

Eisenablagerungen in der Hornhaut nach Orthokeratologie*

Andreas Berke**, Peter Bruckmann***

1. Einleitung

Die Orthokeratologie hat sich als ein reversibles Verfahren zur Korrektur der Myopie etablieren können. Es liegen nun Erfahrungen von rund zwei Jahren mit der Orthokeratologie vor. Das Verfahren hat sich, sofern bei der Patientenauswahl strenge Kriterien herangezogen worden sind, als sicher und zuverlässig erwiesen. Es ist daher als eine ernsthafte Alternative zu refraktiv-chirurgischen Verfahren (LASIK, Intraströmale Corneale Ringsegmente) anzusehen. Wie jedes die Hornhaut verändernde Verfahren können auch beim Reshaping der Hornhaut, das der Orthokeratologie zu Grunde liegt, Komplikationen auftreten. Als häufige, wenn auch harmlose Komplikation der Orthokeratologie sind Eisenablagerungen in der Hornhaut anzusehen. Eisenablagerungen werden häufig bei Veränderungen der Hornhauttopographie wie beispielsweise beim Keratokonus, Pterygium, bei Blebs nach Glaukomoperationen oder nach Keratoplastiken beobachtet. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es die Häufigkeit von Eisenablagerungen nach Orthokeratologie und deren Auswirkungen auf das Sehen zu bestimmen.

2. Material und Methoden

Es wurden 64 Augen von 32 Patienten über einen Zeitraum von bis zu 17 Monaten nach Beginn der Orthokeratologie untersucht. Es wurden Orthokeratologie-Linsen von Technolens und ProCornea verwendet. Das mittlere Alter der Studienteilnehmer betrug zu Beginn der Studie $29,2 \pm 5,7$ Jahre. Alle Augen waren mit Ausnahme der Eisenablagerungen unauffällig. Die mittlere Ausgangsrefraktion aller 64 Augen lag zu Beginn der Untersuchung bei $3,25 \pm 1,25$ dpt.

*Vortrag gehalten auf dem 2 GOS-Symposium in Toronto 22. bis 25. Juli 2004

**Dr. rer. nat.

***Optometrist (Staatl. gepr. Augenoptiker)

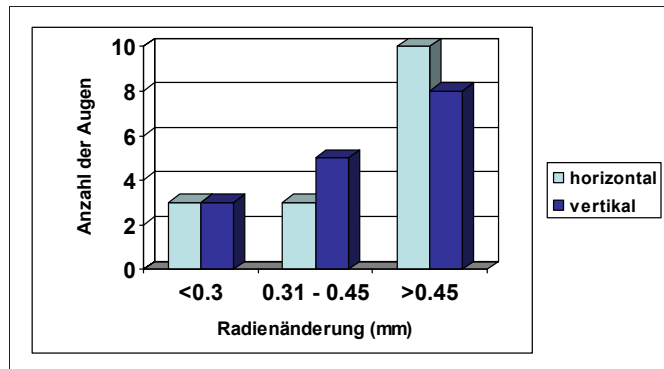


Bild 1: Eisenablagerungen und Radienänderungen nach OK.

