

Verändert Orthokeratologie die Zukunft?*

Eef van der Worp¹, David Ruston²

Einleitung

Beschleunigte Orthokeratologie, die häufig einfach nur als "Ortho-K" bezeichnet wird, ist eine Korrekturmethode, die mithilfe von formstabilen Kontaktlinsen mit reverser Geometrie Folgendes bewirkt: eine Abflachung der zentralen Hornhautkrümmung, eine Reduzierung der Hornhautexzentrizität und dadurch eine Reduzierung von Kurzsichtigkeit und Astigmatismus mit der Regel. Durch das Tragen der Ortho-K-Linsen im Rahmen eines abgestimmten Trageplans wird diese Hornhautverformung aufrechterhalten. Im Allgemeinen werden Ortho-K-Linsen entweder über Nacht getragen und am Tag vom Auge genommen oder einige Stunden am Tag getragen und in der Nacht entfernt. Man muss sicherstellen, dass die Veränderung, welche die Topografie der Hornhaut erfährt, folgende Charakteristika aufweist: eine zentrale Abflachungszone mit einem Durchmesser von ca. 4–5 mm, eine Zone mit einer konzentrischen Verteilung der Hornhautkrümmung und eine verzerrungsfreie Hornhautperipherie. In dem vorliegenden Artikel werden nicht nur Ortho-K-Anpasstechniken erklärt, sondern auch die Wirkungsweise und Sicherheitsaspekte von Ortho-K-Linsen angesprochen. Es wird zudem beschrieben, wie der Einsatz der Hornhaut-Topografie ein erfolgreiches orthokeratologisches Ergebnis garantiert.

Orthokeratologie kann als eine Korrekturmethode bezeichnet werden, bei der „durch das Tragen formstabiler Kontaktlinsen nach einem bestimmten Trageschema eine zeitlich begrenzte Reduzierung von Myopie erfolgt“. ¹ Diese Methode ist jedoch nicht neu; sie wurde im Jahr 1962 zum ersten Mal von Jessen² beschrieben. Mit dieser Methode konnte man eine Abnahme von Myopie und eine Verbesserung des Sehens ohne Sehhilfe durch eine sukzessive Flächenanpassung von Kontaktlinsen erzielen, indem man entweder den zentralen Rückflächenradius größer wählte [siehe Jessen² und Grant und May³] oder den Durchmesser der zentralen Rückflächenzone kleiner wählte (siehe Coon⁴),

Polse,⁵ Kerns⁶ und Coon⁴ stellten bei ihren Untersuchungen fest, dass sich Ortho-K-Linsen im Vergleich zu konventionellen formstabilen Kontaktlinsen im Durchschnitt nicht viel günstiger auf die Reduzierung der Myopie auswirkten. Bei ihren Studien ermittelten die Forscher eine durchschnittliche Abnahme der Myopie um weitere -0,50 bis -1,00 dpt. Es wurde in diesen Studien jedoch nachgewiesen, dass die Orthokeratologie eine sichere Korrekturmethode ist. Interessanterweise wurde bei 5 von 31 Probanden, die an der Studie von Polse et al.⁵ teilnahmen, ein Myopierückgang von 2,00 dpt oder mehr festgestellt. Dies veranlasste die Forscher zu der Vermutung, dass die Orthokeratologie klinisch von Bedeutung sein könnte, wenn man die verschiedenen Reaktionen der Hornhaut besser verstehen und beeinflussen könnte.

Als Ergebnis der Zusammenarbeit von Wlogyda und Stoyan⁷ in Nordamerika wurden Kontaktlinsen mit reverser Geometrie auf dem Markt eingeführt, mit denen eine sehr beträchtliche und rasche Reduzierung von Myopie orthokeratologisch erreicht werden konnte. Diese Linsen stellten einen wichtigen Fortschritt in der Orthokeratologie dar und machten es möglich, in einem Zeitraum von vier Monaten Myopie um 2,75 dpt zu reduzieren. ⁸ Deshalb wird die Bezeichnung „beschleunigte Orthokeratologie“ häufig für

die moderne Orthokeratologie verwendet. Diese Linsen wurden nach wie vor im zentralen Bereich der Hornhaut flach angepasst, die zweite Kurve war jedoch steiler, um die Dezentrierung zu verhindern, die ansonsten bei flach angepassten Kontaktlinsen erfolgen würde. Erst diese reverse Geometrie ermöglichte eine rasche Veränderung der Hornhautgeometrie.

Es folgten weitere Verbesserungen der beschleunigten Orthokeratologieverfahren. So wurde beispielsweise eine Anpassphilosophie eingeführt, die darauf beruht, dass die Pfeilhöhe der Hornhaut und die Pfeilhöhe der Kontaktlinse aufeinander abgestimmt werden. ⁹ Für eine bestimmte Hornhaut wird analysiert, welche reverse Geometrie am besten geeignet ist, um sowohl einen einigermaßen großen Abflachungsbereich als auch eine gute Linsenzentrierung zu gewährleisten. Zudem werden jetzt in den meisten entwickelten Ländern so genannte Nachttherapien durchgeführt, bei denen die Kontaktlinsen über Nacht getragen werden. Der gewünschte Therapieerfolg, der dadurch erreicht wird, ist ein gutes Sehen ohne Sehhilfe während des Tages. Sowohl Nachttherapien als auch Tagtherapien mit Kontaktlinsen mit reverser Geometrie sind nun von der FDA genehmigt.

Bei Kontaktlinsenanpassern ist das Interesse an der Orthokeratologie auf der ganzen

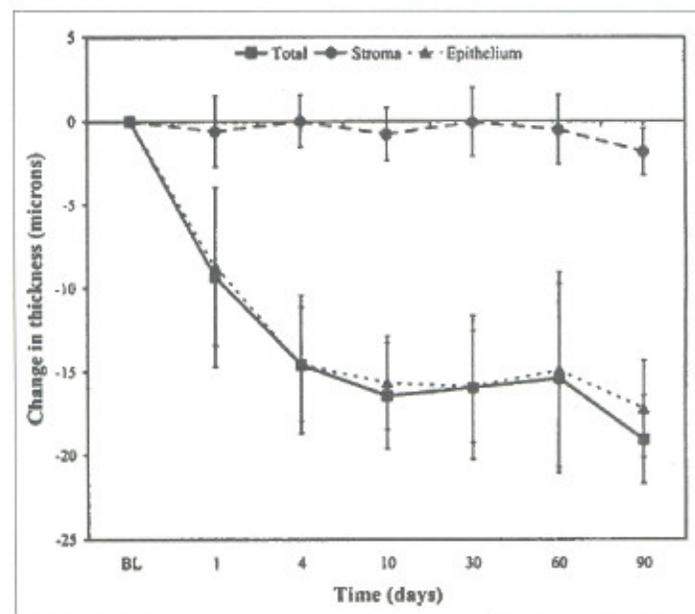


Bild 1: Topographische Änderung der Epitheldicke im Laufe dreier Monate bei Orthokeratologie.¹⁸

* Aus dem Englischen übersetzt von S. Huber

¹BCOptom, FAAO, FICLCE

²BSc, FCOptom, DipCLP, FAAO

Welt unterschiedlich ausgeprägt. In Europa sind wahrscheinlich die Niederlande das Land, in dem diese Korrekturmethode am häufigsten angewandt wird und in den letzten Jahren laut Schätzungen ca. 8 000 Patienten mit Ortho-K-Linsen behandelt wurden.

Die Grundlage der beschleunigten Orthokeratologie ist die Reduzierung von Kurzsichtigkeit mithilfe von gut angepassten gaspermeablen Kontaktlinsen mit reverser Geometrie und einem hohen Dk-Wert, welche die Exzentrizität der Hornhaut verringern und den Scheitelradius der Hornhaut abflachen. Als realistisches Ergebnis kann man bei den derzeitigen Linsengeometrien erwarten, Myopie maximal bis zu $-4,00$ dpt und Astigmatismus mit der Regel [negative Achse horizontal] maximal bis zu $1,50$ dpt korrigieren zu können.

Orthokeratologischer Wirkungsmechanismus

Es besteht nun kein Zweifel darüber, dass während der Orthokeratologie eine Modifizierung der Stärke der Vorderfläche erfolgt. Die Frage ist, ob diese als Folge einer Durchbiegung der Cornea, Verdickung des Stromas, Umverteilung der Epithelzellen oder aufgrund einer Kombination dieser Faktoren auftritt. Derzeit kann man diese Frage nicht hundertprozentig beantworten, aber für die Epithelzellentheorie scheinen am meisten Fakten zu sprechen.

