauger verwenden.
4. Mit der anderen Hand das Oberlid leicht anheben, indem man das Augenlid zum oberen Rand des Augapfels schiebt. Die Sklerallinse nun sanft unter das Oberlid schieben.
5. Die Sklerallinse muss in dieser Position bleiben. Während der Patient leicht nach unten blickt, das Unterlid nach unten schieben.
6. Die Sklerallinse nun korrekt auf dem Auge platzieren (es kann dabei Flüssigkeit aus der Linse austreten) und das Unterlid loslassen. Das Unterlid schiebt sich über den unteren Rand der Sklerallinse und die Linse sitzt korrekt auf dem Auge.
7. Jetzt auch das Oberlid loslassen. Wenn ein Linsensauger zum Aufsetzen der Sklerallinse verwendet wird, kann dieser nun entfernt werden.

Zur Sitzbeurteilung sollte die Sklerallinse mit Flüssigkeit und Fluoreszein vollständig gefüllt sein. Bei Fluoreszein ist Vorsicht angebracht, weil es Flecken auf der Kleidung hinterlassen kann. Bei der Anpassung von Sklerallinsen sollte man nach dem Aufsetzen der Linsen 20 bis 30 Minuten warten. Bevor man Patienten jedoch in den Warteraum entlässt, sollte man immer mit der Spaltlampe überprüfen, ob eine ausreichende Hornhautüberbrückung vorhanden ist, ob die Benetzbarkeit der Linsenoberfläche zufriedenstellend ist und ob sich Fremdkörper unter der Sklerallinse befinden. Fremdkörper können Irritationen hervorrufen, müssen aber nicht unbedingt sofort zu einem Fremdkörpergefühl führen (wie dies bei Korneallinsen der Fall ist). Es muss auch sofort überprüft werden, ob Luftblasen vorhanden sind. Ist dies der Fall, dann muss die Sklerallinse erneut aufgesetzt werden.



Luftblase unter der Sklerallinse nach dem Aufsetzen der Linse

Sklerallinsen abnehmen

Es gibt gewöhnlich zwei Methoden, um Sklerallinsen abzunehmen: mit zwei Fingern und/oder mithilfe eines Linsensaugers. Häufig werden Kontaktlinsenträgern beide Methoden erklärt. Erstere Methode dürfte bevorzugt werden, weil kein zusätzliches Hilfsmittel notwendig ist. Wenn diese Methode aus irgendeinem Grund nicht funktioniert, beispielsweise aufgrund des Alters, dann kann man alternativ den Linsensauger zum Abnehmen der Sklerallinsen verwenden.

Sklerallinsen abnehmen mit den Fingern:

1. Patienten anweisen, den Blick leicht nach unten zu richten.
2. Das Unterlid sanft nach außen ziehen und gleichzeitig leichten Druck auf den Augapfel ausüben.
3. Das Unterlid sanft mit dem Zeigefinger unter den unteren Rand der Sklerallinse schieben.
4. Der untere Teil der Sklerallinse löst sich vom Auge und die Linse "fällt" aus dem Auge heraus, möglichst in die geöffnete Handfläche desjenigen, der die Sklerallinse vom Auge nimmt.

Sklerallinsen abnehmen mit dem Linsensauger:

1. Beim Abnehmen der Sklerallinse mithilfe eines Linsensaugers ist folgendermaßen vorzugehen:
2. Den Linsensauger in der unteren Hälfte der Sklerallinse aufsetzen.
3. Wenn der Linsensauger an der Sklerallinse haftet, den Linsensauger leicht ankippen. Dadurch löst sich die Kontaktlinse und lässt sich leicht vom Auge abnehmen.

Beim Abnehmen der Sklerallinse muss man den Unterdruck beseitigen, der unter der Kontaktlinse entstanden ist. Wenn dies mit der Linsensaugermethode nicht gelingt, kann man den Unterdruck auch beseitigen, indem man sanft auf die Sklera neben dem Linsenrand drückt. Die Linsensaugermethode hat den Nachteil, dass die Hornhaut verletzt werden kann, wenn Kontaktlinsenträger versuchen, die Kontaktlinse abzunehmen, obwohl sie die Linse zu dem Zeitpunkt nicht tragen (und dabei den Linsensauger direkt auf die Hornhaut setzen). Vor allem bei Patienten mit einem Hornhauttransplantat können gravierende Folgen auftreten: Es wurde über einzelne Fälle berichtet, in denen das Hornhauttransplantat mit dem Linsensauger angesaugt wurde und eine irreversible Verletzung am Auge entstanden ist.



Es ist äußerst wichtig, dass der Linsensauger beim Abnehmen der Sklerallinse am unteren Rand der Linse angesetzt wird (siehe linkes Bild), damit sich der Linsenrand vom Auge abhebt und der entstandene Unterdruck beseitigt wird. Das verhindert ein Festsaugen der Sklerallinse an der Augenvorderfläche.

Wenn man den Linsensauger in der Mitte der Sklerallinse ansetzt (siehe rechtes Bild), besteht u. U. die Gefahr von gravierenden Augenverletzungen, weil dadurch die Sklerallinse eine enorme Saugwirkung hat. Wenn man dann versucht, die Sklerallinse abzunehmen, kann das für Patienten sehr schmerzhaft sein, eine Abrasion der Hornhaut zur Folge haben oder bei einer Hornhauttransplantation zu einer Transplantatdehiszenz führen.

Eine andere Komplikation könnte auftreten, wenn Kontaktlinsenträger versuchen, mit einem Linsensauger eine Sklerallinse zu entfernen, obwohl sie nicht auf dem Auge ist. Dabei könnte leicht die Hornhaut oder Bindehaut angesaugt werden und in der Folge eine gravierende Verletzung auftreten. In Anbetracht dieser Gefahr ist es besonders wichtig, dass Kontaktlinsenträger vollständig darüber informiert werden, wie man einen Linsensauger richtig verwendet und welche Gefahren u. U. bestehen, wenn Linsensauger nicht korrekt verwendet werden. – Greg De Naeyer

Aufbewahrung und Pflege von Sklerallinsen

Desinfektion

Ein wesentlicher Aspekt, der Sklerallinsenträgern nicht oft genug vor Augen geführt werden kann, ist die Tatsache, dass Sklerallinsen über Nacht nicht in Kochsalzlösung aufbewahrt werden dürfen, weil sonst die Gefahr besteht, dass sich Mikroorganismen bilden und in der Folge das Risiko einer mikrobiellen Keratitis steigt. Sklerallinsenträger sollen stets eine Desinfektionslösung zur Aufbewahrung ihrer Kontaktlinsen verwenden und die Lösung täglich erneuern. Verschiedene Kontaktlinsenanpasser empfehlen für die Pflege von Sklerallinsen entweder die Verwendung einer Desinfektionslösung oder einer Kombilösung für sauerstoffdurchlässige Kontaktlinsen. Pflegesysteme auf Peroxidbasis werden ebenfalls häufig als gute Alternative empfohlen, weil sie neutral und sicher für das Auge sind. Es sind größere Behälter speziell für Sklerallinsen erhältlich. Peroxidsysteme haben jedoch den Nachteil, dass gelegentlich Peroxid ins Auge gelangen und zu Reizungen führen kann. Zudem wird empfohlen, Sklerallinsen nicht länger als eine Nacht in Peroxidlösungen einzulagern, weil eine anhaltende desinfizierende Wirkung nach Neutralisierung der Lösung gewöhnlich nicht mehr gegeben ist.

Sklerallinsen aufsetzen

Die Sklerallinse sollte mit Flüssigkeit gefüllt sein. Von allen Kontaktlinsenanpassern wird am häufigsten Kochsalzlösung ohne Konservierungsmittel empfohlen, wenn man die Sklerallinse auf die Augenoberfläche aufsetzt. In den Vereinigten Staaten ist dies nicht FDA-konform, also behördlich nicht zugelassen. Da der Tränenfilmaustausch unter einer Sklerallinse nur begrenzt erfolgt, ist die Exposition des Auges mit Substanzen unter der Sklerallinse um ein Vielfaches stärker als bei Korneallinsen. Deshalb empfehlen viele Kontaktlinsenanpasser, zum Aufsetzen eine besonders neutrale Lösung zu verwenden. Sogar die in Kochsalzlösungen enthaltenen Puffersubstanzen können, Berichten zufolge, Empfindlichkeitsreaktionen des Auges hervorrufen (Sindt, 2010b).

