

Mit Druck und Laser gegen Tunnelblick

Steigt der Augeninnendruck, so kann dies zu Einschränkungen im Sehfeld führen. Messungen des Augeninnendrucks und neuartige Lasermethoden geben frühzeitig Aufschluss darüber, ob eine gefährliche Augenkrankheit vorliegt.

Wenn sich bei Patienten im wahrsten Sinne des Wortes der Tunnelblick einstellt, so kann dies Anzeichen für eine Augenkrankheit sein, die als Glaukom oder auch als Grüner Star bezeichnet wird. Eine Diagnose kommt dann allerdings oft zu spät. Das Glaukom ist nämlich eine schleichende Augenkrankheit, die zunächst vom Betroffenen nicht bemerkt wird, die aber zum Verlust seines Sehvermögens führen kann.

Beim gesunden Auge liegt der Augeninnendruck zwischen 11 und 21 Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) und sorgt – ähnlich wie ein aufgeblasener Luftballon – für eine gleichmäßige Form des Augapfels. Wenn aber das Kammerwasser, das den Raum zwischen Linse, Iris und Hornhaut umspült, über den Blutkreislauf nur schwer oder gar nicht abfließen kann, so steigt der Augeninnendruck an. Dies beeinträchtigt die Durchblutung des Sehnervs, wodurch Nervenfasern zerstört werden. In der Folge wird das von der Netzhaut aufgenommene Bild nur noch unvollständig an das Seh-



National Eye Institute/National Institutes of Health

Die Tonometrie kann helfen, ein Glaukom rechtzeitig zu erkennen.

zentrum im Gehirn weitergeleitet. Das Sehvermögen des Betroffenen nimmt immer weiter ab, bis sich sein Gesichtsfeld merklich einschränkt. Wird das Glaukom, an dem allein in Deutschland etwa 800 000 Menschen leiden, nicht rechtzeitig erkannt und medikamentös oder operativ behandelt, kann die Krankheit zur völligen Erblindung führen. Weltweit ist das Glaukom eine der häufigsten Erblindungsursachen.

Bei Verdacht auf ein Glaukom wird der Arzt zunächst den Augeninnendruck bestimmen, da dieser ein Indiz für ein Glaukom sein kann. Seit Ende der 1980er-Jahre werden darüber hinaus Laserverfahren entwickelt, mit denen sich die Schädigung der Nervenfaserschicht direkt messen lässt.

Diagnose unter Druck

Der Augeninnendruck lässt sich mithilfe der Tonometrie bestimmen. Hierbei unterscheidet man zwischen Methoden, bei denen durch Druck eines Probekörpers auf die Hornhaut (Applanations-tonometer) oder kontaktlos mit einem Luft- bzw. Non-Contact-Tonometer gemessen wird.

Das häufig eingesetzte und sehr genaue Goldmann-Applanations-tonometer besteht im Wesentlichen aus einem kleinen genormten, kegelförmigen Plastikmesskopf, der über eine Feinmechanik sanft auf die betäubte Augenhornhaut aufgesetzt wird. Bei korrektem Druck flacht (applaniert) der Messkopf die Hornhaut auf einer definierten Fläche von 7,35 Quadratmillimetern ab. Die hierfür erforderliche Kraft ist proportional zum Augeninnendruck und lässt sich an einer geeichten Skala direkt ablesen.¹⁾ Zu

