

# Aufbau und Funktion der Hornhaut

## Chirurgisches Herauspräparieren der erkrankten Hornhaut oder des erkrankten Teils und Ersatz durch eine passende Spenderhornhaut

Dieses Informationsblatt soll Sie über eine Erkrankung bzw. Anomalie des Auges und über mögliche Behandlungen informieren. Es ersetzt nicht das persönliche Gespräch, sondern soll Ihnen auf dem Vorwege eine allgemeine Beschreibung des Problems geben sowie die aus unserer Sicht empfehlenswerten Lösungsansätze darstellen. Bitte lesen Sie alles in Ruhe durch und machen Sie sich - besonders für Ihre Fragen - Notizen, die wir dann gemeinsam besprechen werden.

Im Folgenden finden Sie die Abschnitte:

Die Hornhaut ist etwa einen halben Millimeter dick, hat einen Durchmesser von zehn bis elf Millimetern und besteht im Wesentlichen aus drei Schichten:

- An der Oberfläche liegt das ca. 70  $\mu$  (My oder Mikron = Tausendstelmillimeter) dicke bakterien- und wasserdichte **Epithel**, das ständig vom Rand zum Zentrum der Hornhaut nachwächst und seine obersten Zellschichten in die Tränenflüssigkeit abgibt. Es ist sehr regenerationsfähig und kann ähnlich wie die Haut nach kleinen Verletzungen schnell heilen. Zusammen mit dem Tränenfilm bildet es die optische Oberfläche des Auges, die für die Qualität der Abbildung im Auge sehr wichtig ist.
- Unter dem Epithel liegt als etwa 450  $\mu$  dicke Schicht das **Stroma** der Hornhaut, das aus spezialisierten Bindegewebszellen gebildet wird. Das Stroma ist ein in unserem Körper einzigartiges Gewebe, da es

ohne Blutgefäße auskommt, eine hohe mechanische Festigkeit hat und gleichzeitig optisch fast perfekt für die uns sichtbaren Anteile des Lichts durchlässig ist. Es befindet sich in einem entwässerten Zustand, der ähnlich wie bei einer Wiese in der Marsch nur durch ständiges Herauspumpen von Wasser aufrecht erhalten wird. Es befindet sich in einem entwässerten transparenten Zustand, der nur durch ständiges Herauspumpen von Gewebeflüssigkeit in Richtung vordere Augenkammer aufrechterhalten wird.

- Für das Pumpen sorgt das **Endothel**, das als einlagige Zellschicht die Innenseite der Hornhaut bedeckt und an das Augennere mit der Augenflüssigkeit (Kammerwasser) grenzt.

Zurück zur Übersicht

## Hornhauterkrankungen

Aus sehr verschiedenen Gründen kann die Hornhaut eine Verschlechterung ihrer optischen Eigenschaften erfahren. Einige sollen hier kurz beschrieben werden:

- **Veränderungen der Hornhautform:** Vorwölbungen, Ausstülpungen oder Verziehungen durch Narben verzerren die Abbildung so stark, dass Patienten selbst bei sonst klarer Hornhaut bis zu weit unter 10 Prozent Sehschärfe haben können. In Anfangsstadien (z.B. bei Keratokonus) oder weniger stark ausgeprägten Fällen kann mit einer Kontaktlinse oder einer Vernetzungstherapie häufig eine ausreichende Korrektur der Unregelmäßigkeit erzielt werden. Bei starker Ausprägung oder Instabilität der Kontaktlinse ist ein chirurgischer Ersatz der veränderten Hornhaut sinnvoll.
- **Trübungen und Einlagerungen im Hornhaut-Stroma:** Ursache können Stoffwechselerkrankungen sein, die zumeist erblich sind und nur die Hornhaut oder den ganzen Menschen betreffen.

Narbgewebe in der Hornhaut, wie es nach Herpes-Infektionen, nach Hornhautverletzungen oder nach refraktiver Hornhautchirurgie auftreten kann, führt u. U. zu einer erheblichen Sehverschlechterung, die medikamentös nicht mehr beeinflusst werden kann.

- **Versagen des Hornhautendothels:** Ist die Endothelfunktion, d. h. die Arbeit der Zellen, die ständig das Wasser aus der Hornhaut herauspumpen, gestört, so führt dies zu einer chronischen Überwässerung der Hornhaut. Das Gewebe ist in diesem Zustand nicht mehr klar und durchsichtig, sondern milchig getrübt mit einer entsprechenden Auswirkung auf die optischen Eigenschaften. Feine Wasserblasen gelangen bis unter die obersten Zellschichten der Hornhaut, wo sie ein Fremdkörpergefühl verursachen oder sogar das Eindringen von Bindehautkeimen in die Hornhaut begünstigen können.