In ihrer Studie untersuchten Swarbrick et al.¹⁸ bei 11 Augen (6 Probanden) die Dicke des Hornhautepithels sowohl im Zentrum als auch in der Peripherie der Hornhaut. Den Probanden wurden die Original-Contex-Linsen mit reverser Geometrie für Tagestragen angepasst. Die Probanden wurden einen Monat lang behandelt und untersucht. Während dieser Zeit wurde eine durchschnittliche Abnahme der Myopie von $1,71$ dpt \pm $0,59$ dpt festgestellt. Die Daten über die Epitheldicke zeigten im Zentrum der Cornea eine durchschnittliche Verdünnung von 8 Mikron auf, was erst am 28. Tag der Studie statistisch signifikant war. Es wurde eine Zunahme der Epitheldicke an der Hornhautperipherie registriert, wobei diese Veränderungen aufgrund der inhärenten Variabilität der Daten statistisch nicht signifikant waren. Die Gesamtdicke der Hornhaut nahm nachweislich in der Peripherie zu, was vielleicht darauf hinweist, dass die Dicke des Epithels im Zentrum der Hornhaut abnimmt und an der Peripherie der Hornhaut zunimmt. In Bild 1 ist die Veränderung der Epitheldicke im Laufe der Studie dargestellt.

Swarbrick et al.¹⁸ leiteten von der Munner-

lyn-Formel zur Berechnung des Hornhautabtrags bei Laserchirurgie eine Formel für die Orthokeratologie her, um den Zusammenhang zwischen der potenziellen Refraktionsänderung und dem Durchmesser der abgeflachten Hornhautoberfläche herzustellen. Man nimmt an, dass Orthokeratologie eine Änderung des Epithels bewirkt, bei der im Hornhautzentrum eine Kompression des Epithelgewebes und in der mittleren Hornhautperipherie eine Ausdehnung des Epithelgewebes erfolgt. Caroline¹⁹ hat folgende Theorie aufgestellt: Wenn das maximale Ausmaß der Epithelverdünnung 20 Mikron beträgt (das Epithel hat eine Dicke von 55 Mikron) und die Abflachungszone mindestens 3,5 mm groß ist, dann beträgt die maximale vorhergesagte Myopiekorrektur $-4,40$ dpt.

Choo and Caroline²⁰ gelang es, die Dickenänderungen des Epithels während der Orthokeratologie darzustellen. Bei der orthokeratologischen Myopiekorrektur von Katzenaugen stellten die Forscher fest, dass sich die Epithelzellschicht im Zentrum der Hornhaut verdünnte und in der mittleren Peripherie der Hornhaut verdickte (Bild 2). Bei der orthokeratologischen Hyperopiekorrektur von Katzenaugen registrierten sie einen umgekehrten Effekt (Abnahme der Epitheldicke in der mittleren Hornhautperipherie und Zunahme der Epitheldicke im Zentrum der Hornhaut). Dies legt den Schluss nahe, dass eine Umverteilung von Epithelzellen erfolgt.

Demnach scheint wenig Zweifel daran zu bestehen, dass es während der Orthokeratologie zu einer Epitheländerung kommt; der exakte Mechanismus dieser Änderung ist jedoch noch unbekannt. Die zwei weitverbreitetsten Theorien sind: Umverteilung der Epithelzellen und Kompression des Epithelgewebes. Es wird von vielen angezweifelt, dass Epithelzellen in der Lage sind, ihre festen Verbindungen mit anderen Zellen zu lockern und sich auf der Hornhautoberfläche zu verlagern. Diese Zweifel gründen sich vor allem darauf, dass die Änderungen der Hornhaut scheinbar so schnell nach dem Aufsetzen der Ortho-K-Linsen erfolgen. Studien an der University of New South Wales²¹ haben Folgendes ergeben: Innerhalb von zehn Minuten nach dem Aufsetzen der Linsen erfolgt eine signifikante Abflachung der Hornhaut ($0,61$ dpt \pm $0,35$ dpt; $p = 0,014$), die auf eine Umverteilung des Epithelgewebes als Antwort auf Zugkräfte im Tränenfilm zurückzuführen ist. Insgesamt scheinen 70% der Refraktionsänderung in der ersten Nacht der orthokeratologischen Behandlung zu erfolgen. Es ist kaum zu glauben, dass Epithelzellen in der Lage sind, sich innerhalb einer derart kurzen Zeit

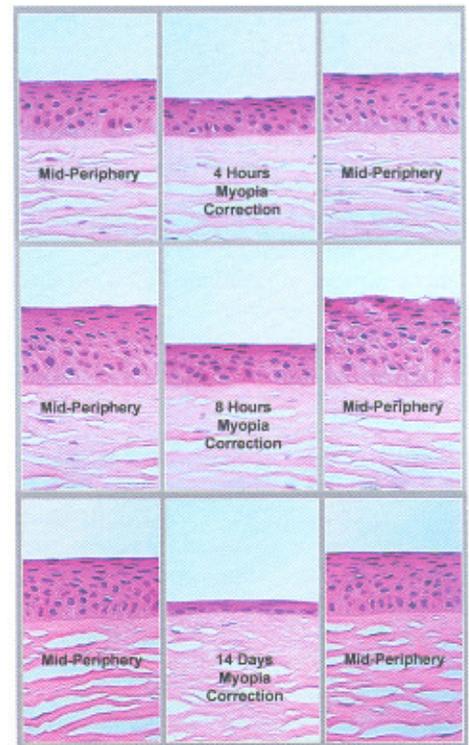


Bild 2: Dickenänderung des Epithels bei Katzenaugen nach 4 Stunden, 8 Stunden und 14 Tagen orthokeratologischer Myopiekorrektur. Mit freundlicher Genehmigung von Jennifer Choo and Patrick Caroline, Pacific University, USA.

umzuverteilen. Wahrscheinlich wirkt die Umverteilung der Epithelzellen mit einer Kompression des Epithelgewebes zusammen. Nach dieser Kompression findet möglicherweise eine Umverteilung von Epithelzellen statt oder eventuell eine Hyperplasie von Epithelzellen in der mittleren Hornhautperipherie bei einer gleichzeitigen Abnahme der Epithelzellen im Zentrum der Hornhaut. Neben Epitheländerungen sind auch Veränderungen des Hornhautstromas festgestellt worden, allerdings nicht auf der gesamten Hornhautoberfläche. Die Ergebnisse der Studie von²² legen den Schluss nahe, dass die Stromaveränderungen in der mittleren Peripherie der Hornhaut erfolgen. Die Ergebnisse von Alharbi und Swarbrick zeigen, dass die Veränderung des Stromas in der mittleren Peripherie der Hornhaut die gesamte Veränderung der Hornhaut vollaufklärt.

Zu dem gleichen Schluss kamen Cho and Caroline²⁰ bei histologischen Studien mit Katzenaugen: Bei Myopiekorrektur erfolgte eine Verdickung des Stromas in der mittleren Peripherie der Hornhaut. Erstaunlicherweise wurden bei einer Katzenhornhaut, die orthokeratologisch einer Hyperopiekorrektur

on unterzogen wurde, die gleiche Änderung festgestellt. Es ist noch nicht bekannt, ob die Veränderungen des Hornhautstromas auf ein Ödem oder einen anderen Mechanismus zurückzuführen sind.

Matsubara²³ untersuchte die Physiologie des Hornhautstromas von Kaninchen und stellte fest, dass Proteoglykane im tiefen Stroma im zentralen Bereich der Hornhaut leicht erhöht waren. Matsubara kam zu dem Schluss, dass nur sehr leichte funktionelle und morphologische Veränderungen bei Corneae von Kaninchen vorhanden waren und dass diese scheinbar nur eine begrenzte Signifikanz hatten.

Wenn man die Wirkungsweise der Orthokeratologie zu erklären versucht, konzentriert man sich hauptsächlich auf Veränderungen der vorderen Hornhaut. Es könnte aber auch die hintere Cornea an der Korrektionswirkung beteiligt sein. Interessanterweise legt eine Untersuchung, die vor kurzem von Owens²⁴ durchgeführt wurde, den Schluss nahe, dass bei der Orthokeratologie eine gewisse Durchbiegung der Hornhaut erfolgt. Bei der Untersuchung von Owens wurde mithilfe des Orbscan Hornhaut-Topografen (mit Scanning Slit Measurement System) die Veränderung der vorderen und hinteren Hornhaut während des ersten Monats mit Ortho-K-Nachtlinse gemessen und ein gewisses Maß an Gesamtdurchbiegung registriert. Modelle der zentralen Hornhaut lassen darauf schließen, dass eine Kombination von Ödembildung und Verformung wahrscheinlich die Änderungen der hinteren Hornhaut erklärt.