Da der Tränenfilmaustausch unter einer Sklerallinse nur begrenzt erfolgt, ist die Exposition des Auges mit Substanzen unter der Sklerallinse um ein Vielfaches stärker als bei Korneallinsen. Deshalb empfehlen viele Kontaktlinsenanpasser, zum Aufsetzen eine besonders neutrale Lösung zu verwenden.

Wenn sich auf der Sklerallinse noch Reste der Pflegelösung befinden, müssen diese mit Kochsalzlösung ohne Konservierungsstoffe abgespült werden, bevor die Linse auf das Auge gesetzt wird. So lautet jedenfalls die häufigste Empfehlung von erfahrenen Kontaktlinsenanpassern. Sklerallinsenträger müssen auch darauf hingewiesen werden, dass geöffnete Lösungen ohne Konservierungsstoffe nur sehr begrenzt haltbar und Einzeldosen deshalb besonders zu empfehlen sind. Kontaktlinsenanpasser müssen sicherstellen, dass Sklerallinsenträger darüber informiert sind, dass sie Kochsalzlösung nicht zur Aufbewahrung ihrer Sklerallinsen über Nacht verwenden dürfen. Kochsalzlösungssprays sind zu vermeiden, weil sie häufig zur Bildung von kleinen Luftblasen führen und von Kontaktlinsenträgern als unangenehm empfunden werden.

Benetzbarkeit

Probleme mit der Benetzbarkeit von Sklerallinsen können den Anpasserfolg beeinträchtigen. Berichten zufolge hilft es einigen Sklerallinsenträgern, beim Aufsetzen der Linsen statt der häufig verwendeten Kochsalzlösung eine Aufbewahrungslösung zu verwenden. Bei der Verwendung dieser Lösungen ist jedoch Vorsicht angebracht –sowohl wegen der Viskosität dieser Lösungen als auch wegen der darin enthaltenen Konservierungsmittel. Es wird gewöhnlich nicht empfohlen, die Sklerallinse mit einer Aufbewahrungslösung zu füllen, wenn man die Linse aufsetzt. Einige Kontaktlinsenanpasser empfehlen, die Sklerallinse vorsichtig mit Kochsalzlösung zu füllen, wenn die Linse aus dem Behälter mit der Aufbewahrungslösung genommen wird, damit möglichst viel Kochsalzlösung in der Linse bleibt. Andere Kontaktlinsenanpasser empfehlen, die Sklerallinse vor dem Aufsetzen mit der Aufbewahrungslösung einzureiben, um die Benetzbarkeit zu verbessern (die Linsen sollen aber nicht mit Aufbewahrungslösung gefüllt werden).

Reinigung

Die Reinigung von Sklerallinsen erfolgt normalerweise manuell, wobei Reiniger auf Alkoholbasis häufig bevorzugt werden, weil sie eine positive Wirkung auf die Benetzbarkeit der Linsenoberfläche haben sollen. Es ist wichtig, die Sklerallinse besonders gründlich abzuspolen, damit die Reinigungslösung vollständig entfernt wird. Es wird auch häufig darauf hingewiesen, dass durch eine gelegentliche Reinigung mit einem 2-Phasen-Intensivreiniger, der Natriumhypochlorit und Kaliumbromid enthält, auch Proteinansammlungen effektiv entfernt werden.

Einige Kontaktlinsenanpasser empfehlen, für die Reinigung von Sklerallinsen eine Kombilösung für Weichlinsen zu verwenden. Die reinigende Wirkung dieser Lösungen mag zwar nicht so gut sein wie bei einem Spezialreiniger, ihre Verträglichkeit auf dem Auge ist u. U. aber besser. Allerdings ist die Verwendung einer Weichlinsen-Kombilösung in den USA ebenfalls behördlich nicht zugelassen.

Kontaktlinsenanpassern wird geraten, bezüglich des optimalen Pflegesystems die Herstellerempfehlungen und -richtlinien zu befolgen.

Wenn Sklerallinsen, z. B. Messlinsen und Ersatzlinsen, länger aufbewahrt werden, kann die Aufbewahrung ohne Flüssigkeit erfolgen. Werden diese Linsen dann verwendet, kann die Benetzbarkeit mithilfe eines Reinigers auf Alkoholbasis optimiert werden.

Es wird empfohlen, Sklerallinsen nur am Tag zu tragen. Das Tragen von Sklerallinsen über Nacht kann jedoch indiziert sein (Pullum, 2007), allerdings nur unter besonderen Umständen, beispielsweise bei einer therapeutischen Notwendigkeit, um Schmerzen zu lindern oder die Hornhauthydratation aufrechtzuerhalten. Da erwiesenermaßen beim Tragen von Sklerallinsen über Nacht mehr hypoxische Reaktionen auftreten als beim Tragen am Tag, muss es einen berechtigten Grund dafür geben, das Tragen von Sklerallinsen über Nacht zu verordnen. Beim verlängerten Tragen müssen Sklerallinsen regelmäßig abgenommen werden, um sie zu reinigen und mit neuer Flüssigkeit zu füllen. Einige Kontaktlinsenanpasser arbeiten mit zwei Linsenpaaren, wenn Sklerallinsen auf verlängerter Basis getragen werden: mit einem Paar für den Tag und einem Paar für die Nacht. Während ein Linsenpaar getragen wird, wird das andere Paar gereinigt und desinfiziert.

Sport

Ein häufig genannter Vorteil von Sklerallinsen ist, dass sie für Kraftsportarten sehr gut geeignet sind, vor allem weil ein Verlust, ein Verrutschen oder eine Dezentrierung der Linsen unwahrscheinlich ist. Bei einigen Wassersportarten sind Sklerallinsen aus folgenden Gründen indiziert: Beim Ausüben des Wassersports werden sie nicht herausgespült; sie absorbieren keine Schadstoffe und ändern auch ihre Anpasscharakteristika nicht. Selbst ein Verlust der Linsen unter Wasser ist unwahrscheinlich. Beim Schwimmen mit Kontaktlinsen gelten für Sklerallinsen die gleichen Hygieneaspekte wie für normale Kontaktlinsen. Außerdem muss Sklerallinsenträgern das erhöhte Risiko einer Hornhautinfektion beim Schwimmen mit Kontaktlinsen explizit vor Augen geführt werden.

Kontaktlinsenanpasser müssen wissen, welche Medikamente Sklerallinsenträger einnehmen, weil diese u. U. die Benetzbarkeit verändern und toxische Reaktionen hervorrufen können.
– Jason Jedlicka, 2008

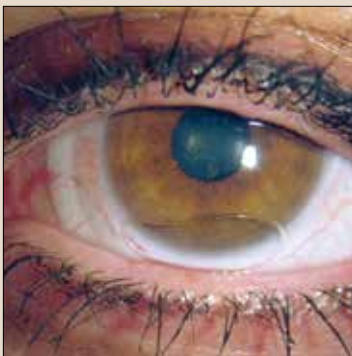
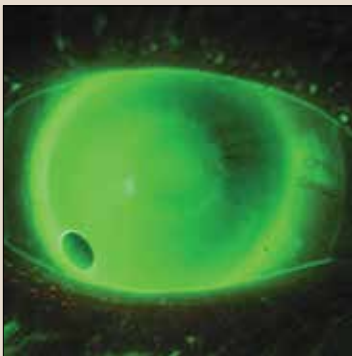
Kernpunkte: Handhabung, Aufbewahrung und Pflegelösungen

- Die richtige Handhabung und das Aufsetzen von Sklerallinsen, ohne Luftblasen zu erzeugen, sind die größten Herausforderungen bei der Anpassung von Sklerallinsen.
 - Kontaktlinsenanpasser müssen Sklerallinsenträger, vor allem jene mit einem Hornhauttransplantat, gründlich und genau unterweisen, wie man die Linsen mithilfe eines Linsensaugers vom Auge nimmt.
 - Es wird empfohlen, für Sklerallinsen besonders neutrale Lösungen zu verwenden, weil die Augenoberfläche von Sklerallinsenträgern sehr lange Substanzen im Tränenreservoir ausgesetzt ist.
-

Komplikationen bei Sklerallinsen

In diesem Abschnitt werden die am häufigsten beschriebenen Komplikationen zusammengefasst, die beim Tragen von Sklerallinsen auftreten können. Die wichtigsten Kernpunkte werden nicht wie in den vorangegangenen Kapiteln am Ende des Kapitels, sondern gleich nach der Beschreibung der jeweiligen Komplikation zusammengefasst.