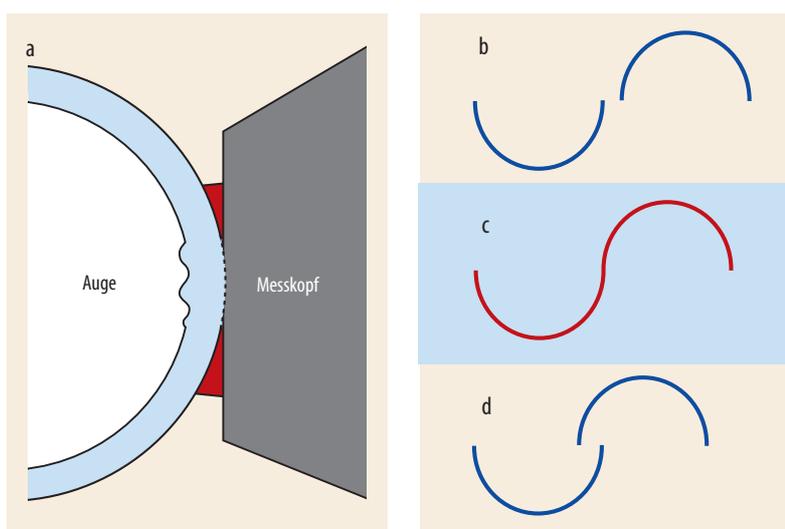


Abb. 1 a) Der auf die Hornhaut ausgeübte Druck ist proportional zum Augeninnendruck. Rechts: Mithilfe der beiden Halbkreise lässt sich der zu applizierende Druck einstellen: b) Der Druck ist zu schwach, die Halbkreise driften ausein-

ander; c) der Druck ist korrekt, die Verschiebung der Halbkreise entspricht ihrem Durchmesser und d) der Druck ist zu groß, die Halbkreise werden ineinander geschoben.

1) Die individuelle Dicke der Hornhaut muss gemessen und ihre Festigkeit berücksichtigt werden: Bei dickeren Hornhäuten kann der tatsächliche Augeninnendruck niedriger und bei dünneren Hornhäuten durchaus höher sein.

viel Druck vergrößert jedoch die Applanationsfläche und verfälscht das Messergebnis.

Um den Druck korrekt einzustellen, wird die Hornhaut mit einer fluoreszierenden Flüssigkeit wie z. B. Fluoreszein präpariert. Bei der Abflachung der Hornhaut wird der Farbstoff verdrängt und sammelt sich am Rand des Zylinders (Abb. 1a). Im blauen Untersuchungslicht leuchtet der Farbstoff dann als grüner Ring. Ein im Zylinder montiertes Prisma verschiebt die obere und untere Bildhälfte horizontal gegeneinander, sodass statt des Ringes zwei versetzte Halbkreise zu beobachten sind, deren Durchmesser dem der zu applanierenden Fläche entspricht. Wenn die Verschiebung der beiden Halbkreise gleich ihrem Durchmesser ist, stimmt der eingestellte Druck (Abb. 1b–d).

Bei der kontaktlosen Tonometrie kann der Arzt die Hornhaut durch einen Luftstrahl kurzzeitig abflachen und die Abplattung mit einer speziellen Optik vermessen. Daraus lässt sich dann der Augeninnendruck ableiten. Eine Betäubung der Hornhaut ist zwar nicht erforderlich, allerdings ist die Genauigkeit geringer als bei der Goldmann-Tonometrie.

Tägliche Selbstkontrolle

Bei Verdacht auf ein Glaukom ist es wichtig, den Augeninnendruck mehrmals täglich zu messen, da dieser schon beim gesunden Auge um bis zu 5 mmHg schwanken kann. Dies ist mit einem sog. Selbst-Tonometer möglich, welches der Patient bei der Messung an seine Stirn halten muss. Auf Knopfdruck wird ein kleines Prisma auf

die mit Tropfen betäubte Hornhaut gedrückt. Durch das Prisma fällt infrarotes Licht.

Das Prisma ist so gestaltet, dass ohne Hornhautkontakt an der an Luft angrenzenden Applanationsfläche Totalreflexion auftritt. Drückt es dagegen auf die Hornhaut, so verändern sich die Grenzfläche und damit auch die Brechzahl sowie der Grenzwinkel, sodass das einfallende Licht nicht mehr totalreflektiert wird. Da der reflektierte Anteil proportional zur applanierten Fläche ist, lässt sich diese genau vermessen. Ein elektronisch geregelter Prismenvorschub sorgt dann dafür, dass die Hornhaut bei dieser Methode ebenfalls auf einer definierten Fläche von 7,35 Quadratmillimetern applaniert wird und das Gerät somit den Augeninnendruck direkt anzeigt.

Mit Laser für den Durchblick

Ein Laserverfahren zur Glaukom-Früherkennung ist die Scanning Laser Polarimetrie (SLP), bei der ein Laserstrahl im nahen Infrarot den Bereich um den Sehnerv abscannt und dadurch die Schädigungen an der Nervenfaserschicht direkt sichtbar macht. Die untersuchte Fläche umfasst den Bereich der größten Sehschärfe (Gelber Fleck) und die Papille, wo der Sehnerv das Auge verlässt und die Netzhaut keine Sehzellen enthält (Blinder Fleck).