Eine andere Studie,²⁵ die vor kurzem durchgeführt wurde, untersuchte Hornhautaberrationen bei Trägern von Ortho-K-Linsen. Es überraschte nicht, dass durch die orthokeratologische Behandlung Aberrationen höherer Ordnung (besonders sphärische Aberrationen) infolge der Verformung der vorderen Augenoberfläche zunahm, wie dies bei refraktiver Laserchirurgie auch der Fall ist. Es wurde jedoch auch festgestellt, dass innere sphärische Aberrationen durch die Orthokeratologie zunahm. Laut den Untersuchern weist dies darauf hin, dass eine gewisse Abflachung der hinteren Hornhaut erfolgt, die für diese Veränderungen verantwortlich ist.

Obwohl das Hornhautendothel durch das Tragen von Kontaktlinsen beeinträchtigt werden kann, haben sich bisher nicht sehr viele Untersuchungen über Orthokeratologie auf diese Hornhautschicht konzentriert. Diejenigen Studien, die sich mit dem Hornhautendothel befassten, konnten keine Änderungen nachweisen. Lin²⁶ beobachtete weder Änderungen der Endothelzelldicke noch mor-

phologische Veränderungen des Endothels in einem Zeitraum von sechs Monaten, in dem Ortho-K-Linsen mit einem hohen Dk/t-Wert getragen wurden.

Zusammenfassend sei gesagt, dass es immer noch nicht völlig klar ist, welche Gewebeänderungen für die orthokeratologisch erzeugte Korrektionswirkung verantwortlich sind. Eine Gesamtdurchbiegung erscheint unwahrscheinlich, obwohl in letzter Zeit ein gewisses Augenmerk auf diese mögliche Ursache gerichtet wird. Sehr wahrscheinlich treten Epitheländerungen zumindest im zentralen Bereich der Hornhaut auf. Als Ursache der Epitheländerung vermutet man eine Umverteilung oder Kompression von Epithelgewebe oder eine Kombination aus beiden Mechanismen oder einen unbekanntem Mechanismus. Eine Beteiligung des Hornhautstromas ist möglich, wahrscheinlich aber nur in der mittleren Peripherie der Hornhaut.

Sicherheit

Welcher Mechanismus auch immer für die orthokeratologische Korrektionswirkung verantwortlich ist, zum Schluss muss fairerweise gesagt werden, dass die Orthokeratologie funktioniert, was die Korrektion von Myopie anlangt. Die vorrangige Frage, die bleibt, ist folgende: Wie sicher ist dieses Verfahren? Um diese Frage beantworten zu können, wird im Folgenden auf Hypoxie (Bindung von Bakterien), Stippungen und Eisenablagerungen in das Hornhautepithel näher eingegangen.

Hypoxie

Unter hypoxischen Bedingungen²⁷ ist die Bindung von Bakterien an das Hornhautepithel wahrscheinlicher. Die Bindung von Bakterien gilt als Risikofaktor für Hornhautinfektionen. Beim geschlossenen Auge wird das Sauerstoffangebot um ein Drittel von 21% auf 7% verringert. Als Ortho-K-Nachtlinsen sollten daher nur Linsen mit einem extrem hohen Dk/t-Wert verwendet werden, auch wenn das Auge während des Tages der gesamten Sauerstoffspannung ausgesetzt ist. Theoretisch sollten diese Linsen demnach sicher sein, wenn sie die Hornhaut mit genügend Sauerstoff versorgen. Wenn man jedoch veröffentlichte Berichte über weltweit aufgetretene Fälle von Hornhautinfektionen studiert, dann scheint sich ein anderes Bild herauszukristallisieren: Weltweit wird über 46 Fälle von Hornhautinfektionen berichtet (siehe Tabelle 1). Die Mehrzahl dieser Fälle ist in asiatischen Ländern aufgetreten, wo die Verhältnisse hinsichtlich Hygiene, Ausbildung der Anpasser, Geräte (kein Hornhaut-

Land	Anzahl der berichteten Fälle
China	21
Taiwan	11
Hongkong	7
Singapur	1
Australien	2
USA/Kanada/GB	3
Europa (Festland)	1

Tabelle 1: Berichtete Fälle von mikrobieller Keratitis²⁸

Topograf, keine Spaltlampe) und Linsenmaterial (es wird von PMMA-Linsen berichtet) hinterfragt werden müssen. In vielen dieser Fälle in Asien wird über Kinder berichtet, weshalb bei jüngeren Ortho-K-Patienten eine ganz spezielle Betreuung und Hygiene angebracht erscheint. Man muss jedoch bedenken, dass allein in China mehr als 400 000 Patienten mit Ortho-K-Linsen versorgt wurden, von denen die Mehrzahl Kinder waren. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Infektionsfälle in Relation zur großen Anzahl von Ortho-K-Patienten betrachtet werden sollte.

In den Niederlanden ist nur von einem Fall von Hornhautinfektion berichtet worden. Basierend allein auf diesen Informationen (mit offensichtlichen Einschränkungen), beträgt die Hornhautinfektionsrate bis heute 1,67:10 000, was der Infektionsrate bei Trägern konventioneller Kontaktlinsen entspricht bzw. nicht über dieser Rate liegt.

Hornhautstippen

Ein weiterer Risikofaktor für Hornhautinfektionen sind Hornhautstippen, die bestmöglich vermieden werden sollten. Es ist allerdings kaum möglich, die Bildung von Hornhautstippen beim Tragen von Kontaktlinsen einschließlich Ortho-K-Linsen zur Gänze zu vermeiden. Wenn Hornhautstippen auftreten, dürfen diese nicht stärker als Grad I (nach der Beurteilungsskala von CCLRU/Efron) ausgeprägt sein, und es muss beobachtet werden, ob die Stippung im Laufe des Tages verschwindet. Eine chronisch feststehende Kontaktlinse kann zu stark ausgeprägten

Visual comfort.

Hornhautstippen führen und auch die Ursache von retrolentalen Partikeln sein. Ein besonderes Augenmerk ist auch auf die Kontaktlinsenpflegelösungen zu richten: Da das Auge unmittelbar nach dem Aufsetzen der Ortho-K-Nachtlinse geschlossen bleibt, ist die Hornhaut dem Konservierungsmittel stärker ausgesetzt.

Luftblasendellen auf der Hornhaut werden bei Ortho-K-Linsenträgern häufig beobachtet. Diese sind auf Luftblasen unter der Linse zurückzuführen, die ein golfballartiges Muster erzeugen. Bei Instillation von Fluoreszein füllen sich diese Druckstellen mit Fluoreszein und ähneln tatsächlichen Hornhautstippen bei geschädigten Hornhautzellen. Soweit man weiß, werden Epithelzellen durch Luftblasendellen nicht geschädigt; sie neigen auch nicht mehr zu Bakterienbindung als geschädigte Zellen. Maßnahmen zur Vermeidung von Luftblasendellen auf der Hornhaut sind nur dann zu ergreifen, wenn die Sehleistung beeinträchtigt wird.

Hornhautstippung als Komplikation bei Orthokeratologie muss relativiert werden: Man muss sich dessen bewusst sein, dass eine der Hauptursachen für Hornhautstippen bei konventionellen RGP-Linsen, nämlich 3- und 9-Uhr-Stippen, bei Ortho-K-Nachtlinsen nicht vorliegt.