Ein Anpasserfolg ist dann gegeben, wenn die Linsen komfortabel getragen werden und nach dem Abnehmen der Linsen keine oder nur minimale Anzeichen von Stippungen oder Injektionen vorhanden sind. Frühkomplikationen werden am besten erkannt, nachdem die Sklerallinsen drei bis sechs Stunden lang getragen worden sind. Bei der Kontrolle ist zunächst der Sitz der Sklerallinse auf dem Auge zu überprüfen und nach dem Abnehmen der Linsen darauf zu achten, welche Stippungen vorhanden sind. – Jedlicka et al., 2010b



GREG DENAEYER

Luftblasen unter Sklerallinsen mit einem Durchmesser über 18 mm, die sich nach dem Aufsetzen der Linsen gebildet haben.
– Greg DeNaeyer

Luftblasen

Eine der häufigsten „Komplikationen“ beim Anpassen von Sklerallinsen sind Luftblasen, die unter der Linse eingeschlossen sind und entweder auf falsches Aufsetzen oder einen schlechten Sitz der Sklerallinse zurückgeführt werden können. Diese Luftblasen verursachen u. U. eine Abnahme des Tragekomforts und Sehprobleme; zudem können sie auch zur Bildung von Trockenstellen auf der Hornhaut führen. Wenn falsches Aufsetzen der Sklerallinsen die Ursache von Luftblasen ist, dann handelt es sich um ein Handhabungsproblem, und es wird auf den Abschnitt über Handhabung weiter oben verwiesen.

Wenn der schlechte Sitz der Linse die Ursache für die Luftblasenbildung ist, dann empfiehlt es sich, die Lage und Größe der Luftblasen zu bestimmen. Sollte es häufig zur Bildung von Luftblasen beim Tragen der Linsen kommen, dann ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass diese Komplikation auf den Linsensitz zurückzuführen ist. Tritt dieses Problem jedoch nur selten auf, dann hängt es wahrscheinlich mit der Aufsetzmethode zusammen. Nachfolgend werden Tipps und Tricks angeführt, wie man das Problem der Blasenbildung unter den Linsen angehen kann.

Als erstes sei darauf hingewiesen, dass die Luftblasen verschwinden können, wenn sich die Sklerallinse auf dem Auge ausrichtet. Deshalb sollte man vor der Kontrolle einige Zeit warten. Wenn die Luftblasen jedoch nicht verschwinden, muss man deren Lage bestimmen: Befinden sie sich unter der Linsenmitte, kann man davon ausgehen, dass die Scheiteltiefe zu groß ist und reduziert werden muss. Kleine Luftblasen, die sich bewegen, sind, im Gegensatz zu großen stationären Luftblasen, tolerierbar, vorausgesetzt sie wandern nicht in den Pupillenbereich. Große, stationäre Luftblasen sind in keinem Fall zu akzeptieren.

In der Peripherie der Sklerallinse können Luftblasen bogenförmig sein. Luftblasen bilden sich häufiger temporal als nasal aufgrund der unterschiedlichen Form der Sklera im horizontalen Meridian (s. Kapitel III). Nasal-inferiore Luftblasen können Sklerallinsenträger beim Lesen stören. Luftblasen im Limbusbereich lassen darauf schließen, dass die Überbrückung des Limbus zu groß ist. Dieses Problem löst man, indem man

den Radius der Basiskurve ändert (d. h. die Basiskurve steiler wählt) oder, je nach verwendeter Linsengeometrie, das Profil der Limbusform verkleinert.

Leider sind Luftblasen nicht immer vermeidbar, vor allem dann, wenn die Tränenlinse unregelmäßig ist, wie dies z. B. bei Hornhautektasie der Fall ist. Einige Sklerallinsenanpasser empfehlen, beim Aufsetzen der Linse eine Lösung mit höherer Viskosität zu verwenden, wenn sich beim Aufsetzen ständig Luftblasen bilden. Allerdings ist dabei auf toxische Reaktionen zu achten. Wenn die Luftblasen nicht verschwinden, können auch Sklerallinsen ohne Ventilationsbohrungen sowie kleinere Sklerallinsen ins Auge gefasst werden. Es kann auch hilfreich sein festzustellen, wo genau die Luftblasen unter die Sklerallinse gelangen. An der Stelle, an der die Luftblasen unter die Linse gelangen, findet ein Tränen austausch statt. Häufig sind nicht rotationssymmetrische Linsengeometrien erforderlich, um die Sklerallinse auf dem Auge "abzudichten" und damit die Bildung von Luftblasen unter der Linse zu verhindern. Nähere Details zu torischen und quadrantenspezifischen Sklerallinsen finden sich im Kapitel IV, Schritt 5.

Luftblasen

- Je nach Lage der Luftblasen muss die Überbrückung der Hornhautmitte oder des Limbusbereiches verkleinert werden.
 - Die Verwendung von einer Einsetzlösung mit höherer Viskosität, Sklerallinsen ohne Ventilationsbohrungen und nicht rotationssymmetrischen Sklerallinsen kann bei der Lösung dieses Problems hilfreich sein.
-

Rötung des Augapfels

Wenn im Zusammenhang mit Sklerallinsen eine Rötung des Augapfels auftritt, kann das verschiedene Gründe haben. Zu diesen zählen mechanische Belastung der Bindehaut, Hornhauthypoxie (Ödem), toxische Reaktionen und eine zu feste Auflage der Sklerallinse auf der Hornhaut oder dem Limbusbereich. Gewöhnlich ist dieses Symptom die Folge eines Anpassproblems, das als erstes angegangen werden sollte. Bei Sklerallinsen, die an der Hornhaut anhaften (s. auch den Abschnitt über „Festsaugen von Sklerallinsen“ in diesem Kapitel), kann eine Rötung des Augapfels nach dem Abnehmen der Linsen als so genannter Rebound Effect auftreten. Einige Kontaktlinsenträger reagieren nämlich sehr empfindlich auf mechanische Belastung. In diesen Fällen kann sich die Rötung aber schnell wieder zurückbilden.

Externe Ursachen für die Rötung des Augapfels wie eine mikrobielle Beteiligung und allergische Reaktionen müssen immer ausgeschlossen werden, weil es sein kann, dass die Rötung nicht direkt mit dem Tragen von Kontaktlinsen zusammenhängt. Ein guter Hinweis auf eine externe Ursache ist das Vorhandensein von Zellen in der Vorderkammer des Auges.



SOPHIE TAYLOR-WEST

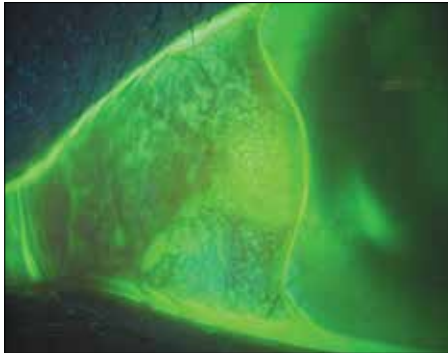
Rötung des Augapfels als Rebound Effect nach dem Abnehmen der Sklerallinse

Rötung des Augapfels

- Eine Rötung des Augapfels kann u. a. ein Hinweis auf einen schlechten Linsensitz oder toxische Reaktionen sein.
 - Externe Ursachen für die Rötung des Augapfels müssen immer ausgeschlossen werden, weil es sein kann, dass die Rötung nicht direkt mit dem Tragen von Kontaktlinsen zusammenhängt.
-

Abblassung und Stippung der Bindehaut

Eine Abblassung der Bindehaut wird durch lokalen Druck auf die Bindehaut verursacht und kann entweder in einzelnen Bereichen oder rund um die Hornhaut auftreten (s. Kapitel IV). Wenn die Abblassung nur in einem



CHRISTINE SINDT

Neuanpassung einer Sklerallinse mit Pinguecula-Kerbe bei entzündeter Pinguecula: links ohne, rechts mit Fluoreszein

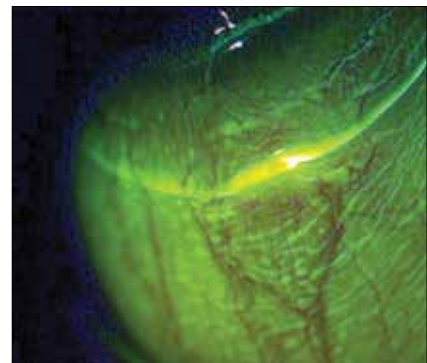
Hornhautbereich vorhanden ist, kann das die Folge einer unregelmäßigen Form der Sklera sein. Ein Pinguecula kann ebenfalls lokalen Druck auf die Bindehaut ausüben und zum Abblassen der Bindehaut führen. In manchen Fällen genügt es, den Rand etwas lockerer anzupassen. Mit einer nicht rotationssymmetrischen Sklerallinse oder einer Pinguecula-Kerbe am Linsenrand dürfte dieses Problem aber eher zu lösen sein.