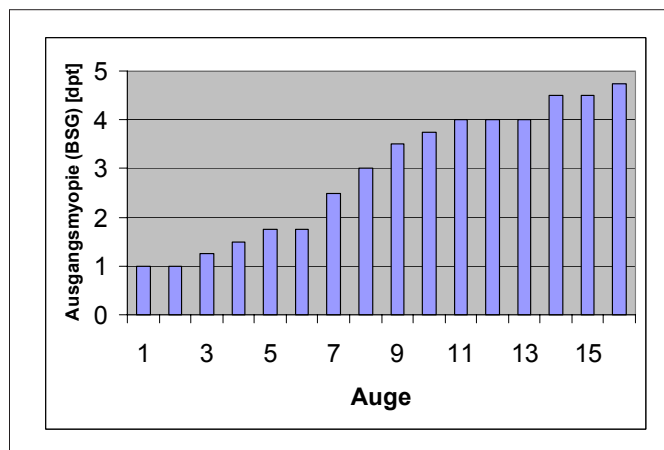


Bild 2: Eisenablagerung und Ausgangsmyopie

Die Hornhaut wurde mit der Spaltlampe SL160 (Zeiss) untersucht. Hierzu wurde bei einer 12- bis 20-fachen Vergrößerung eine spiegelnde Beleuchtung verwendet, wobei die Lichtquelle um 45° geschwenkt wurde. Die Beobachtung der Eisenablagerungen erwies sich als sehr schwierig. Die Sehschärfe wurde mit Standardoptotypen gemessen. Die Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit erfolgte an Hand des computergestützten Freiburger Visustestes.

3. Resultate

Eisenablagerungen wurden in 16 der 64 Augen festgestellt. Dies entspricht einem Anteil von 25 % der untersuchten Augen. In vier

Fällen traten die Eisenablagerungen nur an einem Auge auf. In fünf Fällen waren die Eisenablagerungen beidseitig zu beobachten. Nur in zwei Fällen war ein trockenes Auge gegeben. Die Eisenablagerungen wiesen alle eine ringförmige Struktur auf. Sie lagen in allen Fällen in der unteren Hornhaut und beschränkten sich auf den Bereich der unterhalb der reversen Zone der OK-Linse liegt. Nur in einem einzigen Fall erreichte der Eisenring die 3-9-Uhr Richtung.

Ein starkes Reshaping der Hornhaut und eine höhere Ausgangsrefraktion begünstigen offensichtlich das Auftreten von Eisenablagerungen. Eine Analyse der Änderungen der Hornhautradien zeigte, dass 75 % (n = 12) aller von den Eisenablagerungen betrof-

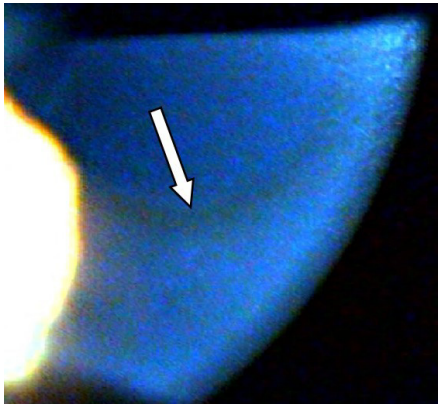


Bild 3: Ferritin-Linie (Pfeil)

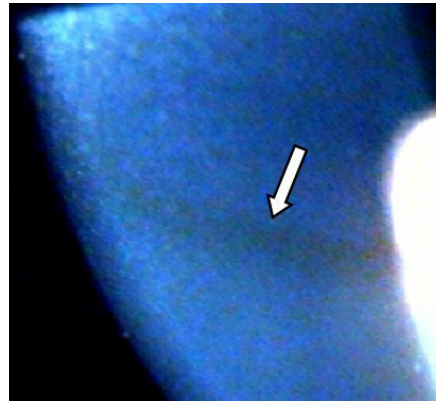


Bild 4: Ferritin-Linie (Pfeil)

fen Hornhäute Radienänderungen von mehr als 0,4 mm im horizontalen Meridian erfahren haben. Im vertikalen Meridian wiesen 8 Hornhäute (50 %) mit Eisenablagerungen Radienänderungen von mehr als 0,4 mm auf. In rund 60 % der Fälle ($n = 10$) von Eisenablagerungen lagen die Ausgangsrefraktionen bei $-3,00$ dpt und mehr.

In Einzelfällen traten die ersten Eisenablagerungen nach zwei Monaten auf. Als mittlerer Zeitraum, nach dem die Eisenablagerungen zu beobachten waren, wurden 5 ± 2 Monate bestimmt. Das Ausmaß der Ablagerungen erwies sich als stabil, d.h. es kommt zu keiner weiteren Akkumulation von Eisen in der Hornhaut, nachdem diese Ablagerungen erstmalig beobachtet worden sind. Von einem Grading der Ablagerungen wurde Abstand genommen, da sich die Ablagerungen nur wenig von einander unterscheiden und somit keine sinnvolle Grading-Skala definiert werden konnte.