Eiseneinlagerungen im Hornhautepithel

Bei Pterygium, filterierenden Blasen, Fremdkörpern, LASIK, PRK, intracornealen Ringen, Keratoplastik, Keratokonus und auch in der Orthokeratologie wird von eisenhaltigen Ablagerungen im Epithel berichtet. Bei Orthokeratologie-Patienten (Bild 3) befinden sich diese nahe dem Bereich, wo die reverse Zone auf der Hornhaut aufliegt. Man glaubt, dass sich die Ablagerungen aufgrund eines statischen Tränenfilms in diesem

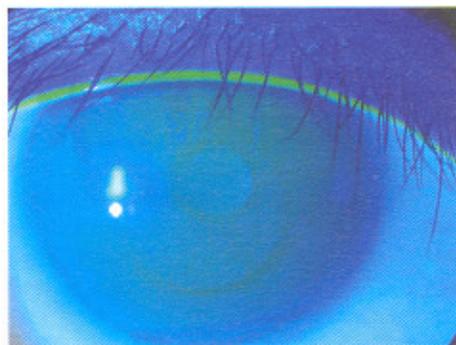
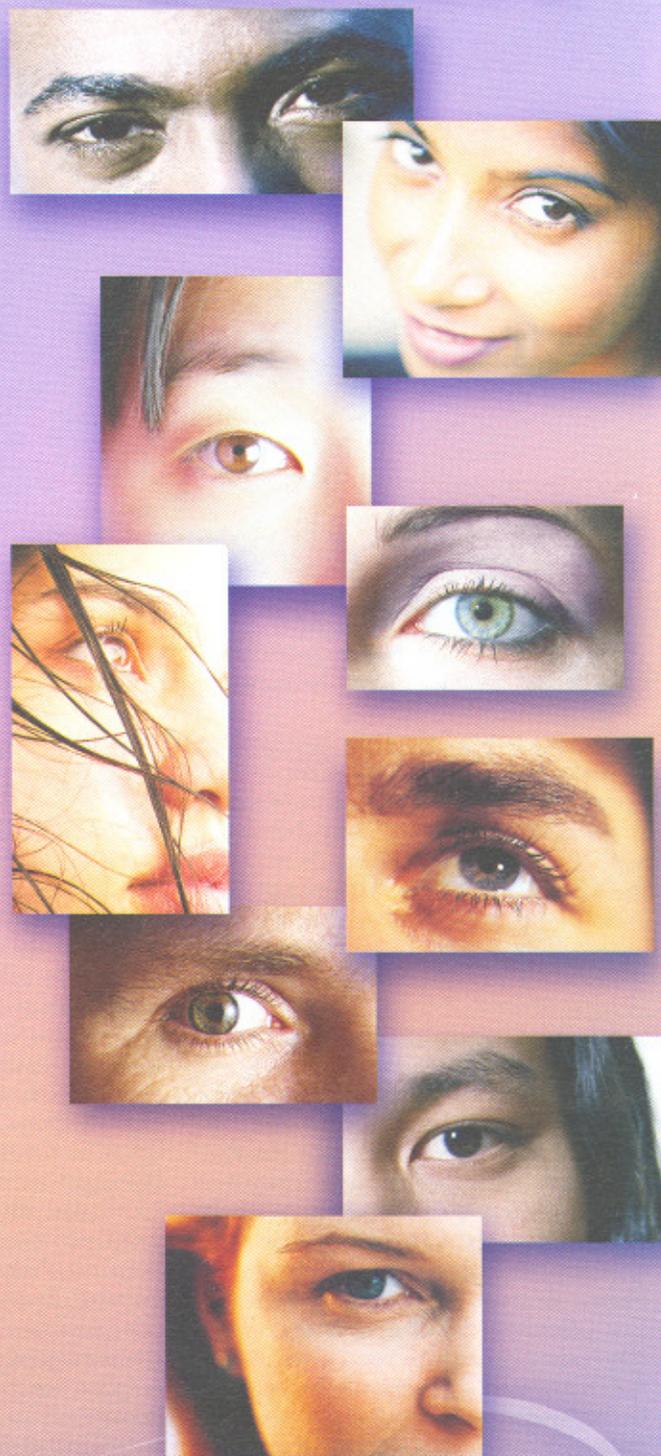


Bild 3: Eiseneinlagerungen im Hornhautepithel bei Orthokeratologie. Mit freundlicher Genehmigung von Pauline Cho, Hong Kong Polytechnic.



Boston[®]



Bereich bilden und dass Epithelzellen in der anfänglichen Verformungsphase zur Aufnahme von Eisen neigen. Das Vorkommen von eisenhaltigen Ablagerungen kann mit dem Ausmaß der Hornhautverformung zusammenhängen. Cho et al.²⁹ und Barr et al.³⁰ haben berichtet, dass die Integrität und Topografie der Hornhaut, abgesehen von bilateral vorhandenen Eisenablagerungen, stabil und klinisch unauffällig waren. Die Forscher kamen zu dem Schluss, dass diese Ablagerungen zwar ein interessanter Befund sind, jedoch die Sehschärfe nicht beeinträchtigen und auch nicht gesundheitlich nachteilig oder progressiv zu sein scheinen.

Hornhauttopographie

Für beschleunigte Orthokeratologie benötigt man unbedingt ein Topografiergerät zur Vermessung der Hornhaut.¹ Ein derartiges Gerät sollte folgende Optionen bieten:

- Manuelle Bearbeitung des Spaltlampenbilds, um den Einfluss von Artefakten zu reduzieren.
- Sequenzen von Differenzbildern eines Patienten, sodass die Wirkung der Behandlung aufgezeigt werden kann (Vergleich der Bilder vor und nach der Behandlung).
- Daten über den Scheitelradius und die Exzentrizität der Hornhaut als Entscheidungshilfe bei der Auswahl der Kontaktlinsen
- Informationen über die Peripherie der Hornhaut einschließlich Ausmaß des Astigmatismus

So wie bei jeder anderen Korrektionsmethode muss man auch bei der Orthokeratologie unbedingt sicherstellen, dass die Hornhaut eine normale Topografie aufweist, bevor mit der Behandlung begonnen wird. Nach der Kontaktlinsenanpassung und einem Probetragen am Tag oder über Nacht wird die Hornhaut erneut topografisch vermessen. Das Differenzbild wird untersucht, welches die Änderung der apikalen Hornhautstärke aufzeigt, die nachweislich mit der Änderung des Refraktionswerts korreliert.⁹ Es muss sehr genau überprüft werden, wie sich die Hornhautform verändert. Dies ist deshalb besonders wichtig, weil eine ungleiche periphere Verteilung oder Kompression der Hornhaut erfolgen kann, wenn die Kontaktlinse auch nur ganz geringfügig dezentriert ist. Beide Folgen sind inakzeptabel und können sogar bei relativ gutem Visus und Tragekomfort auftreten.

Wenn die Orthokeratologie-Behandlung sicher und erfolgreich durchgeführt werden soll, dann ist eine Methode zur Beurteilung der Hornhaut-Topografie unerlässlich.

Verschiedene Ausführungen von Ortho-K-Linsen

Ortho-K-Linsen bestehen grundsätzlich aus folgenden drei Zonen: Erstens, eine zentrale Rückflächenzone, deren Radius auf der angestrebten Refraktionsänderung basiert. Der Tränenfilm, der sich unter dieser Zone bildet, spiegelt die Refraktionsänderung wider. Mit anderen Worten, der Patient ist immer in der Lage, mit der Kontaktlinse auf dem Auge klar zu sehen, sowohl in der Anpassungsphase, als auch in der Nacht oder wenn manchmal eine ausgezeichnete Sehleistung erforderlich ist (z. B. beim Autofahren in der Nacht). Der Durchmesser der optischen Zone der Rückfläche [BOZD] beträgt gewöhnlich 6,00 mm. Die Dicke des Tränenfilms am Hornhautscheitel (TLT) beträgt ca. 5 Mikron (5 mm). Zweitens, eine periphere Kurve oder Zwischenkurve (Alignment-Zone), welche die eigentliche Anpasskurve ist und die Aufgabe hat, für einen zentrischen Sitz der Kontaktlinse zu sorgen, der bei der Orthokeratologie äußerst wichtig ist. Die Kontaktlinse sollte im Gleichlauf mit der Hornhautperipherie angepasst werden. Die peripheren Kurven können sphärisch oder asphärisch sein. Bei manchen modernen Ortho-K-Linsen sind diese Kurven eine variable Tangente, um einen Gleichlauf von Linse und peripherer Cornea zu erzeugen. Durch eine Änderung des Gleichlaufs oder des Tangentenwinkels ändert sich die Pfeilhöhe der Kontaktlinse. Worin sich die meisten auf dem Markt befindlichen Ortho-K-Linsen in ihrer Ausführung hauptsächlich unterscheiden, ist

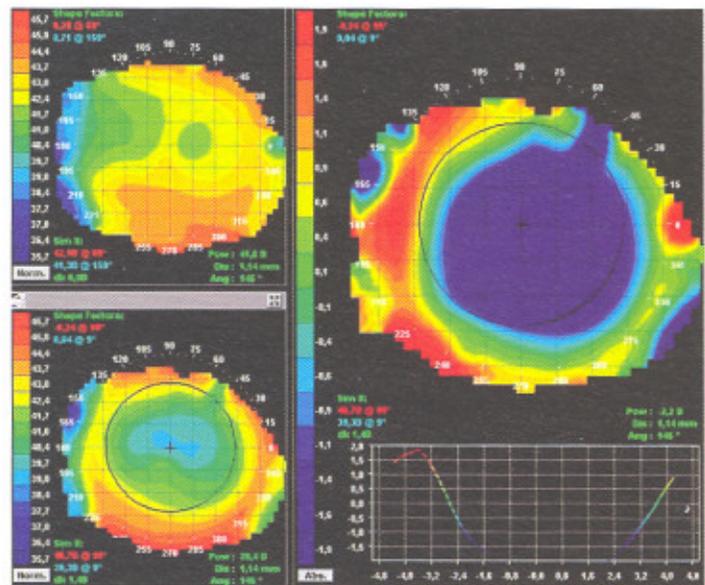


Bild 4: Topogram einer gut angepassten Kontaktlinse.

die reverse Zone, welche die (festgesetzte) Rückflächenzone mit der Alignment-Zone verbindet. Je nach Designkomplexität der reversen Zonen sind derzeit drei-, vier- oder fünfkurvige Orthokeratologie-Linsen erhältlich.