Eine Abblassung rund um die Hornhaut ist auf eine suboptimale (d. h. zu steile oder flache) Auflage der Linse zurückzuführen. Wenn der gesamte Bereich unter der Sklerallinse abgeblasst ist, empfiehlt es sich, die Auflagezone zu vergrößern, indem man gewöhnlich den Linsendurchmesser größer wählt. Wenn der Linsenrand lokal auf das Bindehautgewebe drückt und dieses einklemmt, kann das nach dem Abnehmen der Sklerallinse zu Stippung der Bindehaut führen. Wenn das Gewebe länger eingeklemmt ist, kann es u. U. zu einer Hypertrophie der Bindehaut kommen. Im Kapitel IV, Schritt 3 des Anpassvorgangs wird auf dieses Problem genauer eingegangen. Da die Hornhaut bei Sklerallinsen überbrückt wird, ist diese von Stippen nicht so direkt betroffen wie die Bindehaut, sodass man Bindehautstippungen häufiger beobachtet als Hornhautstippungen. Manchmal tritt eine Schwellung und Hypertrophie der Bindehaut auf. Gelegentlich beobachtet man auch Verletzungen der Bindehaut (Einrisse), die durch einen scharfen oder beschädigten Kontaktlinsenrand verursacht werden.

Bindehautstippen können die Folge einer steil angepassten Sklerallinse oder möglicherweise eines mechanischen Drucks auf die Bindehaut durch die Auflagezone sein. Je besser sich die Sklerallinse der Form der Sklera anpasst, desto besser verteilt sich der Druck der Linse auf das Auge. In der Folge verringert sich auch das Ausmaß

von Bindehautstippungen, die häufiger im horizontalen Meridian auftreten. Wenn die Stippung unter der Auflagezone vorhanden ist, lässt dies offensichtlich darauf schließen, dass der horizontale Meridian häufig flacher ist. Dadurch ist der mechanische Druck im horizontalen Meridian größer. Wenn dies der Fall ist, dann sind eventuell nicht rotationssymmetrische Sklerallinsen erforderlich.

Wenn die Stippung über den Rand der Sklerallinse hinaus vorhanden ist, was vor allem bei kleineren Sklerallinsen möglich ist, können Exposition der Bindehaut und in der Folge Austrocknung der Bindehaut in der Ätiologie der Bindehautstippung eine Rolle spielen. Bei Trägern von sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen hat man nachgewiesen, dass Trockenheit im nasalen und temporalen Bereich unmittelbar am Linsenrand zu einer stark ausgeprägten Hornhautstippung (bei 3 und 9 Uhr) führt. Bei Sklerallinsen könnte dieses Problem die Bindehaut betreffen. Ein möglicher Lösungsansatz wäre die Anpassung von Sklerallinsen mit einem größeren Durchmesser, damit die Bindehaut abgedeckt werden kann.



LYNETTE JOHNS

Einklemmen des Bindehautgewebes durch eine Sklerallinse (links), was eine lokale Bindehautstippung zur Folge hat (rechts).

Abblassung und Stippung der Bindehaut

- Kann durch eine am Rand zu steil sitzende Sklerallinse oder durch Druck der Auflagezone auf die Bindehaut entstehen.
 - Exposition der Bindehaut kann auch eine Stippung hervorrufen.
-

Lockeres Bindehautgewebe

In manchen Fällen kann lockeres Bindehautgewebe aufgrund des Unterdrucks unter der Sklerallinse angesaugt werden und sich unter der Kontaktlinse ablagern. Manchmal beobachtet man auch im Bereich der Auflagezone und sogar im Bereich der optischen Zone lockeres Bindehautgewebe. Bei Sklerallinsen mit Ventilationsbohrungen kann das lockere Gewebe auch in die Ventilationsöffnungen gelangen. Eine große Ansammlung von Bindegewebe kann chirurgisch entfernt werden; sie ist jedoch häufig rezidivierend (Bartels, 2010). Berichten zufolge treten unter dieser Umstülpung der Bindehaut manchmal Neovaskularisationen auf.



GREG DENAEYER

Lockeres Bindehautgewebe, das durch den Unterdruck unter der Sklerallinse angesaugt wurde und sich unter der Linse angesammelt hat.

Lockeres Bindehautgewebe

- Lockeres Bindehautgewebe kann angesaugt werden und sich unter der Sklerallinse ansammeln.
 - Zu starke Ansammlungen von lockerem Bindehautgewebe unter der Sklerallinse können chirurgisch entfernt werden; sie sind jedoch häufig rezidivierend.
-

Hornhautstippung

Hornhautstippen dürften beim Tragen von Sklerallinsen selten auftreten, vor allem, weil diese Linsen den Großteil der Hornhaut oder die gesamte Hornhaut überbrücken.

Wenn lokal begrenzt Stippen auf der Hornhaut vorhanden sind, sollte man davon ausgehen, dass bei der Handhabung der Sklerallinse ein mechanischer Druck auf die Hornhaut ausgeübt wird. Dieses Problem kann manchmal bei älteren Kontaktlinsenträgern sowie bei Kontaktlinsenträgern mit eingeschränkter Motorik oder mit einer geringen Sehschärfe auftreten. Es kann sein, dass beim Abnehmen der Sklerallinsen die Hornhaut verletzt wird, was u. U. zu einer vertikal verlaufenden Stippung führt.

Bei Sklerallinsen mit Ventilationsbohrungen können übrigens auch die Öffnungen Ursache für Hornhautabrasionen sein, wenn das Tränenreservoir unter der Sklerallinse zu klein ist. Dieses Problem dürfte sich durch eine größere Überbrückung der Hornhaut lösen lassen. Eine weitere mögliche Ursache von Hornhautabrasionen sind beschädigte Sklerallinsen. Es ist erwiesen, dass auch große Luftblasen unter der Sklerallinse lokal begrenzte Trockenstellen und in der Folge Hornhautstippung verursachen können.

Weist die gesamte Hornhaut Stippen auf, kommen toxische Reaktionen oder Hypoxie als mögliche Ursachen in Frage. Da die Hornhaut der Flüssigkeit unter der Sklerallinse eine sehr lange Zeit ausgesetzt ist, muss man bei der Wahl und Verwendung von Linsenpflegesubstanzen besonders vorsichtig sein. Es muss so weit wie möglich dafür gesorgt werden, dass sich nur minimale Mengen an Konservierungsstoffen und anderen Chemikalien in dem Tränenfilm unter der Sklerallinse befinden. Die Hornhaut ist auf diffuse Stippungen zu überprüfen, die sich u. U. auf die gesamte Hornhautoberfläche erstrecken. Die meisten Kontaktlinsenadapter empfehlen, bei jeder Augenuntersuchung immer die Sklerallinse vom Auge zu nehmen und die Augenoberfläche mithilfe von Fluorescein zu untersuchen.

Andererseits beobachtet man bei Sklerallinsen keine der typischen Arten von Hornhautstippung, wie sie bei herkömmlichen Kontaktlinsen auftreten: z. B. Dehydratation bei Weichlinsen und 3- und 9-Uhr-Stippen bei formstabilen sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen. Wenn bei Kontaktlinsenträgern beispielsweise ständig 3- und 9-Uhr-Stippen vorhanden sind, kann ein Umsteigen auf Sklerallinsen indiziert sein.

Hornhautstippung

- *Lokal begrenzte Stippung: Mögliche Ursachen sind Handhabungsprobleme oder linsenbedingte Probleme.*
 - *Stippen auf der gesamten Hornhaut: Als mögliche Ursachen kommen toxische Reaktionen oder Hypoxie in Frage.*
-

Mangelnder Tragekomfort

Auch wenn der hohe Tragekomfort im Allgemeinen als einer der Hauptvorteile von Sklerallinsen angesehen wird, so kommt es doch vor, dass kein Tragekomfort erzielt wird, obwohl die Linsen eigentlich optimal zu sein scheinen. Mögliche Ursachen sind eine Auflage der Linse im Bereich der optischen Zone, eine zu feste Auflage auf dem Limbusbereich oder eine schlecht sitzende Auflagezone. Probleme mit dem Tragekomfort können durch eine Änderung des Linsensitzes behoben werden.