Die Nervenfaserschicht der Netzhaut ist sehr komplex aufgebaut. Entscheidend für die SLP sind die zueinander parallelen Axone, die aus zylindrischen Zellorganellen bestehen. Die regelmäßige Anordnung der Axone ist dafür verantwortlich, dass eine einfallende

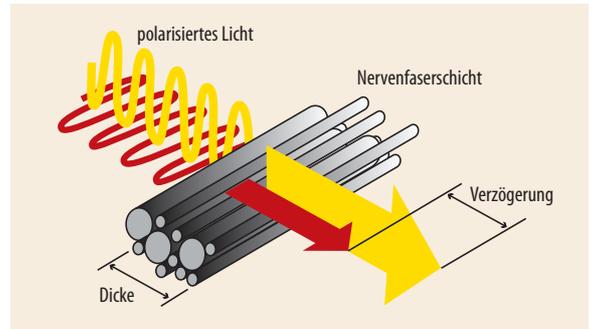


Abb. 2 Bei der Formdoppelbrechung teilt sich der polarisierte Laserstrahl in zwei Komponenten auf. Die beiden Teilstrahlen durchlaufen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten die Nervenfaserschicht, ihre Phasenverzögerung ist proportional zur Schichtdicke.

polarisierte Lichtwelle beim Durchlaufen einer solchen Schicht in zwei Komponenten aufgeteilt wird (Formdoppelbrechung). Da sich diese senkrecht zueinander polarisierten Teilstrahlen in der Nervenfaserschicht mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen, kommt es zu einer Phasenverschiebung, deren Größe proportional zur Schichtdicke ist (Abb. 2). Dünnere, bereits geschädigte Abschnitte der Nervenfaserschicht führen zu einer schwächeren Formdoppelbrechung und damit einer kleineren Phasenverschiebung. Eine dickere, gesunde Nervenfaserschicht ergibt dagegen eine größere Phasenverschiebung.

Ein Ellipsometer analysiert das am Augenhintergrund reflektierte Licht, woraus sich die Größe der Verzögerung zwischen den beiden polarisierten Teilstrahlen ableiten lässt. Aus der Messung ergibt sich eine farbcodierte Reflexionskarte, die zuverlässige Aussagen über den Zustand der Nervenfaserschicht und damit über den Grad der Glaukom-Erkrankung ermöglicht (Abb. 3).²⁾

Die Scanning Laser Polarimetrie ist zwar verglichen mit tonometrischen Verfahren (noch) teurer, doch ermöglicht sie die direkte Beobachtung von Schäden an der Nervenfaserschicht, lange bevor der Patient Einschränkungen seines Sehvermögens bemerken kann. Dank des Lasers kann der Augenarzt schließlich durch die rechtzeitige Behandlung des Glaukoms für den notwendigen Durchblick bei seinen Patienten sorgen.

Katja Bammel

2) Da auch die Vorderkammer des Auges zur Formdoppelbrechung beiträgt, muss ihr Einfluss auf die Verzögerung in einer separaten Messung bestimmt und im Folgenden stets berücksichtigt werden.

Carl Zeiss Meditec AG

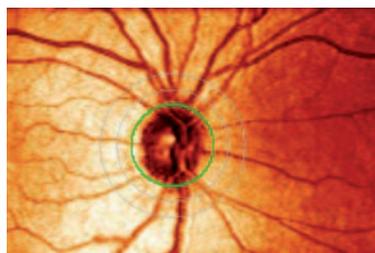
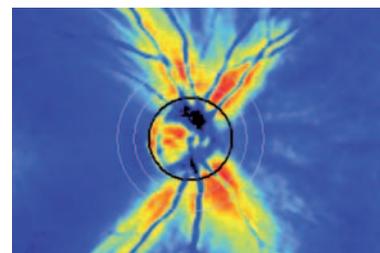


Abb. 3 Das Ergebnis der Reflexionsmessung zeigt den Intensitätsverlauf des von der Netzhaut reflektierten Lichtes, wobei die hellen Bereiche auf hohe Reflexion schließen lassen (links). Die Reflexionskarte gibt die unterschiedliche Verzögerung



ung der gebrochenen Lichtstrahlen im gleichen Messbereich wieder (rechts). Die Farben Rot und Gelb weisen auf eine dicke, gesunde Nervenfaserschicht hin, Blau und Grün auf dünne geschädigte Nervenfasern.

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de