Die Orthokeratologie verfolgt das Ziel, über dem Scheitel der Hornhaut eine ca. 5 Mikron dicke Tränenschicht aufzubauen. Wenn die exakte Scheiteltiefe der Hornhaut bekannt wäre, dann wäre das eine leichte Aufgabe. Leider können Hornhaut-Topografen keine exakte Schätzung der Scheiteltiefe der Cornea machen und liefern entweder eine zu hohe oder eine zu niedrige Schätzung, die vom Kontaktlinsenanpasser manuell korrigiert werden muss, und zwar basierend auf der Beurteilung des Fluoreszeinmusters oder der topografischen Daten nach der Ortho-K-Behandlung. Einige topografische Geräte sind besser in der Lage, zuverlässige und reproduzierbare Daten¹⁰ zu liefern als andere. Es sollten mehrere Vermessungen der Hornhaut erfolgen, um potenzielle fehlerhafte Messungen zu eliminieren und einen Durchschnittswert zu finden.

Ein möglicher Weg, die Exaktheit des Linsensitzes und den gewünschten Behandlungseffekt zu beurteilen, ist eine Untersuchung des Fluoreszeinmusters. Seit der Markteinführung von formstabilen Kontaktlinsen wird der Linsensitz anhand des Fluoreszeinmusters beurteilt. In der klinischen Praxis hat sich diese Methode als äußerst nützlich erwiesen, obwohl das menschliche Auge nur in der Lage ist, Fluoreszeinschichten mit einer Dicke von ca. 20 Mikron oder mehr zu erfassen.^{11,12} Dies bedeutet, dass alles,

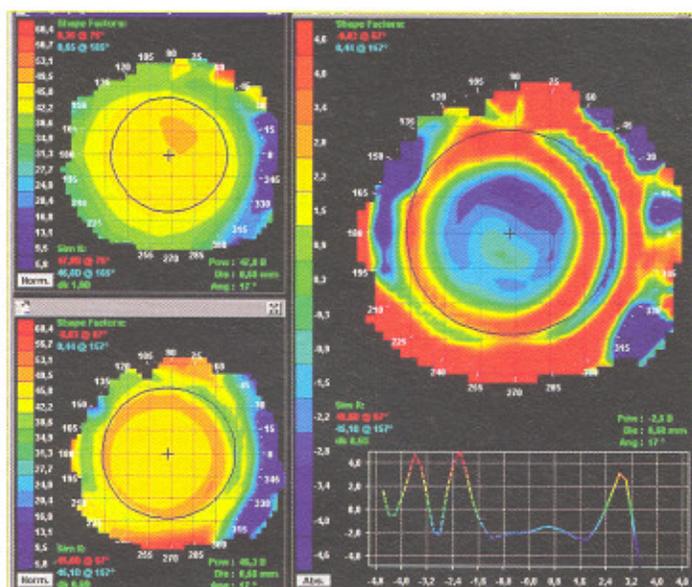


Bild 5: "Inseln" (central islands) innerhalb der Abflachungszone aufgrund einer leichten Steilanpassung.

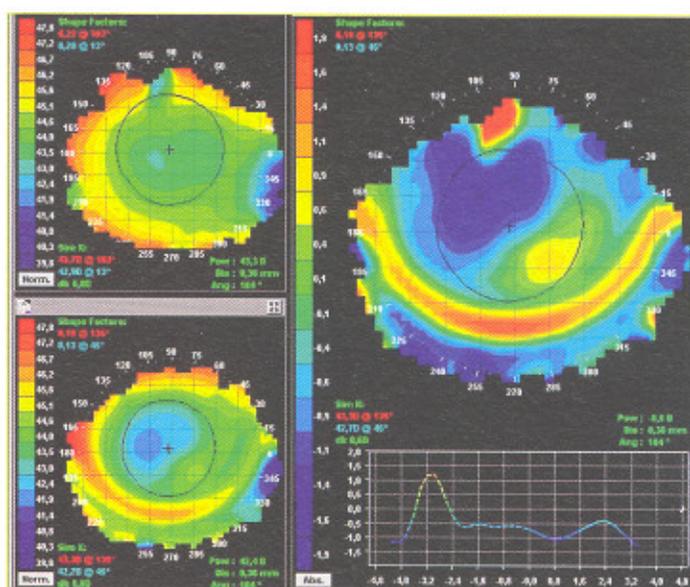


Bild 6: Inferior ist eine Versteilung (Smile-Typus) infolge einer flach angepassten Kontaktlinse sichtbar.

was dünner als 20 Mikron ist, schwarz erscheint. Deshalb ist es sehr schwierig, Ortho-K-Linsen nur basierend auf der Beurteilung des Fluoreszeinsbilds anzupassen. Es kann sehr hilfreich sein, Hornhautveränderungen mithilfe eines Hornhaut-Topografen zu analysieren, wenn man den gewünschten Sitz der Ortho-K-Linse erzielen möchte.

Hersteller von Ortho-K-Linsen

Es gibt viele Linsenausführungen von etlichen Herstellern. Als man verschiedene moderne Ortho-K-Nachtlinse mit reverser Geometrie in einer Studie¹³ miteinander verglich, wurden jedoch keine tiefgreifenden Unterschiede in den Ergebnissen festgestellt. Der Hauptunterschied bestand darin, dass unterschiedliche Anpassungstechniken verwendet wurden. Diese Studie, bei der die Kontaktlinsen Contax, Dreimlens, BE und Reinhart & Reeves verglichen wurden, kam zu folgendem Ergebnis: Die subjektive Beurteilung der Linsen und die Sehschärfe ohne Sehhilfe waren nicht signifikant unterschiedlich. Der einzige minimale Unterschied, der festgestellt wurde, bezog sich auf den Durchmesser der Behandlungszone, der bei der BE-Linse etwas größer war.

Patientenauswahl

Im Allgemeinen sollten geeignete Patienten folgende Kriterien erfüllen:

- Schwache bis mittlere Myopie (-0,75 dpt bis -4,00 dpt), bei der eine Nachtherapie anzuwenden ist.

- Einen für die Pupillengröße geeigneten Durchmesser der Behandlungszone zur Vermeidung von Streulicht.
- Leichter (<1,50 dpt) Astigmatismus mit der Regel und kein Astigmatismus gegen die Regel oder schiefer Astigmatismus, da die derzeitigen Linsengeometrien Astigmatismus gegen die Regel gewöhnlich verstärken und bei der Reduzierung von schiefem Astigmatismus erfolglos zu sein scheinen.
- Astigmatismus (mit der Regel), von dem das Hornhautzentrum betroffen ist, kann man leichter korrigieren als Astigmatismus, der von Limbus zu Limbus verläuft.
- Keine Kontraindikation für das Tragen der Linsen über Nacht, z. B. Diabetes.
- Wenn die Linsen probeweise entweder sechs Stunden am Tag oder über Nacht getragen wurden, sollten bezüglich Physiologie, Refraktionsänderung und Änderung der Hornhaut-Topografie keine negativen Reaktionen auftreten.
- Realistische Erwartungen. Es herrscht ziemlich häufig die falsche Meinung, dass das Tragen der Ortho-K-Linsen zu einem gewissen Zeitpunkt eingestellt werden kann. Die Patienten müssen immer wieder daran erinnert werden, dass die Orthokeratologie derzeit eine reversible Methode ist.
- Obwohl es bei Orthokeratologie-Behandlungen keine Altersgrenze gibt, sollte man bei allen Patienten, insbesondere bei Kindern, besonderes Augenmerk auf Hygiene und Reinigung richten (siehe Kapitel über Sicherheit).