Verlauf der Erkrankung ohne Therapie: Die Hornhaut hat bei vielen Hornhauterkrankungen durchaus das Potential, durch Heilungs- oder Regenerationsvorgänge noch eine ausreichende Sehkraft zu erlauben. Erst in fortgeschrittenen Stadien der Erkrankung ist das Gewebe derartig getrübt, dass mit einer nützlichen Sehschärfe nicht mehr gerechnet werden kann. Bei einigen Hornhauterkrankungen kann es durch die Auflockerung des Gewebes auch zu einem Eindringen von Bakterien oder Pilzen kommen, die als Infektion in das Augeninnere vordringen und das gesamte Auge zerstören können.

Zurück zur Übersicht

## Behandlungsmöglichkeiten

Bei starker Sehbehinderung durch eine Hornhauterkrankung ist der Ersatz des geschädigten Gewebes durch die Transplantation von gesundem Spendergewebe möglich. Es gibt dabei verschiedene Verfahren:

- **Perforierende Keratoplastik:** Aus der erkrankten Hornhaut wird

mit einem Spezialmesser oder dem Laserstrahl ein ca. 7 bis 8 mm großes rundes Gewebestück ausgeschnitten, welches alle Schichten der Hornhaut umfasst. In das so entstandene Loch wird ein ebenso großes Hornhautscheibchen, das aus einer Spenderhornhaut präpariert wurde, eingesetzt und mit extrem dünnen Fäden, von denen Sie später nichts spüren oder sehen, eingenäht. Nach ca. 1 bis 1½ Jahren ist das Spendergewebe eingeeilt, und die Fäden können entfernt werden. Eine besondere Form dieser Operation ist die hintere perforierende Keratoplastik, die bei Erkrankungen der inneren Zellschicht der Hornhaut vorgenommen werden kann. Das Besondere daran: Hier wird von Ihrer eigenen Hornhaut zunächst eine vordere Lamelle so präpariert, dass sie sich wie ein Deckel hochklappen lässt, dahinter wird der erkrankte Anteil Ihrer Hornhaut durch ein Transplantat ersetzt. Anschließend wird die vordere Hornhautlamelle wieder darüber geschlossen.

- **Lamelläre Keratoplastik:** Wenn nicht alle Schichten der Hornhaut ersetzt werden müssen, kann man auch nur eine vordere Lamelle aus der erkrankten Hornhaut herauspräparieren und durch eine Lamelle gesunden Spendergewebes ersetzen. Dieser Eingriff eröffnet das Auge des Patienten nicht, da die hinteren Anteile der eigenen Hornhaut erhalten bleiben. Allerdings muss für diesen Eingriff das Endothel des Patienten, das innen auf der belassenen Lamelle sitzt, vollkommen gesund und funktionstüchtig sein, sonst kann das Transplantat nicht klar werden. Selten findet bei dieser Operation eine ungeplante Eröffnung der vorderen Augenkammer statt, die zu einem Abweichen von dem ursprünglich vorgesehenen Operationsverfahren führen kann. Trotz höchster Präzision bei den Präparationsverfahren sind immer Abweichungen von der geplanten bzw. errechneten Schnitttiefe möglich.

Weitere Verfahren werden eher selten eingesetzt und können Ihnen im Bedarfsfall erläutert werden.

[Zurück zur Übersicht](#)

## **Herkunft des Spendergewebes**

In den USA und in Europa gibt es seit Jahren sogenannte Hornhautbanken, die mit hohen Qualitätsstandards Spendergewebe entnehmen, untersuchen, aufbewahren und weiterverteilen. Durch unsere Pioniertätigkeit auf dem Gebiet der Hornhautkonservierung sind wir mit allen nationalen und internationalen Hornhautbanken bestens bekannt und können jederzeit Transplantate beschaffen. Durch die einheitlichen Regelungen in der EU und durch unsere eigenen Untersuchungsmöglichkeiten können wir dem Patienten ein Transplantat optimaler Qualität garantieren. Alle Transplantate sind auf Aids, Hepatitis B und C, Syphilis und bakterielle Keime getestet. Aus unserer Erfahrung mit Tausenden von Transplantationen können wir auch absehen, für welchen Patienten welches Transplantat erforderlich bzw. akzeptabel ist.