Mit fest sitzenden Sklerallinsen wird zwar nach dem Aufsetzen ein guter Tragekomfort erzielt, Sklerallinsenträger mit Abdrücken/Dellen auf der Sklera, eingeklemmtem Bindehautgewebe und Unterdruck unter der Linse klagen jedoch über Unbehagen nach dem Abnehmen der Linsen und sind häufig nicht mehr in der Lage, die Linsen am nächsten Tag wieder zu tragen (DePaolis, 2009).

Mangelnder Tragekomfort ist oft auch ein Hinweis auf toxische Reaktionen, verursacht durch die in den Pflegelösungen enthaltenen Konservierungsmittel und/oder Partikel aus den Tränen im Tränenreservoir unter der Linse.

Wenn der Tragekomfort gegen Ende des Tages abnimmt, können Nachbenetzungstropfen helfen. Es wird jedoch empfohlen, ausschliesslich Tropfen ohne Konservierungsstoffe zu verwenden.

Mangelnder Tragekomfort

- *Kann mit einem schlechten Sitz der Sklerallinse zusammenhängen, aber nicht immer vermieden werden.*
 - *Könnte auf toxische Reaktionen auf Konservierungsstoffe oder Partikel im Tränenreservoir zurückzuführen sein.*
-

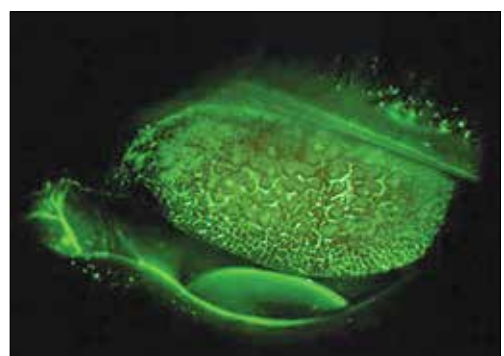
Gigantopapilläre Konjunktivitis

Da Sklerallinsen über länger Zeiträume hinweg getragen werden und es bei diesen Linsen zu Ablagerungen auf der Linsenoberfläche kommen kann, ist es nicht ungewöhnlich, eine Riesenpapillen-Konjunktivitis (in der Fachliteratur auch als gigantopapilläre Konjunktivitis oder kontaktlinsenbedingte papilläre Konjunktivitis bezeichnet) zu beobachten.

Wie es jedoch scheint, ist diese Erkrankung der Bindehaut bei Sklerallinsenträgern auch nicht häufiger als bei Trägern von herkömmlichen Weichlinsen oder formstabilen sauerstoffdurchlässigen Korneallinsen.

Man nimmt an, dass die Ursache eine Kombination von mechanischer Irritation und/oder einer allergischen oder toxischen Reaktion auf Bestandteile in Kontaktlinsenpflegelösungen oder auf denaturierte Proteine auf der Linsenoberfläche ist.

Letzteres kann mechanische Probleme verursachen, weil das Oberlid bei jedem Lidschlag über die „raue“ Oberfläche der Linse gleiten muss. Durch eine ausreichende Linsenhygiene und einen regelmäßigen Austausch der Linsen kann diesen Problemen vorgebeugt werden.



Riesenpapillen-Konjunktivitis bei einem Träger von formstabilen Kontaktlinsen

Eine Riesenpapillen-Konjunktivitis kann aufgrund der sehr starken Ablagerungen auf der Linse zu erheblichen Problemen und zu Benetzungsproblemen führen. Deshalb sollte bei jeder Augenuntersuchung eine Überprüfung auf eine gigantopapilläre Konjunktivitis und gegebenenfalls eine Prophylaxe erfolgen.

Riesenpapillen-Konjunktivitis

- Die Prävalenz ist bei Sklerallinsenträgern offenbar nicht höher als bei Trägern von formstabilen Korneallinsen oder Weichlinsen.
 - Mechanische Irritation und etwaige toxische/allergische Substanzen sind zu vermeiden.
-



Ödem mit Mikrozysten in einem Hornhauttransplantat

Hypoxie und Ödeme

Was die Sauerstoffversorgung betrifft, so muss man trotz der modernen Kontaktlinsenmaterialien Hornhautödeme und die Transparenz der Hornhaut beim Kontaktlinsentragen sehr genau beobachten. Im Kapitel III dieses Leitfadens wird im Abschnitt über Kontaktlinsenmaterialien ausführlich auf den Dk-Wert und den tatsächlichen Dk/t-Wert eingegangen. Heutzutage sind sauerstoffdurchlässige Linsenmaterialien mit einem hohen Dk-Wert auf dem Markt.

Für eine gute Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk/t-Wert) von Sklerallinsen ist jedoch auch die Dicke der Linse von Relevanz. Dünne Linsen haben einen besseren Dk/ t-Wert, sind

aber u. U. problematisch, weil sie sich leichter auf dem Auge verziehen. Es ist auch darüber berichtet worden, dass bei Kontaktlinsen mit einem hohen Dk-Wert eher Probleme bezüglich Ablagerungen, Benetzbarkeit und Eintrübung auftreten. Auf die Reinigung und Pflege der Sklerallinsen sowie einen regelmäßigen Austausch der Linsen ist besonders zu achten.

Damit man die Sauerstoffversorgung beobachten kann, müssen Kontaktlinsenträger instruiert werden, auf eine Verschlechterung der Sehschärfe zu achten, vor allem am Ende des Tages. Neovaskularisationen können zwar auftreten (s. auch den Abschnitt über „Neovaskularisation“ in diesem Kapitel), waren aber eher eine Komplikation, als noch PMMA als Linsenmaterial verwendet wurde.

Wenn sich im Limbusbereich ein Ödem bildet, ist dies wohl häufiger auf mechanische Belastung oder Linsenfest Sitz (Sindt, 2010a) zurückzuführen, weil die Sauerstoffversorgung über das Gefäßsystem des Limbus erfolgt. Wenn Druck auf den Limbusbereich die Ursache des Ödems ist, sollte man die Überbrückung des Limbusbereichs vergrößern. Wenn sich das Problem dadurch nicht lösen lässt, sollte man alternativ andere Optionen in Erwägung ziehen wie formstabile Korneallinsen, Huckepack-Systeme oder Hybridlinsen. Eine geringe Anzahl an Endothelzellen dürfte einer der wenigen Befunde sein, bei denen das Tragen von Sklerallinsen kontraindiziert ist, weil das Endothel für eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Hornhaut hauptverantwortlich ist. Berichten zufolge beginnen die Probleme bei einer Anzahl von weniger als 800 Endothelzellen/mm² (Sindt, 2010a); bei < 1000 Endothelzellen/mm² ist besondere Sorgfalt angebracht und von einer Sklerallinsenanpassung u. U. abzuraten, um Ödembildung zu vermeiden. Bei einer Fuchs-Dystrophie im fortgeschrittenen Stadium dürften Sklerallinsen ebenfalls kontraindiziert sein. Bei Fällen mit einem Hornhauttransplantat, in denen die Gefahr einer Abstoßung des Transplantats besteht, ist Vorsicht geboten: Die Sklerallinse kann das Abstoßungsproblem auslösen und Ursache für das Auftreten von größeren Problemen sein. Besonders in diesen Fällen muss man auf ein Anschwellen des Transplantats achten, das Patienten als Halo in Regenbogenfarben rund um Lichtquellen (Sattlerscher Schleier) und Kontaktlinsenanpasser als Hornhautautödem mit Mikrozysten wahrnehmen. Es ist auf jeden Fall sicherzustellen, dass Sklerallinsen mit einem hohen Dk/t-Wert und einer ausreichenden Hornhautüberbrückung angepasst werden, eventuell Linsen mit Ventilationsbohrungen verwendet werden (weil diese die Hornhaut mit mehr Sauerstoff versorgen) bzw. das Linsentragen eingestellt wird.