Fluoreszeinmuster

Verglichen mit dem Fluobild einer konventionell nach Gleichlauf angepassten Kontaktlinse, sieht das Fluoreszeinmuster bzw. das Profil des Tränenfilms bei korrekt angepassten Ortho-K-Linsen völlig anders aus. Eine gut sitzende Ortho-K-Linse sollte folgende Merkmale aufweisen:

- Die Linse sitzt perfekt zentriert. Dies ist der Schlüssel zu einem guten Behandlungsergebnis ohne Verzerrung.
- Die Linse sollte sich beim Lidschlag 1 bis 1,50 mm bewegen, je nach Gesamtgröße der Kontaktlinse.
- Eine 3 – 4 mm breite zentrale Auflagezone, wo der Tränenfilm eine Dicke von ca. 5mm dick hat, ist klar erkennbar.
- Es ist eine ringförmige Fluoreszeinansammlung von ca. 60mm Tiefe vorhanden, die als Tränenreservoir bezeichnet wird.
- An die Tränenreservoir-Zone schließt ein ringförmiges peripheres Auflageband an, das einen guten Sitz der Linse gewährleistet. Dieses Auflageband ist ca. 0,75 mm breit und sollte sich zum Linsenrand hin verjüngen.
- Schließlich ist noch eine Abschlusszone vorhanden, die einen leicht abstehenden Rand wie bei einer konventionellen Kontaktlinse (60–70mm) sichtbar machen sollte.
- Tränen fließen durch Linsenperforationen (wenn welche vorhanden sind).
- Das endgültige Fluoreszeinbild und Keratogramm sollten eine gut zentrierte Abfla-

Art der Änderung	Mittelwert (dpt)	Standardabweichung (dpt)
ACP nach 7 Tagen	1,93	0,75
Regression	0,52	0,61
ACP nach 30 Tagen	2,23	0,57
Regression	0,43	0,44
ACP nach 90 Tagen	2,39	0,48
Regression	0,41	0,26

Tabelle 2: ACP-Änderung und Rückgang der Korrektionswirkung (= Regression).¹⁴

chungszone mit einem Durchmesser von ca. 5 mm mit einer peripheren Versteilung zeigen und verzerrungsfrei sein. Periphere Verzerrungen sind nur mit einem Hornhaut-Topografen feststellbar; sollte eine Neuanpassung keine Besserung bringen, dann sollte die Behandlung abgebrochen werden.

Falsche Anpassung von Ortho-K-Linsen

Bild 5 zeigt das Topogram einer Kontaktlinse mit Festsitz, für die folgende Merkmale typisch sind:

- Eine breite zentrale Auflagezone.
- Ein engeres, flacheres Tränenreservoir, das unter Umständen Luftblasen aufweist. Die periphere Auflagezone ist breit und zum Tränenreservoir hin scharf begrenzt.
- Die Linse kann nach unten dezentriert sein.
- Nach dem Abnehmen der Linsen kann das Keratogramm superior eine Versteilung oder "Inseln" (central islands) aufzeigen (siehe Bild 5).

Bild 6 zeigt eine flach angepasste Linse, für die folgende Merkmale typisch sind:

- Eine kleinere zentrale Auflagezone.
- Ein breites Tränenreservoir.
- Die periphere Auflage fehlt teilweise oder ist nur minimal vorhanden.
- Die Linse ist unter Umständen superior oder temporal dezentriert.
- Nach dem Abnehmen der Linse zeigt die Hornhaut-Topografie unter Umständen inferior eine Versteilung (Keratogramm vom sogenannten „Smile“-Typus, da es einem „lächelnden“ Gesicht ähnelt) und eine dezentrierte Abflachung (siehe Bild 6).
- Eventuell treten zentrale Stippungen auf.

Patientenreaktionen

Zu Beginn der Behandlung tragen Patienten, die sich für Orthokeratologie eignen, eine gut sitzende Probelinse über Nacht. Bei der Kontrolluntersuchung stellt man beim typischen Patienten nur eine sehr leichte Veränderung fest: Die Kontaktlinse zeigt Beweglichkeit (in der Regel 1mm) und weist ein etwas weniger deutliches Tränenreservoir auf. 70% der angestrebten Myopiekorrektur sind erreicht worden, was mit einer Verbesserung des Sehens ohne Sehhilfe verbunden ist. Die Hornhaut-Topografie zeigt eine Änderung des Scheitelradius der Hornhaut, die mit der Änderung des Brechwertes und einer Reduzierung der Exzentrizität der Hornhaut übereinstimmt.

Bei modernen Linsenausführungen kann der zentrale Abstand sehr gering sein, vor allem wenn große Refraktionsänderungen erforderlich sind. In diesen Fällen sind weder die topografischen Daten noch Beurteilungen des Linsensitzes anhand des Fluoreszeinmusters exakt genug, um sichergehen zu können, dass dieser minimale Abstand korrekt ist. Der Kontaktlinsenadapter kann nur anhand der topografischen und refraktiven Änderungen, die beim Probetragen erfolgen, beurteilen, ob der Linsensitz korrekt ist. Wenn die topografischen Ergebnisse auf eine falsche Anpassung der Linsen hinweisen (siehe weiter oben), dann wird die Geometrie der bestellte Kontaktlinse modifiziert, um sicherzustellen, dass sie richtig sitzt. Die Anpassänderung ist sehr geringfügig, weil bei der Orthokeratologie Änderungen der Pfeilhöhe der Linse von nur 10 Mikron deutliche Änderungen des Linsensitzes bewirken. Folglich können die vorgenommenen Änderungen minimal sein, aber eine signifikante Auswirkung auf das Ergebnis haben.

Wie lange dauert es, bis der orthokeratologische Effekt eintritt, und wie lange hält er an?

Bei 48 Patienten, die Ortho-K-Linsen mit älterem reversen Design über Nacht trugen, analysierte Mouniford¹⁴ 7, 30 und 90 Tage nach der Erstanpassung die Geschwindigkeit, mit der die Korrektionswirkung im Laufe des Tages abnahm. Mithilfe des EyeSys Hornhautopografen erfolgte eine objektive Messung der Spitzenstärke der Hornhaut (ACP), zunächst nachdem die Probanden die Ortho-K-Linsen am Morgen vom Auge genommen hatten und dann wieder acht Stunden später. Die Kontrollgruppe bestand aus 9 Probanden, die keine Kontaktlinsen trugen und keine signifikante Änderung des ACP-Werts zeigten (0,04 dpt). Die Ergebnisse, die bei den Probanden mit Ortho-K-Linsen ermittelt wurden, sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Somit dauert es bis zu einem Monat, bis der größte Teil der gemessenen ACP-Änderungen (und damit der Myopiekorrektur) erreicht wird, und bis zu drei Monaten, bis die erzeugte Korrektionswirkung in einem Zeitraum von acht Stunden bei einer durchschnittlichen Regression von 0,41 dpt nachlässt. Es treten natürlich individuelle Abweichungen von der durchschnittlichen Regressionsgeschwindigkeit auf, wobei diese aber nahe beim Mittelwert liegen.

Andere Forscher haben die Korrektionswirkung von Ortho-K-Linsen der ersten Generation untersucht. Nichols et al.¹⁷ führten einen Versuch mit Contex-Linsen durch, die von zehn Probanden 60 Tage lang getragen wurden. Acht Probanden beendeten die Studie, bei der eine durchschnittliche Myopiekorrektur von $1,83 \text{ dpt} \pm 1,23 \text{ dpt}$ ohne Komplikationen erzielt wurde. Lui and Edwards¹⁵ kamen zu ähnlichen Ergebnissen, als sie 14 Probanden, die Contex-Linsen trugen, mit einer Kontrollgruppe verglichen, die konventionell angepasste RGP-Linsen trug. In der Gruppe, die Ortho-K-Linsen trug, wurde eine durchschnittliche Myopiekorrektur von $1,50 \text{ dpt} \pm 0,45 \text{ dpt}$ festgestellt, während in der Kontrollgruppe nur $0,1 \text{ dpt} \pm 0,2 \text{ dpt}$ gemessen wurden. Diese Korrektionswirkung ist geringer als jene, die von Mouniford¹⁶, Harris und Stoyan⁸ und in der täglichen Ortho-K-Praxis festgestellt wurde. Wahrscheinlich ist dies darauf zurückzuführen, dass bei den später durchgeführten Studien die Anpassung der Linsen nicht auf einer Änderung der Pfeilhöhe basierte.