Für jeden gewünschten Operationstermin kann heute ein entsprechendes Transplantat bereitgestellt werden. In bestimmten Fällen ist jedoch eine Übereinstimmung der Gewebegruppen von Spender und Empfänger vorteilhaft. Für diese Patienten suchen wir über die Organisation Eurotransplant eine gewebeidentische oder -ähnliche Hornhaut, und der Operationstermin ist in diesen Fällen erst nach Auffinden einer geeigneten Hornhaut planbar.

[Zurück zur Übersicht](#)

## **Abstoßungsreaktion**

Da es sich bei dem Transplantat um ein lebendes Fremdgewebe handelt, ist jederzeit eine Abstoßungsreaktion möglich. Im ersten Jahr oder solange die Fäden noch in der Hornhaut liegen, müssen die Patienten kortisonhaltige Augentropfen anwenden. In besonderen Fällen ist sogar

die Einnahme von abwehrunterdrückenden Medikamenten (Kortison, Cyclosporin etc.) erforderlich.

Eine Abstoßungsreaktion kann bereits im ersten Jahr bei 3–20 % der Patienten auftreten. Dabei greifen Abwehrzellen des Patienten (= Empfänger) die transplantierte Hornhaut an. Besonders empfindlich ist das Endothel des Transplantats: Wenn diese innere Zellschicht durch die Abwehrzellen zerstört wird, nimmt die Hornhaut wieder zu viel Wasser auf und trübt ein.

In frühen Stadien kann durch eine medikamentöse Behandlung die Abstoßungsreaktion angehalten werden. Bei einer nicht erkannten bzw. behandelten Abstoßung ist das Transplantat bereits nach ein bis zwei Wochen irreversibel geschädigt. In den späteren Jahren nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Abstoßungsreaktion langsam ab.

Symptome der Abstoßungsreaktion sind:

- rotes Auge,
- Schmerzen,
- Sehverschlechterung,
- Lichtempfindlichkeit,
- Schmerzen beim Lesen und
- Hornhauttrübung.

Bei der Untersuchung des Patienten mit dem Mikroskop sieht man die Abwehrzellen, die besonders das Endothel des Transplantats angreifen, sowie die sekundären, durch die Entzündung bedingten Gewebsveränderungen.

Zurück zur Übersicht

## **Perforierende oder lamelläre Keratoplastik?**

Das Standardverfahren ist heute die perforierende Keratoplastik, bei der

alle Schichten der Hornhaut ersetzt werden. Dieses Verfahren ist erforderlich, wenn beispielsweise das Endothel der Patientenhornhaut sehr schlecht ist und das darüber liegende Gewebe vernarbt ist. Wenn die Hornhaut eine massive Trübung oder sogar ein tiefes Hornhautgeschwür hat, ist ebenfalls eine Transplantation aller Schichten erforderlich. Wenn das Endothel des Patienten dagegen sehr gut ist, die Hornhauttrübungen nur auf die vorderen Schichten beschränkt sind oder nur eine Vorwölbung der Hornhaut (Keratokonius) vorliegt, kann auch eine lamelläre Keratoplastik mit Ersatz der vorderen Gewebslamelle erwogen werden.

### **Vor- und Nachteile der perforierenden Keratoplastik:**

- Bei regelmäßiger Einheilung sind hier die besseren optischen Eigenschaften zu erwarten. Im Idealfall ist das Transplantat so klar wie die eigene Hornhaut zu besten Zeiten und kann Jahrzehnte gut funktionieren.
- Die Risiken des Eingriffes sind höher als beispielsweise bei einer Staroperation, da bei diesem Eingriff das Auge weit eröffnet ist mit einem theoretisch höheren Risiko für Blutungen, Infektionen und Verletzungen von Iris und Augenlinse.
- Bei der Transplantation eines kompletten Gewebblocks wie hier stammt auch das Endothel vom Spender, also kann es durch eine Abstoßungsreaktion zerstört werden und das ganze Gewebe in Folge eintrüben. Allerdings kann der Eingriff auch wiederholt werden.
- Die späteren Nachteile der perforierenden Keratoplastik treten vor allem im Zusammenhang mit einer nicht gleichmäßigen Heilung auf, die sich in einem Astigmatismus (Hornhautverkrümmung) bereits vor oder erst nach der späteren Fadenentfernung zeigen kann. Hier kann die selektive Transplantation einer tiefen Hornhautlamelle mit gesunden Endothelzellen eine Verbesserung sein, da die vordere Krümmung der Patientenhornhaut weitgehend erhalten bleibt. Bei unregelmäßiger Heilung ist es möglich, zu einem späteren Zeitpunkt den unerwünschten Astigmatismus durch optische Korrekturen (vor

allem Kontaktlinsen) oder durch chirurgische Korrekturen des Brechkraftfehlers zu behandeln.