CHRISTINE SINDT

Ein zweijähriges Kleinkind mit einer neurotrophen Keratitis nach Resektion eines anaplastischen Ependymoms, die eine Lähmung des 5., 6. und 7. Hirnnervs zur Folge hatte. Bevor dem Kind eine Sklerallinse zum Schutz des Auges angepasst worden war, litt es an chronischen Augeninfektionen. Auffallend ist die große Narbenerhebung im linken Bild. Das rechte Bild zeigt das Auge mit der erfolgreich angepassten Sklerallinse.
– Chistine Sindt

Hypoxie und Ödeme

- Zur Vermeidung von Hornhautödemen sind Sklerallinsen aus einem Material mit einem hohen Dk/t-Wert in Betracht zu ziehen.
- Ödeme im Limbusbereich sind eher die Folge von mechanischer Belastung oder einem Festsaugen der Sklerallinse.

Festsaugen der Sklerallinse

Ein Festsitzen von Sklerallinsen beobachtet man nicht sehr oft, es kann aber vorkommen, vor allem nach längerer Tragedauer. Wenn die Sklerallinse am Auge festsitzt, verschlechtert sich der Tragekomfort merklich und in der Folge verkürzt sich die Tragezeit. Wenn man hier nicht reagiert, kann sich das erheblich auf die Gesundheit des Auges auswirken. In sehr seltenen Fällen, vor allem bei Kontaktlinsenträgern mit einer sehr empfindlichen Hornhaut wie bei Hornhauttransplantaten, könnte das Auge geschädigt werden, wenn eine Sklerallinse durch den Unterdruck unter der Linse angesaugt wird.

Sklerallinsen haften stärker am Auge, wenn die Überbrückung der Hornhaut nicht ausreichend gegeben ist. In diesem Fall empfiehlt es sich, eine größere Scheiteltiefe zu wählen. Ein Festsaugen der Sklerallinse tritt häufiger auf, wenn die Linse den Tränen austausch vollständig unterbindet, d. h. sozusagen komplett „abdichtet“. Auch bei Befunden mit trockenem Auge wie dem Sjögren-Syndrom saugen sich Linsen häufiger fest. Dieses Problem kann man lösen, indem man den Linsensitz überprüft, um festzustellen, ob die Linse zu viel Druck auf die Bindehaut ausübt. Ein Verbiegen der Sklerallinse kann eine weitere Ursache für ein Festsaugen der Linse am Auge sein. Wenn man eine dickere Sklerallinse wählt, kann man diesem Problem vorbeugen. Benetzungstropfen und eine zusätzliche Reinigung der Sklerallinse während des Tages soll bei diesem Problem helfen. Mithilfe von Ventilationsbohrungen kann ein zu starker Druck ebenfalls verringert werden. Wenn eine Sklerallinse, die am Auge festsitzt, vom Auge genommen wird, drückt man zuerst auf den Augapfel, um die festsitzende Linse zu lockern und Flüssigkeit unter die Linse zu leiten.

Ein Festsitzen der Sklerallinse kann auch bei einer Schwellung der Bindehaut auftreten: Die Sklerallinse sinkt in den Bindehautsack. Manchmal ist die Schwellung der Bindehaut auf eine unzureichende Überbrückung des Limbusbereiches zurückzuführen.

Festsagen der Sklerallinse

- Dieses Problem tritt eher bei einer unzureichenden Überbrückung der Hornhaut und bei Befunden mit trockenem Auge auf.
 - Als Vorgangsweise wird empfohlen, den Linsensitz oder die Linsendicke zu ändern und/oder auf Sklerallinsen mit Ventilationsbohrungen umzusteigen, Benetzungstropfen zu verwenden und die Linsen während des Tages zusätzlich zu reinigen.
-

Mikrobielle Keratitis und Hornhautinfiltrate

Es wird in Berichten immer wieder hervorgehoben, dass eine mikrobielle Keratitis bei Trägern von formstabilen Kontaktlinsen sehr selten vorkommt. Dies scheint auch auf Träger von Sklerallinsen zuzutreffen. Dennoch wurde in einzelnen Fallpräsentationen darauf hingewiesen, dass auch bei diesen Kontaktlinsenträgern Hornhautinfektionen auftreten können. Deshalb sollte auf die Hygiene und die Pflege von Sklerallinsen besonderes Augenmerk gelegt werden (s. den Abschnitt über „Desinfektion“ in diesem Kapitel), vor allem weil die Augenoberfläche bei Sklerallinsenträgern häufig aufgrund der Indikation geschädigt ist.

Es gibt auch Berichte über das Auftreten von Infiltraten bei Sklerallinsenträgern, wobei Infiltrate nicht unbedingt eine Hornhautinfektion bedeuten. Sie sind Teil der Entzündungskaskade, die durch vieles ausgelöst werden kann. Lage, Größe und Fluoreszeinfärbung des Infiltrates sowie Rötung des Augapfels, Schmerzempfinden und Reaktionen in der Vorderkammer sind sehr wichtige Faktoren, wenn eine mikrobielle Ursache von Hornhautentzündungen ausgeschlossen werden soll. Ein mangelnder Tränenfilm unter der Sklerallinse kann zum Teil für die Bildung von Hornhautinfiltraten verantwortlich sein.

Mikrobielle Keratitis und Hornhautinfiltrate

- Bei Trägern von formstabilen Kontaktlinsen ist die Prävalenz gering.
 - Auf die Hygiene und Pflege der Sklerallinsen ist besonderes Augenmerk zu richten, um Infektionen vorzubeugen.
-



LYNETTE JOHNS

Partikel auf und unter der Sklerallinse

Sekretbildung und Ablagerungen

Ein häufiges Problem im Zusammenhang mit dem Tragen von Sklerallinsen ist die Bildung von Sekret im Tränenreservoir unter der Linse. Diese Komplikation ist bei Sklerallinsenträgern mit atopischen Befunden und Erkrankungen der Augenoberfläche sowie nach chirurgischen Eingriffen am Auge weit verbreitet.

Dieses Problem kann sich auf den Tragekomfort und die Sehschärfe auswirken. Einige Sklerallinsenträger müssen ihre Linsen einmal oder zweimal am Tag vom Auge nehmen, manuell reinigen und wieder aufsetzen. Dicke, visköse Pflegelösungen für

formstabile Kontaktlinsen dürften die Ablagerung von Partikeln aus den Tränen unter der Kontaktlinse begünstigen, weshalb sie beim Auftreten dieser Probleme wohl besser nicht verwendet werden. Eine von Visser et al. (2007b) durchgeführte Studie mit Probanden, die große Sklerallinsen trugen, ergab Folgendes: 50 % der Probanden konnten die Sklerallinsen den ganzen Tag tragen, ohne sie vom Auge nehmen zu müssen, während die anderen 50 % ihre Linsen einmal oder zweimal am Tag abnehmen mussten. Bei Probanden mit Symptomen eines trockenen Auges war dieser Prozentsatz höher.

Bei kleineren Sklerallinsen wie Corneo- Sklerallinsen sind Partikel aus den Tränen unter der Linse ein geringeres Problem, wahrscheinlich weil sie ein kleineres Tränenreservoir haben.

Es empfiehlt sich, bei der Erstanpassung mit den Sklerallinsenträgern über eine mögliche zusätzliche Reinigung der Sklerallinsen im Laufe des Tages zu reden. Sie sind eher bereit, diesen zusätzlichen Reinigungsschritt zu akzeptieren, wenn ihnen die Gründe und die Notwendigkeit vorher erklärt wurden. Mit dieser Maßnahme kann die

Tragezeit und auch die Gesamtzufriedenheit mit den Linsen deutlich verbessert werden. Einige Probleme können auch durch einen häufigeren regelmäßigen Austausch der Sklerallinsen gelöst werden.

Wenn es gravierende Probleme mit der Benetzbarkeit der Sklerallinsen und Ablagerungen auf der Linsenvorderfläche gibt, sollte man die Meibomschen Drüsen auf eine Funktionsstörung überprüfen (Sindt, 2010a) und gegebenenfalls die notwendige Behandlung einleiten. Es ist auch zu klären, ob eine Riesenpapillen-Konjunktivitis (s. weiter oben in diesem Kapitel) vorliegt, weil bei diesem Befund eine Neigung zu starken Oberflächenablagerungen gegeben ist. Eine Plasmabehandlung der Sklerallinsen und die Verwendung von Peroxidlösungen werden in diesen Fällen ebenso empfohlen wie eine Reinigung der Linsenvorderfläche mit einem Wattestäbchen. Es ist auch zu überprüfen, ob Sklerallinsenträger andere Oberflächenbehandlungen durchführen, weil diese die Tränenfilmdynamik beeinflussen können.