Sehqualität bei Orthokeratologie

In der Regel verwenden Ortho-K-Anpasser Snellen-Sehproben mit hohem Kontrast zur

Visuskontrolle nach der orthokeratologischen Behandlung. Nichols et al.¹⁷ haben in ihrer Studie unter Verwendung des Log-Mar (Logarithmus des minimalen Rückbildungswinkels) für die Sehschärfe aufgezeigt, dass bei hohem Kontrast eine äußerst signifikante Verbesserung des Visus zu verzeichnen war. Bis zum 30. Tag der Studie konnten alle Probanden ohne Sehhilfe das Äquivalent von 6/7,5 oder besser lesen, was einer Visusverbesserung um sieben Zeilen entspricht. Bei Tests mit geringem Kontrast wurde eine Sehschärfeverbesserung um sechs Zeilen ermittelt. Die Sehschärfe mit Sehhilfe sollte immer mindestens so gut sein wie der beste korrigierte Visus vor der Ortho-K-Anpassung. Dies ist normalerweise der Fall, sofern nicht durch eine schlechte Anpassung eine Verzerrung der Hornhaut vorhanden ist, die anhand der Beurteilung der topografischen Differenzbilder diagnostiziert werden kann. Patienten klagen selten über Sehprobleme, vorausgesetzt ihr Refraktionsfehler ist durch die Behandlung einigermaßen gut korrigiert worden. Im Vergleich zu Patienten, die sich einer refraktiven Chirurgie unterzogen haben, berichten Ortho-K-Patienten anscheinend sehr selten von schlechtem Sehen bei Nacht und Halos oder Streulicht, was eigentlich trotz der relativ kleinen Behandlungszonen überrascht. Es gibt jedoch keine veröffentlichten Peer-Reviews, die sich mit der Sehqualität von Ortho-K-Patienten befassen. Es wird angenommen, dass der allmähliche Übergang von der zentralen zur peripheren Zone (im Gegensatz zum abrupten Übergang nach Laseroperationen) dafür verantwortlich ist.

Typische Anpassprobleme

- Zentrierung der Linse: Dies ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen orthokeratologischen Behandlung. In der Annahme, dass der Linsensitz optimal ist, wird der Linsendurchmesser erhöht und die Linsengeometrie geändert, um einen entsprechenden Linsensitz zu erzielen.
- Festsitzen der Linse: Ein Festsitzen der Linse über Nacht ist sehr häufig, aber die Linsen haften gewöhnlich nicht sehr lange nach dem Aufwachen fest am Auge. Wenn die Linsen doch haften bleiben, dann muss der Linsensitz mit Benetzungslösung und durch Ausüben von Druck auf die Sklera unterhalb der Linse gelockert werden, wodurch Tränen hinter die Linse sickern können. Besondere Vorsicht ist dabei wegen einer möglicher Kontamination der Benetzungslösung und des Konservierungsmittels geboten (siehe Abschnitt über Stippungen).

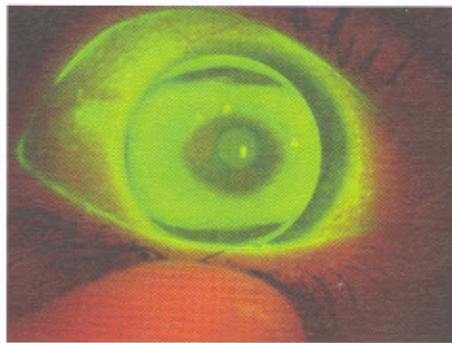


Bild 7: Sitzverhalten einer torischen OK-Linse. Mit freundlicher Genehmigung von Michael Baertschi, Schweiz

- Luftblasen im Tränenreservoir: Dieses Problem weist gewöhnlich auf eine zu steile Anpassung hin, kann aber auch bei gut angepassten Linsen auftreten. Im Laufe der Zeit bilden sich die Luftblasen zurück. Wenn übermäßig viele Luftblasen vorhanden sind, könnte ein kleinerer Linsendurchmesser Abhilfe schaffen.
- Zu starke oder zu geringe Bewegung der Linse: Es empfiehlt sich, nach einer Änderung des Durchmessers der optischen Zone der Rückfläche einen größeren oder kleineren Linsendurchmesser zu wählen.

Tragemodus

Das Tragen der Linsen über Nacht ist derzeit generell die bevorzugte Behandlungsmethode in der Orthokeratologie. Die Patienten tragen die Linsen über Nacht und nehmen sie am Morgen aus dem Auge, sodass sie während des Tages keine Sehhilfe tragen müssen. Dieser Tragemodus ist wohl eher als nächtliches und nicht als verlängertes Tragen zu bezeichnen. Ziel ist es, den ganzen Tag hindurch ohne Sehhilfe eine gute Sehleistung und keine signifikante Regression der Korrektionswirkung zu erzielen. Werden die Ortho-K-Linsen nicht über Nacht getragen, dann wird nach einem Probetragen das Linsentragen während des Tages begonnen und die Tragezeit auf jenes Minimum reduziert, das erforderlich ist, um die Korrektionswirkung aufrechtzuerhalten, nachdem diese erreicht wurde.

Nachbehandlung

Es werden folgende Nachuntersuchungen empfohlen:

- am frühen Morgen nach der ersten Nacht, mit den Kontaktlinsen im Auge
- am frühen Morgen 3–4 Tage später
- am frühen Morgen nach einer Woche, ohne Kontaktlinsen

Der Visus kann zu diesem Zeitpunkt 6/6 betragen. Wenn alles in Ordnung ist, sollten zwei Wochen lang einmal pro Woche und danach einmal im Monat Kontrollen erfolgen. Wenn der Linsensitz nicht perfekt ist, wird eine neue Ortho-K-Linse bestellt.

Wenn die Regression der Korrektionswirkung am Nachmittag ca. +0,25 dpt beträgt, dann kann man in Erwägung ziehen, den Patienten die Linsen nur mehr jede zweite Nacht tragen zu lassen. Der Patient wird am Morgen nach der ersten Nacht, in der er die Ortho-K-Linsen nicht getragen hat, untersucht. Ca. ein Drittel der Ortho-K-Patienten ist in der Lage, innerhalb von zwei Monaten das Tragen der Linsen auf jede zweite Nacht zu reduzieren. Zwecks Bewertungskontinuität ist es wichtig, die Termine für die Kontrolluntersuchungen immer zur gleichen Tageszeit festzusetzen. Um die Restmyopie während des Tages in der Anfangsphase zu reduzieren, können Patienten weiche Tageslinsen oder ihre alte Brille tragen. Manche Anpasser empfehlen, die Ortho-K-Linsen in der Anpassungsphase Tag und Nacht zu tragen, um die Korrektionswirkung zu beschleunigen.

Wenn ein Korrekturerfolg erreicht wurde, das topografische Hornhautbild stabil ist und das Trageschema festgelegt wurde, dann können die Nachuntersuchungen in Abständen von sechs Monaten erfolgen.

Was die Erfolgsquote anlangt, so sind Ortho-K-Anpasser im Allgemeinen zu dem Ergebnis gelangt, dass die Drop-Out-Quote sehr gering ist, wenn ein Patient ein Probetragen über Nacht erfolgreich abgeschlossen hat. Die Autoren haben jedoch die Erfahrung gemacht, dass nur 40% der Patienten, die in die Praxis kommen und sich für Orthokeratologie interessieren, für diese Behandlung auch geeignet sind, und von diesen wiederum ca. 50% nach der Untersuchung die Behandlung beginnen. Jene Patienten, die sich keiner Ortho-K-Behandlung unterziehen, bleiben aber erfreulicherweise bei einem Anpasser, um alternative Korrektionsmethoden zu probieren.

Die Zukunft

Derzeit scheint es möglich zu sein, mithilfe der Orthokeratologie eine Korrektionswirkung von bis zu 4,00 dpt zu bewirken. Die Orthokeratologie scheint eine sichere, reversible Methode zur Reduzierung von Myopie zu sein. Es werden immer neue Linsengeometrien zur Korrektur von Hyperopie und Astigmatismus (Bild 7) entwickelt.