Die unkorrigierte Sehschärfe betrug nach einem Zeitraum von einem Jahr mindestens 1,0. Eine signifikante Verminderung der Kontrastempfindlichkeit konnte nicht festgestellt werden.

4. Diskussion

4.1 Vorkommen von Eisenablagerungen

Eisenablagerungen in der Hornhaut treten nur in seltenen Fällen isoliert auf. In der Regel werden sie in Folge einer anderen grundlegenden Veränderung der Hornhaut beobachtet. Sie können physiologisch begründet sein oder einen pathologischen Hintergrund haben.

Die Hudson-Stähliche Linie tritt als horizontale Linie in einem Abstand von einem Drittel des Hornhautdurchmessers parallel zu Unterlidkante auf. Sie tritt überwiegend im Alter auf und gilt daher als eine physiologische Erscheinung. Eisenablagerungen treten regel-

mäßig nach verschiedenen refraktiven Eingriffen an der Hornhaut wie beispielsweise nach LASIK oder der Implantation des Intra-stromalen Cornealen Ringsegments (ICRS) auf. [1–5] Ebenso können Erkrankungen der Hornhaut, die zu Veränderungen der Hornhautoberfläche führen, die Entstehung von Eisenablagerungen begünstigen. Hier ist beispielsweise das Recurrent Erosion Syndrom zu nennen. Bekannt ist auch der Fleischersche Ring, der die Basis des Keratokonus umgibt [4]. Die Ferry Linie kann häufig nach filtrierenden Glaukomoperationen vor dem Sickerkissen beobachtet werden. Die Stokersche Linie liegt vor der Spitze eines Pterygiums. An der Basis des Keratokonus oder eines Pterygiums kann sich ein Tränenmeniskus bilden, in dem es zu einer Anreicherung von Eisenionen kommen kann.

Als eine wichtige Ursache, die die Entstehung von Eisenablagerungen begünstigen kann, gilt ein unzureichender Tränen-austausch. Ein trockenes Auge kann auf Grund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als wesentliche Ursache für die Eisenablagerungen ausgeschlossen werden. Nur in zwei Fällen (12,5 %) lag ein trockenes Auge vor. Die Eisenablagerungen, die infolge der Orthokeratologie beobachtet werden können, liegen alle in der reversen Zone der OK-Linse. In diesem Bereich stagniert die Tränenflüssigkeit, wodurch die Wahrscheinlichkeit, dass Eisen aus dem Tränenfilm in die Hornhaut hineingelangen kann, deutlich erhöht ist.

Erleichtert wird die Aufnahme von Eisen aus dem Tränenfilm durch die Veränderungen des Epithels. Der feste Zellverband des Epithels erfährt durch die von der OK-Linse ausgeübten mechanischen Kräfte Veränderungen, die die Zellkontakte der Epithelzellen untereinander lockern können. Diese Veränderungen treten offensichtlich nur während der ersten Phase des Tragens von OK-

linsen auf. Da die Ablagerungen nach ihrem ersten Auftreten auch nach einem Jahr nicht weiter zunehmen, kann davon ausgegangen werden, dass sich das Epithel so weit wieder stabilisiert hat, dass keine signifikanten Mengen an Eisen in die Hornhaut hineingelangen.

Dass das Reshaping der Hornhaut, das zu einer Deformation der Hornhaut führt, eine maßgebliche Ursache ist, die die Entstehung der Eisenablagerungen begünstigt, wird auch dadurch unterstrichen, dass drei Viertel aller Eisenablagerungen bei Hornhäuten mit OK-bedingten Radienänderungen von mehr als 0,4 mm im horizontalen Meridian zu verzeichnen waren. Eine höhere Ausgangsmyopie ($>-3,00$ dpt) scheint ebenfalls das Auftreten von Eisenablagerungen zu begünstigen.