Sekretbildung und Ablagerung von Partikeln

- *Die Sklerallinsen sollten einmal oder zweimal am Tag zusätzlich gereinigt werden.*
 - *Die Überbrückung der Hornhaut sollte verringert werden.*
-

Neovaskularisation

Neovaskularisationen der Hornhaut sind ein häufiges Problem im Zusammenhang mit Sklerallinsen. Bei Sklerallinsen aus PMMA-Materialien war dieses Problem gravierend, bei den modernen Sklerallinsen tritt es ziemlich selten auf, weil die Linsenmaterialien einen hohen Dk-Wert aufweisen (s. Abschnitt über „Hypoxie“ in diesem Kapitel).

Abgesehen von einer lang andauernden Sauerstoffunterversorgung kann auch eine längere mechanische Belastung die Ursache einer Neovaskularisation der Hornhaut sein. Man muss daher bei jeder Augenuntersuchung immer den Limbusbereich auf Anzeichen von mechanischer Belastung wie Stippung, Abblassung der Bindehaut und Hyperämie überprüfen. Wenn die Sklerallinse über längere Zeiträume hinweg am Auge fest sitzt, kann dies ebenfalls zu einer Neovaskularisation der Hornhaut führen. Es ist auch gelegentlich darüber berichtet worden, dass es unter lockerem Bindehautgewebe (s. den Abschnitt über „lockeres Bindehautgewebe“ weiter oben in diesem Kapitel) zu Neovaskularisation kommt. Lockeres Bindehautgewebe kann unter die Übergangszone der Sklerallinse gesaugt werden, weshalb Sklerallinsenträger bei der Augenuntersuchung genau auf dieses Problem überprüft werden sollen.

Neovaskularisation

- *Neovaskularisation der Hornhaut kann durch Hypoxie verursacht werden.*
 - *Mechanische Belastung, Festsitzen der Sklerallinse am Auge oder lockeres Bindehautgewebe kann ebenfalls zu Neovaskularisation führen.*
-

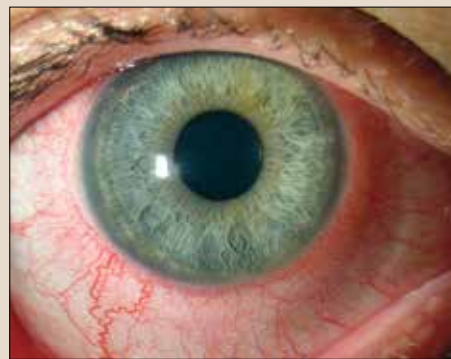
Sehprobleme

Häufig sind Luftblasen unter der Sklerallinse Ursache von Sehproblemen. Sie können monokulare Diplopie verursachen. Dieses Problem kann man lösen, indem man die Sklerallinse vom Auge nimmt und korrekt wieder einsetzt. Sehprobleme können auch auftreten, wenn das Tränenreservoir unter der Sklerallinse zu groß ist. Manchmal kann die Sehschärfe auch verbessert werden, wenn man die Überbrückung der Hornhaut so sehr reduziert, dass die Sklerallinse minimal auf der Hornhaut aufliegt.

Sehprobleme werden häufig auch durch ein vorübergehendes Austrocknen der Linsenoberfläche hervorgerufen. Als Maßnahmen sollten eine zusätzliche Reinigung der Sklerallinsen, die Verwendung von Nachbenetzungslösungen und Aufbewahrungslösungen sowie ein Polieren der Linsenoberfläche oder ein Linsenaustausch in Erwägung gezogen werden. Unscharfsehen nach dem Abnehmen der Linsen kann folgende Ursachen haben: Hypoxie und Ödeme oder eine Verformung der Hornhaut, wenn die



Die Sklerallinse im linken Bild ermöglicht eine gewisse Zirkulation der Tränenflüssigkeit und kann ohne Beschwerden 16 Stunden am Tag getragen werden. Während des Tragens tritt keine Abblassung des Bindehautgewebes auf. Nach dem Abnehmen der Sklerallinse ist ein ringförmiger Abdruck auf dem Auge zu erkennen; es ist jedoch keine Injektion vorhanden (rechtes Bild).



GREG DENAEYER

Bei Sklerallinsen erfolgt ein geringer Austausch der Tränenflüssigkeit. Häufig setzen sie sich auf der skleralen Bindehaut fest und erzeugen einen ringförmigen Abdruck, der nach dem Abnehmen der Linsen sichtbar ist. Solange keine Abblassung des Bindehautgewebes vorhanden ist, ist dieses Phänomen unbedenklich. Wenn jedoch eine starke Abblassung und ein Gefäßstau im Limbusbereich auftreten, lässt dies darauf schließen, dass die Linse vollkommen abdichtet. In der Folge kann die Linse nicht mehr getragen werden. Die Sklerallinse im linken Bild dichtet vollständig ab, was zu starken Injektionen und Irritation führt, wie man im rechten Bild sehen kann. Diese Linse kann nur ein paar Stunden getragen werden. Durch eine Abflachung der Auflagezone sitzt die Linse lockerer und kann wieder den ganzen Tag getragen werden. – Greg DeNaeyer

Hornhaut in irgendeiner Weise geschädigt ist. Eine zu hohe Biegsamkeit der Linse auf dem Auge kann zu einem unerwünschten Astigmatismus und zur Verformung der Hornhaut führen. Zur Abklärung sollte eine Hornhauttopografie oder Keratometrie über der Linse durchgeführt werden, um die optische Qualität der Linsenvorderfläche zu überprüfen. Bei anhaltendem Verbiegen der Linse muss auf eine Sklerallinse mit einer größeren Mittendicke umgestiegen werden.

Sehprobleme

- Häufige Ursachen sind Luftblasen unter der Sklerallinse (die durch eine Änderung des Linsensitzes oder der Aufsetztechnik behoben werden können) oder Benetzungsprobleme (Abhilfe durch eine zusätzliche Reinigung).
- Eine zu hohe Biegsamkeit der Linse auf dem Auge führt zu einem Verbiegen der Linse (Abhilfe durch Umsteigen auf eine Linse mit größerer Mittendicke).

Literaturhinweise

- Barr JT, Schechtman KB, Fink BA, Pierce GE, Pensyl CD, Zadnik K, Gordon MO, the CLEK Study Group (1999) Corneal scarring in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) study: baseline prevalence and repeatability of detection. *Cornea*; 18, 34–46
- Bartels MC (2010) personal communication; Deventer Ziekenhuis
- Bennett ES, Barr JT, Szczotka-Flynn LB (2009) Keratoconus. In: *Clinical Manual of Contact Lenses*. Bennett and Henry, Wolters Kluwer. Chapter 18, 468–507
- Bleshoy H, Pullum KW (1988) Corneal response to gas-permeable impression scleral lenses. *Journal of the British Contact Lens Association*; 2, 31–34
- Bokern S, Hoppe M, Bandlitz S (2007) Genauigkeit und Wiederholbarkeit bei der Klassifizierung des corneo-skleral profils. *Die Kontaktlinse*; 7–8, 26–8
- Borderie VM, Touzeau O, Allouch C, Boutboul S, Laroche L (2009) Predicted long-term outcome of corneal transplantation. *Ophthalmology*; 116, 2354–60
- De Brabander J (2002) With an eye on contact lenses — technological advancements in medical and optical applications. PhD thesis; University of Maastricht, the Netherlands
- DeNaeyer G, Breece R (2009) Fitting Techniques for a Scleral Lens Design. *Contact Lens Spectrum*; 1, 34–37
- DeNaeyer G (2010) Modern scleral contact lens fitting. *Contact Lens Spectrum*; 6, 20–5
- DePaolis M, Shovlin J, DeKinder JO, Sindt C (2009) Postsurgical contact Lens fitting. In: *Clinical Manual of Contact Lenses*. Bennett and Henry, Wolters Kluwer. Chapter 19, 508–41
- Doughty MJ, Zaman ML (2000) Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Survey of Ophthalmology*; 5, 367–408
- Douthwaite WA (2006) The contact lens. In: *Contact Lens Optics and Lens Design*. Elsevier. Chapter 2, 27–5
- Duke-Elder S (1961) System of Ophthalmology. *The anatomy of the visual system*, Henry Kimpton.
- Eggink FAGJ, Nuijts RMMA (2007) Revival of the scleral contact lens. *Cataract & Refractive Surgery Today Europe*; 9, 56–7
- Ezekiel D (1983) Gas permeable haptic lenses. *Journal of the British Contact Lens Association*; 6, 158–61
- Gemoules G (2008) A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography. *Eye & Contact Lens*; 3, 80–83
- Graf T (2010) Limbal and anterior scleral shape. Thesis; Faculty of Optik und Mechatronik HTW Aalen, Germany
- Gungor I, Schor K, Rosenthal P, Jacobs DS (2008) The Boston scleral lens in the treatment of pediatric patients. *Journal of AAPOS*; 3, 263–7
- Hussoin T, Carrasquillo KG, Johns L, Rosenthal P, Jacobs DS (2009) The effect of scleral lens eccentricity on vision in patients for corneal ectasia. ARVO poster; 6349
- IACLE - International Association of Contact Lens Educators (2006) contact lens course; module 1 (anterior segment of the eye) and module 9 (special topics)
- Jacobs DS (2008) Update on scleral lenses. *Current Opinion in Ophthalmology*; 19, 298–301
- Jedlicka J (2008) Beyond the limbus: corneoscleral lenses in today's contact lens practice. *Review of Cornea & Contact Lenses*; 4, 14–21