Die Tatsache, dass durch Orthokeratologie keine permanente Korrektionswirkung erfolgt, bringt jedoch viele Patienten davon

ab, sich einer orthokeratologischen Behandlung zu unterziehen. Forscher in Texas, USA, suchen derzeit nach einem Weg, um die Dauerhaftigkeit der orthokeratologisch erzeugten Korrektur zu gewährleisten. Sie verwenden das Enzym Natriumhyaluronidase (Vitrase), um das Hornhautstroma vorübergehend aufzuweichen. Eine gut angepasste Ortho-K-Linse verformt dann die Hornhaut, und sobald eine zufriedenstellende Korrekturwirkung erzielt worden ist, wird ein anderes, derzeit nicht spezifiziertes Enzym in die Hornhaut injiziert, um die Korrekturwirkung zu „fixieren“. Die ersten Berichte darüber sind unterschiedlich, aber sollte sich diese Technik als wirksam und sicher erweisen, dann dürften sich beträchtlich viele neue Patienten für dieses Verfahren interessieren.

Viele Ortho-K-Anpasser sind der Meinung, dass bei Kindern keine Zunahme der Myopie erfolgt und die Orthokeratologie daher eine gewisse stabilisierende Wirkung auf juvenile Myopie hat. Zur Zeit werden gerade Studien durchgeführt, um diese unbelegten Erfahrungen zu bestätigen, bisher stehen aber die Beweise noch aus. Wenn diese Meinung wissenschaftlich untermauert wird, würde die Orthokeratologie deutlich mehr Patienten ansprechen. Gegenwärtig ist das Interesse an einer orthokeratologischen Behandlung im Fernen Osten am größten, wo man vielen Eltern erklärt, dass durch die Orthokeratologie das Fortschreiten der Myopie verlangsamt wird. Mit dieser Argumentation kann man das Interesse an der Orthokeratologie nur dann steigern, wenn man wissenschaftliche Beweise liefern kann.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend sei Folgendes gesagt: Die beschleunigte Orthokeratologie ist eine von mehreren Alternativen, die man Patienten mit mittlerer Myopie und geringgradigem Astigmatismus mit der Regel anbieten kann, die keine Brille oder konventionellen Kontaktlinsen tragen wollen. Die Orthokeratologie ist eine minimal invasive, reversible Technik, die Patienten anspricht, die nicht genau wissen, ob sie sich für eine refraktive Hornhautchirurgie entscheiden sollen oder ob sie für eine derartige Operation noch zu jung sind. Viele Patienten entscheiden sich für eine orthokeratologische Korrektur, weil bei Ortho-K-Linsen Trockene Augen und andere Probleme im Zusammenhang mit dem Tragekomfort ihrer Kontaktlinsen nicht auftreten. Sie empfinden die orthokeratologische Korrektur über Nacht als angenehmer und insgesamt zufriedenstellender als das Tragen konventioneller Kontaktlinsen.

Literatur

[1] Dave, T, Ruston, DM (1998) Current trends in modern orthokeratology. *Ophthalmic Physiol Opt.* 18, 224-233

[2] Jessen, GN (1962) Orthofocus technique. *Contacto* 6 (7): 200-204

[3] Grant, SC, May, CH (1970) Orthokeratology - a therapeutic approach to contact lens procedures. *Contacto* 14(4):3-16

[4] Coon, U (1984) Orthokeratology, Part 2: evaluating the Tabb method. *J. Am. Optom. Assoc.* 55:409-418

[5] Polse, KA, Brand, RJ, Schwalbe, JS (1983) The Berkeley orthokeratology study. Part 2: efficacy and duration. *Am. J. Optom Physiol. Opt.* 60(3):187-198

[6] Kerns, R (1976) Research in Orthokeratology. Parts 1-8. *J. Am. Optom. Assoc.* 47:1047-1051, 1275-1285, 1505-1515; 48:227-238, 345-359, 1134-1147, 1541-1553; 49: 308-314

[7] Wladyga, RJ, Harris, D (1993) Accelerated orthokeratology techniques and procedures manual, part 1. pp 1-7. Chicago: National Eye Research Foundation

[8] Harris, D, Stoyan, N (1992) A new approach to orthokeratology. *Contact Lens Spectrum.* 7(4):37-39

[9] Mountford, JA (1997) Chapter 19 „Orthokeratology“ in *Contact Lenses* by Phillips and Speedwell, London, Butterworth-Heinemann

[10] Cho, P, Lam, AK, Mountford, JA (2002) The performance of four different corneal topographers on normal human corneas and its impact on orthokeratology lens fitting. *Optom Vis Sci.* Mar; 79(3):175-83

[11] Carney, IG, Mainstone, JC, Henderson, BA (1997) Corneal topography and myopia. A cross-sectional study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 38, 311-20

[12] Guillon, M, Sammons, W (1994) Contact lens design. In: Ruben M, Guillon M (eds) *Contact Lens Practice*, pp. 87-112. London: Chapman & Hall

[13] Tahhan, N, Du Toit, R, Papas, E, Chung, H, La Hood, D, Holden, AB (2003) Comparison of reverse-geometry lens designs for overnight orthokeratology. *Optom Vis Sci.* Dec; 80(12):796-804

[14] Mountford, JA (1998) Retention and Regression of Orthokeratology with Time. *KLC* 25:1-6

[15] Nichols, J, Bullimore, M, Marsich, M, Nguyen, M, Barr, J (2000). A prospective study of overnight orthokeratology. *Optom & Vis Sci.* 77 (5), 252-259

[16] Lui, W, Edwards, MH (2000) Orthokeratology in low myopia. Part 1: Efficacy and repeatability. *Contact Lens and Anterior Eye.* 23, 77-89.

[17] Mountford, JA (1997) An analysis of the corneal shape and refractive changes induced by accelerated orthokeratology. *ICLC Vol. 24 July/August:* 128-144

[18] Swarbrick, H, Wong, G, O'Leary, D (1998) Corneal Response to Orthokeratology. *Optom & Vis Sci* 75 (11): 791-799

[19] Caroline, P (2000) Address to British Contact Lens Conference, Birmingham, June

[20] Choo, P, Caroline, P (2004) Morphological changes in cat epithelium following overnight lens wear with the Paragon CRT lens for corneal reshaping. *Global Orthokeratology Symposium, Toronto August*

[21] Sridharan, R, Swarbrick, HA (2003) Corneal response to short-term orthokeratology lens wear. *Optom Vis Sci.* Mar; 80(3):200-6.

[22] Alharbi, A, Swarbrick, HA. (2003) Effects of overnight orthokeratology lens wear on corneal thickness. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* June, vol. 44 No. 6

[23] Matsubara, M (2003) Morphological findings of rabbit cornea produced by orthokeratology lens. Meeting of European Contact Lens Ophthalmologists, Venice May

[24] Owens, H, Garner, IF, Craig, JP, Gamble, G (2004). Posterior corneal changes with orthokeratology *Optom Vis Sci.* Jun; 81(6):421-6

[25] Joslin, C, Wu, S, McMahon, T, Shahidi, M (2003) Higher order wavefront aberrations in corneal refractive therapy. *Optom Vis Sci.* 2003 Dec; 80(12): 805-11.

[26] Lin, JC (2004) The effect of orthokeratology on the morphology of the central and peripheral corneal endothelium. *Global Orthokeratology Symposium, Toronto August*

[27] Cavanagh, D, Ladage, P, Yamamoto, K, Malai, M, Ren, D, Petroll, M, Jester, J (2002) Effects of daily and overnight wear of a novel hyper oxygen-transmissible soft contact lens on bacterial binding and corneal epithelium. *Ophthalmology.* 109(11): 1957 - 1969

[28] Swarbrick, H (2004) Reported occurrences of microbial keratitis. *Global Orthokeratology Symposium, Toronto, August*

[29] Cho, P, Chui, WS, Mountford JA, Cheung, SW (2002) Corneal iron ring associated with orthokeratology lens wear. *Optom Vis Sci.* Sep; 79(9):565-8

[30] Barr, JT, Rah MJ, Jackson, JM, Jones, LA (2003) Orthokeratology and corneal refractive therapy: a review and recent findings *Eye Contact Lens.* Jan; 29(1 Suppl):S49-53; discussion S57-9, S192-4

Die Autoren:

Eef van der Worp und David Ruston
E-Mail: e.v.d.worp@tjg.nl

- Anzeige -

BALANCE:
Die Wellness-Linse sanft wie eine zweite Haut

TEST-LINSEN
0180 546 54 54
oder www.galifa.ch

GALIFA
HOCHLEISTUNGS-CONTACTLINSEN
PERFECTLY MADE IN SWITZERLAND