4.2 Ferritin als Eisenspeicher

Eisen, das potenziell sehr toxisch sein kann, liegt in den Zellen der Hornhaut nicht frei vor, sondern es ist in das Speicherprotein Ferritin eingelagert. Die linienförmigen Eisenablagerungen werden daher häufig auch als Ferritin-Linien bezeichnet. Ferritin ist ein Protein, das aus 24 identischen Proteinuntereinheiten aufgebaut ist. Diese bilden einen Hohlraum, in das bis zu 4500 Eisenionen eingelagert werden können. Das Eisen wird in seiner dreiwertigen Form (ferric form) als Eisenphosphat (FePO_4), Eisenhydroxid ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) oder Eisenoxid (Fe_2O_3) in den Ferritin-Molekülen gespeichert.

Die Speicherung des Eisens durch Ferritin ist für die Hornhaut von großem Vorteil, da so die toxischen Nebenwirkungen des Eisens unterdrückt werden können. Bei den physiologischen pH-Werten im Tränenfilm liegt Eisen normalerweise fast ausschließlich in seiner zweiwertigen Form (ferrous form) vor.

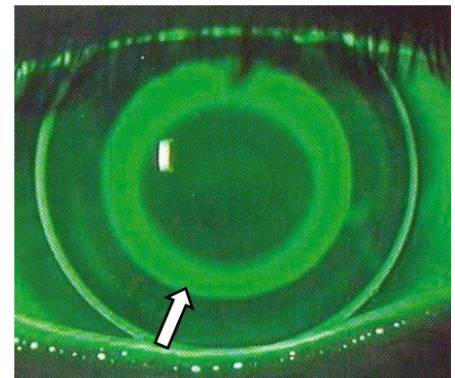
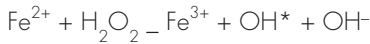


Bild 5: Fluo-Bild bei OK. Die Eisenablagerungen erfolgen in den Bereich der Hornhaut, der sich unterhalb der reversen Zone (Pfeil) der OK-Linse befindet.

Dieses zweiwertige Eisen dient in der Fenton-Reaktion als Elektronenspender für die Bildung von freien Hydroxyl-Radikalen. Es gilt



Wasserstoffperoxid als Elektronenakzeptor wird in der Hornhaut unter der Einwirkung von UV-Strahlung über freie Superoxid-Anionen gebildet. Die Hydroxyl-Radikale verfügen über ein enormes zellschädigendes Potenzial. Die Einlagerung von Eisen in Ferritin entzieht der Hornhaut also die potenziellen zytotoxischen Eisenionen. Zudem wird Eisen in der weniger gefährlichen dreiwertigen Form gespeichert. Ferritin gilt als Schutzmolekül für die DNA der Epithelzellen vor den Auswirkungen der UV-Strahlung.

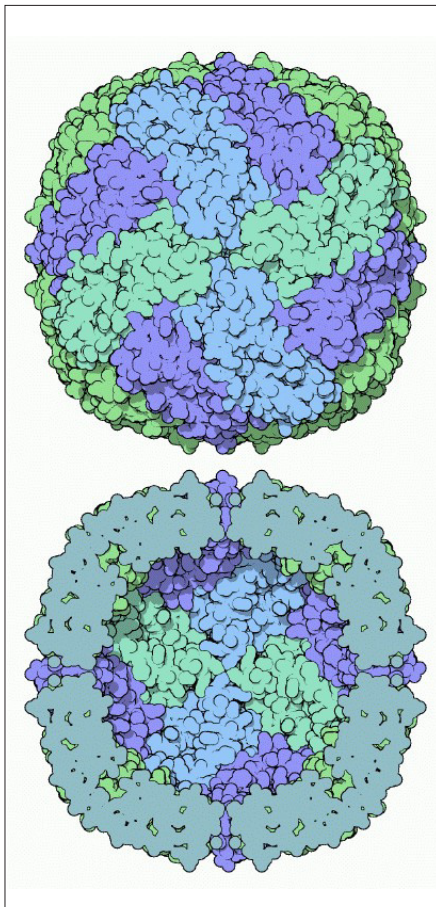


Bild 6: Ferritin. Das Molekül besteht aus 24 identischen Proteinuntereinheiten, die einen Hohlraum (unten) bilden, in das bis zu 4500 dreiwertige Eisenionen eingelagert werden können.