### **Vor- und Nachteile der lamellären Keratoplastik:**

- Bei dem Eingriff wird das Auge des Patienten nicht eröffnet, sodass das Risiko für schwerwiegende Infektionen erheblich geringer ist als bei der perforierenden Keratoplastik.
- Da der Patient sein eigenes Endothel behält, ist eine Abstoßungsreaktion gegen das Endothel kaum möglich.
- Allerdings ist durch die flächenhafte Narbe zwischen vorderer und hinterer Lamelle eine etwas schlechtere Optik zu erwarten.
- Häufig bleiben auch Trübungen der Grunderkrankung im Gewebe des Patienten bestehen, sodass eine nicht optimale Transparenz erreicht wird. Bei nicht ausreichendem Resultat kann nach diesem Eingriff später noch eine perforierende Keratoplastik vorgenommen werden.

Zurück zur Übersicht

### **Prognose**

Ob der Eingriff den gewünschten Effekt erbringt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Diese sind im Wesentlichen

- die genaue Diagnose der Hornhauterkrankung,
- die Qualität des Spendergewebes,
- Kriterien der chirurgischen Qualität,
- weitere Befunde am zu operierenden Auge (z.B. trockenes Auge, grüner Star),
- die Qualität der Nachbehandlung (Patient und Arzt).

Anders als bei der Staroperation erfolgt die Erholung des Sehvermögens nach der Hornhauttransplantation nur sehr langsam. Nach vier Monaten haben die Patienten noch nicht einmal die Hälfte ihrer späteren besten



Sehschärfe erreicht. Erst nach eineinhalb bis zwei Jahren ist der Heilungsprozess beendet und die beste Sehschärfe erreicht.

Für die Sehleistung eines Auges ist nicht nur die Hornhaut maßgeblich. Durch andere Augenkrankheiten wie chronische Entzündungen, grünen Star (Glaukom), grauen Star, Iriserkrankungen, Erkrankungen der Netzhaut und besonders der Makula kann die resultierende Sehschärfe trotz perfekt klarer Hornhaut eingeschränkt sein. Häufig ist in solchen Situationen eine Hornhauttransplantation trotzdem sinnvoll, da nur bei einem guten Einblick in das Auge die Diagnostik und Behandlung anderer Störungen erfolgen kann.

Aus unseren Daten über mehrere Tausend Hornhauttransplantationen können wir Ihnen sagen, was in Ihrem Fall bei einer Keratoplastik zu erwarten wäre und auch was besonders zu beachten ist. Bei zu ungünstiger Prognose werden wir Ihnen auch erklären, warum wir von dem Eingriff eher abraten.

Zurück zur Übersicht

## **Alternativen zu dem Eingriff**

Mit der Operation wird häufig gewartet, wenn das andere Auge noch gut sehen kann. Das erkrankte Auge kann u. U. mit Medikamenten weiter gehalten werden, allerdings mit nur geringer Aussicht auf Sehverbesserung. Bei Notsituationen wie Hornhautgeschwüren kann anstelle eines Gewebeersatzes die erkrankte Hornhaut auch mit einer Bindehautverschiebung oder anderen Maßnahmen gedeckt werden. In besonderen Situationen, vor allem wenn ein Transplantat aufgrund der Bedingungen zu schlechte Überlebenschancen hat, ist die Transplantation einer künstlichen Hornhaut (Keratoprothese) möglich. Die Entwicklung von solchen Implantaten ist schon recht weit vorangekommen, stellt allerdings heute noch nicht ein Routineverfahren dar.

Zurück zur Übersicht

## Ablauf der Operation

Die Hornhauttransplantation kann ambulant oder stationär und in örtlicher Betäubung durchgeführt werden.

**Vor dem Eingriff:** Während der Beratung werden Sie ausführlich über Ihren Befund informiert. Der geplante Eingriff und evtl. Besonderheiten werden mit Ihnen besprochen, ebenso wird ein Terminplan für Eingriff und Nachbehandlung aufgestellt. Vor der Operation benötigen wir die von Ihnen unterschriebene Einverständniserklärung sowie – falls erforderlich – einen Bericht Ihres Hausarztes über allgemeine Krankheiten oder Risiken. Patienten mit Medikamenten zur Blutverdünnung sollten ASS (Aspirin) zehn Tage vor dem Eingriff absetzen, bei Einnahme von Marcumar muss evtl. eine Behandlung mit Konaktion vorgenommen werden, damit Ihr Gerinnungswert über 70 % liegt. Alle Patienten erhalten noch eine separate Voruntersuchung durch den Anästhesisten.