- Jedlicka J, Awad O (2010a) Differences in deep lamellar keratoplasties. *Review of Cornea & Contact Lenses* – online; posted 6/17/10
- Jedlicka J, Johns LK, Byrnes SP (2010b) Scleral contact lens fitting guide. *Contact Lens Spectrum*; 10, 30–36
- Ko L, Maurice D, Ruben M (1970) Fluid exchange under scleral contact lenses in relation to wearing time. *British Journal of Ophthalmology*; 7, 486–89
- Kok JHC, Visser R (1992) Treatment of ocular surface disorders and dry eyes with high gas-permeable scleral lenses. *Cornea*; 6, 518–522
- Lim P, Jacobs DS, Rosenthal P (2009) Treatment of persistent corneal epithelial defects with the Boston ocular surface prosthesis and an antibiotic adjunct. ARVO poster; 6530
- Legerton JA (2010) It's Time to Rethink Mini-Scleral Lenses. *Review of Cornea & Contact Lenses* – online; posted: 4/16/10
- Meier D (1992) Das cornea-skleral-profil – ein Kriterium individueller Kontaktlinsenanpassung. *Die Kontaktlinse*; 10, 4–11
- Millis EAW (2005) Scleral and prosthetic lenses. In: *Medical contact lens practice*. Elsevier. Chapter 12, 121–128
- National Keratoconus Foundation (2010); www.nkcf.org
- Otten H (2010) True Colors – a case report. *I-site newsletter*; Edition 6, posted 6/14/10
- Pickles V (2008) Super-size it! Making a difference with scleral lenses. *Boston Update*; Nov, 1–6
- Pullum K (1997) A study of 530 patients referred for rigid gas permeable scleral contact lens assessment. *Cornea*; 6, 612–622
- Pullum K (2005) Scleral lenses. In: *Clinical Contact Lens Practice*. Philadelphia, USA: Lippincott, Williams and Wilson. Chapter 15, 629–48
- Pullum KW (2007) Scleral contact lenses. In: *Contact Lenses*. Phillips and Speedwell, Elsevier. Chapter 15, 333–353
- Rosenthal P, Cotter JM, Baum J (2000) Treatment of persistent corneal epithelial defect with extended wear of a fluid-ventilated gas-permeable scleral contact lens. *American Journal of Ophthalmology*; 1, 33–41
- Rosenthal P, Cotter J (2003) The Boston scleral lens in the management of severe ocular surface disease. *Ophthalmology Clinics of North America*; 16, 89–93
- Rosenthal P, Baran I, Jacobs DS (2009a). Corneal pain without stain: is it real? *The Ocular Surface*; 1, 28–40
- Rosenthal P (2009b). Evolution of an ocular surface prosthesis. *Contact Lens Spectrum*; 12, 32–38
- Rott-Muff D, Keller U, Hausler M, Spinell M (2001) Das Cornea-Skleral-Profil und seine Auswirkungen auf die Form von Weichlinsen. *Die Kontaktlinse*; 5, 26–34
- Segal O, Barkana Y, Hourovitz D, Behrman S, Kamun Y, Avni I, Zadok D.. Scleral lenses (2003) Scleral contact lenses may help where other modalities fail. *Cornea*; 4, 612–622
- Sindt CW (2008) Basic scleral lens fitting and design. *Contact Lens Spectrum*; 10, 32–36
- Sindt CW (2010a) Scleral lens complications slideshow; www.sclerallens.org/resources
- Sindt CW (2010b) Buffered Saline. Forum at www.sclerallens.org/buffered-saline. Posted 04/19/10
- Smiddy WE, Hamburg TR, Kracher GP, Stark WJ (1988) Keratoconus – contact lens or keratoplasty? *Ophthalmology*; 95, 487–92
- Tan DTH, Pullum KW, Buckley RJ (1995a) Medical application of scleral lenses: 1. A retrospective analysis of 343 cases. *Cornea*; 2, 121–29
- Tan DTH, Pullum KW, Buckley RJ (1995b) Medical application of scleral lenses: 1. Gas permeable applications of scleral contact lenses. *Cornea*; 2, 130–137

- Taylor-West S (2009) Lens file: SoClear. *The Optician*; Nov 6, 32–3
- Van der Worp E, De Brabander J, Jongsma F. Corneal topography (2009) In: *Clinical Manual of Contact Lenses*. Bennett and Henry, Wolters Kluwer. Chapter 3, 48–78
- Van der Worp E (2010a) New technology in contact lens practice. *Contact Lens Spectrum*; 2, 22–29
- Van der Worp E, Graf T, Caroline P (2010b) Exploring beyond the corneal borders. *Contact Lens Spectrum*; 6, 26–32
- Visser ES (1997) Advanced contact lens fitting part five: the scleral contact lens: clinical indications. *The Optician*; Dec 5, 15–20
- Visser ES, Visser R, Van Lier HJ (2006) Advantages of toric scleral lenses. *Optometry & Vision Science*; 4, 233–6
- Visser ES, Visser R, Van Lier HJ, Otten HM (2007a) Modern Scleral Lenses Part I: Clinical Features. *Eye & Contact Lens*; 1, 13–6
- Visser ES, Visser R, Van Lier HJ, Otten HM (2007b) Modern Scleral Lenses Part II: Patient Satisfaction. *Eye & Contact Lens*; 1, 21–5
- Yoon G, Johns L, Tomashevskaya O, Jacobs DS, Rosenthal P (2010) Visual benefit of correcting higher order aberrations in keratoconus with customized scleral lenses. ARVO poster; 3432



Die Scleral Lens Education ist eine nicht Profit orientierte Organisation mit dem Zweck, Kontaktlinsenanpasser in der Lehre und Anpassung von Sklerallinsen aller Geometrien zur visuellen Rehabilitaion bei irregulären Hornhäuten und Erkrankungen der vorderen Augenabschnitte auszubilden. Die SLS unterstützt die öffentliche Aufklärung über die Vorteile und die Verfügbarkeit von Sklerallinsen.

SLS ist eine internationale Gesellschaft für optometrisches Fachpersonal, welches Sklerallinsen entwickelt und anpasst. Die Mitgliedschaft bei der SLS ist kostenlos und steht Studenten der Optometrie und Ophthalmologie, Mitgliedern der Contact Lens Society of America, Lehrern und Wissenschaftlern und anderem an Sklerallinsen interessiertem optometrischem Fachpersonal offen. Die SLS unterstützt seine Mitglieder mit Ergebnissen der aktuellen Forschung, didaktischem Material, Fallbeispielen und Seminaren zum Troubleshooting.

Die SLS unterstützt alle Marken und Geometrien von Sklerallinsen.

Zusätzlich zur Mitgliedschaft kann sich optometrisches Fachpersonal, das eine Weiterbildung im Bereich Sklerallinsen nachweisen kann, um den Status des Sklerallinsenspezialisten bewerben und wird dann in der öffentlich einsehbaren Datenbank der Sklerallinsenspezialisten aufgeführt. Weiterhin kann man sich als Fellow der Scleral Lens Society (FSLs) bewerben.

Mehr Informationen finden Sie unter www.sclerallens.org

Dieses Handbuch wurde
durch eine vorbehaltlose
Forschungszuwendung von
Bausch & Lomb gefördert.

BAUSCH + LOMB

Boston®
Materials and Solutions