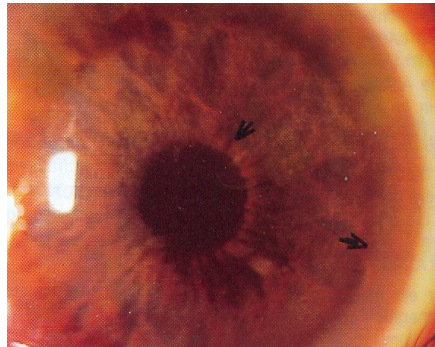


Bild 7: Eisenablagerungen nach LASIK

Auf Grund dieser Überlegungen kann davon ausgegangen werden, dass die bei der Orthokeratologie immer wieder zu beobachtenden Eisenablagerungen keine Gefährdung für die Hornhaut darstellen.

4.3 Auswirkungen der Eisenablagerungen auf das Sehen

Da die Eisenablagerungen in der Hornhaut nur sehr schwach ausgeprägt sind, wirken sie sich nur sehr wenig auf Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit aus. Nach einem Zeitraum von einem Jahr und mehr zeigten die Ergebnisse der Sehschärfebestimmung und der Kontrastempfindlichkeit auch bei Vorliegen von Ferritin-Linien keine besonderen Auffälligkeiten. Die unkorrigierte Sehschärfe war in allen Fällen mindestens 1,0. Bei keinem der untersuchten Augen mit Eisenablagerungen lag die unkorrigierte Sehschärfe unter der korrigierten Sehschärfe, wie sie vor der Orthokeratologie gemessen wurde. Die Kontrastempfindlichkeit nimmt bei der Orthokeratologie bedingt durch die Veränderungen im Hornhautepithel zunächst ab. Sie erreicht aber nach einem Jahr, auch wenn Eisenablagerungen aufgetreten sind, nahezu wieder ihren Ausgangswert.

5. Folgerungen

Mit einem Anteil von rund 25 % unter allen Augen, die nach dem Orthokeratologie-Verfahren korrigiert werden, sind Eisenablagerungen als sehr häufig anzusehen. Das Ausmaß der Eisenablagerungen ist aber nur als sehr gering einzustufen. Ihre Beobachtung setzt einen geübten Beobachter voraus. Die Ablagerungen erreichen nicht das Ausmaß, das nach LASIK-Eingriffen an der Hornhaut zu erwarten ist. Die Auswirkungen der Eisenablagerungen auf die Integrität der Hornhaut sind als nicht bedeutsam zu bewerten. Es sind weder funktionelle noch anatomische Beeinträchtigungen der Hornhaut zu erwarten.

Literatur:

- [1] Barraquer-Somers E, Chan CC, Green WR: Corneal epithelial iron deposition, *Ophthalmol.* 1983; 90: 729
- [2] Fink AM, Gore C, Rosen ES: Corneal Changes Associated With Intrastromal Corneal Ring Segments, *Arch Ophthalmol.* 1999; 117:282
- [3] Iwamoto T, Devoe AG: Electron microscopical study of the Fleisher ring, *Arch Ophthalmol.* 1976; 94: 1579
- [4] Koenig SB, McDonald MB, Yamaguchi T, Friedlander M, Ishii Y: Corneal iron lines after refractive keratoplasty, *Arch Ophthalmol.* 1983; 101: 1862
- [5] Mannis MJ: Iron deposition in the corneal graft. Another corneal iron line, *Arch Ophthalmol.* 1983; 101: 1858

Die Autoren:

Dr. Andreas Berke
Höhere Fachschule für Augenoptik
Bayenthalgürtel 6-8
50968 Köln