**Am Operationstag:** Ab sechs Stunden vor dem Eingriff sollten Sie keine Nahrung mehr aufnehmen. Bitte kleiden Sie sich bequem, und nehmen Sie Ihre Medikamente (außer Insulin) wie gewohnt ein. Das zu operierende Auge erhält keine Medikamente. Zu uns kommen Sie am besten mit öffentlichen Verkehrsmitteln, oder Sie lassen sich bringen. Bitte fahren Sie nicht selbst mit dem Auto.

Für die Operation legen Sie in der Patientenschleuse Jacke, Mantel etc. ab. Sie werden von uns mit sterilem Kittel und Kopfhaube versorgt und in den Vorraum des Operationssaals gebracht. Hier werden die Geräte zur Überwachung Ihrer Herz- und Kreislauffunktionen angeschlossen, und nach einer Desinfektion des Operationsgebietes erhalten Sie die örtliche Betäubung in einer Kurznarkose. Sie werden dann in den Operationssaal gefahren und unter dem Operationsmikroskop positioniert.

Nach einer weiteren Reinigung und Desinfektion des Auges und der Lider beginnt der Eingriff, von dem Sie nicht viel bemerken werden. Je nach

Ihrem Zustand können wir Ihnen zusätzlich Medikamente durch die Infusion geben, sodass Sie während des Eingriffs entspannt und leicht schläfrig sind. Bitte liegen Sie während dieser Zeit möglichst ruhig. Falls Sie während der OP Musik hören wollen, können Sie gern Ihre Lieblings-CD mitbringen.

Nach dem Eingriff wird das Auge verbunden. Sie erhalten von uns für den Abend noch einige Medikamente und können bereits kurze Zeit später wieder nach Hause fahren. Den Heimweg sollten Sie in Begleitung antreten.

Falls am Abend oder in der Nacht Beschwerden auftreten, können Sie uns jederzeit anrufen. Die Notfall-Nummern haben Sie bereits mit der Aufklärung erhalten.

**Nach der Operation:** Am Folgetag kommen Sie bitte zu einer ersten Kontrolle in die Praxis. Hier werden wir das operierte Auge untersuchen und Ihnen ein Rezept für die weitere Therapie mitgeben. Das Sehvermögen ist in den Tagen nach der Operation meist noch schlecht, daher sollten Sie allgemein vorsichtig sein und sich helfen lassen.

Spätestens am dritten Tag nach der Operation sollten wir oder Ihr Augenarzt, der Sie zur OP zu uns überwiesen hatte, Sie wieder sehen, damit der weitere Heilungsverlauf überwacht werden kann. Besondere Vorsichtsmaßnahmen brauchen Sie nicht zu treffen, außer dass Sie sich ein wenig schonen und nicht auf das operierte Auge drücken sollten. Sie können Ihre alte Brille in den meisten Fällen zum Schutz weiter tragen. Eine Behandlung mit kortison- und antibiotikahaltigen Augentropfen und -salbe wird Ihnen verordnet.

Im weiteren Verlauf (Monate bis Jahre) nach der Operation sollten Sie Ihre Augen weiter regelmäßig vom Augenarzt kontrollieren lassen. Da die transplantierte Hornhaut ca. ein Jahr lang kein Gefühl hat, sollten Sie Tätigkeiten wie Bohren, Meißeln, Schleifen oder auch sehr staubige Umgebungen vermeiden. Nach ca. vier Wochen endet die Behandlung mit Antibiotika. Patienten mit Herpes erhalten ca. ein Vierteljahr lang eine virushemmende Allgemeinbehandlung mit Tabletten. Falls weitere

Probleme entstehen, sind u. U. weitere medikamentöse oder operative Behandlungen erforderlich.

Bei einigen Patienten findet nach der Hornhautoperation eine beschleunigte Entwicklung des grauen Stars statt. In diesen Fällen kann mit einer Staroperation (die eine sehr hohe Erfolgschance hat) die Trübung beseitigt werden.

Durch die erforderliche Kortisontherapie des Auges kann sich auch ein grüner Star entwickeln, der ebenfalls mit entsprechenden Maßnahmen behandelt werden muss.

Bei Sehverschlechterung und anderen Sehbeschwerden zögern Sie bitte nicht, sich für eine Untersuchung bei Ihrem Augenarzt anzumelden.

Ihr Befund ein Jahr nach der Operation wird von uns bei Ihrem Augenarzt erfragt und für unsere Qualitätssicherung verwendet.

[Zurück zur Auswahl "Operationen"](#)