

ERSTE ANZEICHEN UND SYMPTOME VON PRESBYOPIE



RONALD A. SCHACHAR, DR.MED. PH.D.

Honorarprofessor der Fakultät für Natur-,
Ingenieur- und Computerwissenschaften
Kingston University, London, GB
Lehrbeauftragter, Fachbereich Physik
University of Texas at Arlington
Arlington, Texas, USA

KURZFASSUNG

Jeder Mensch entwickelt im fünften Lebensjahrzehnt Alterssichtigkeit. Allerdings ist das Alter, in dem die ersten Anzeichen und Symptome der Presbyopie auftreten, individuell verschieden. Brechungsfehler, gewohnter Naharbeitsabstand, Körperhaltung und Umgebungsbeleuchtung haben einen Einfluss auf den Zeitpunkt des Auftretens erster Anzeichen und Symptome von Alterssichtigkeit.

Schlüsselbegriffe: Akkommodation, Presbyopie, Symptome und Anzeichen

Presbyopie ist der Verlust der Fähigkeit, bei vollkorrigierter Fernsicht in normalem Arbeitsabstand zu lesen. Alterssichtigkeit betrifft alle Menschen im fünften Lebensjahrzehnt. Die Anatomie und die Optik des Auges sind wichtige Faktoren, um die Ursachen von Presbyopie und das Auftreten der damit verbundenen Anzeichen und Symptome zu verstehen.

ANATOMIE DES AUGES

Abb. 1 zeigt einen Querschnitt des menschlichen Auges. Das Auge hat eine Achsenlänge von ca. 23 mm. Den durchsichtigen vorderen Teil des Auges bildet die Hornhaut. Sie ähnelt einem Uhrglas und ist durchsichtig, so dass Licht in das Auge eindringen kann. Die Hornhaut hat eine Mittendicke von ca. 550 Mikron und besteht aus einer äußeren

Epithelschicht, einer mittleren Kollagenschicht und einer inneren Endothelschicht. Die Epithelschicht fungiert als Barriere, die verhindert, dass Wasser in die Hornhaut eindringt, und wird alle 7 bis 10 Tage erneuert. Die mittlere Schicht besteht aus gleichmäßig angeordneten Kollagenfasern, die die Hornhaut durchsichtig machen. Im Gegensatz zur Hornhaut sieht die Sklera bzw. Lederhaut weiß aus, weil das Licht von ihren ungeordneten, quervernetzten Kollagenfasern gestreut wird. An der Innenfläche der Hornhaut befindet sich eine Schicht mit Endothelzellen. Diese Zellen regenerieren sich nicht und ihre Zahl geht mit zunehmendem Alter langsam zurück. Aufgabe der Endothelzellen ist es, Wasser aus der Hornhaut zu pumpen. Sind die Endothelzellen beschädigt, schwillt die Hornhaut an und wird trüb, was zu einem deutlichen Rückgang der Sehschärfe führt.

Hinter der Hornhaut befinden sich die vordere Augenkammer, die Regenbogenhaut, die Augenlinse, die hintere Augenkammer und die Netzhaut. Die vordere Augenkammer ist mit einer klaren Flüssigkeit, dem Kammerwasser, gefüllt, das Salze und Aminosäuren enthält, um Hornhaut und Augenlinse mit Nährstoffen zu versorgen. Das Kammerwasser wird permanent im Ziliarkörper gebildet und über den Kammerwinkel aus dem Auge abgeleitet. Wird der Abfluss des Kammerwassers blockiert, erhöht sich der Augeninnendruck, was zu grünem Star (Glaukom) führen kann. Die Regenbogenhaut (Iris), der farbige Teil des Auges, reguliert die Pupillenweite, die sich bei hellem Licht zusammenzieht und bei schwachem Licht größer wird. Hinter der Iris ist die Augenlinse "aufgehängt" - ein transparentes, bikonvexes Rotationsellipsoid, das ausschließlich aus Epithelzellen besteht. Doch

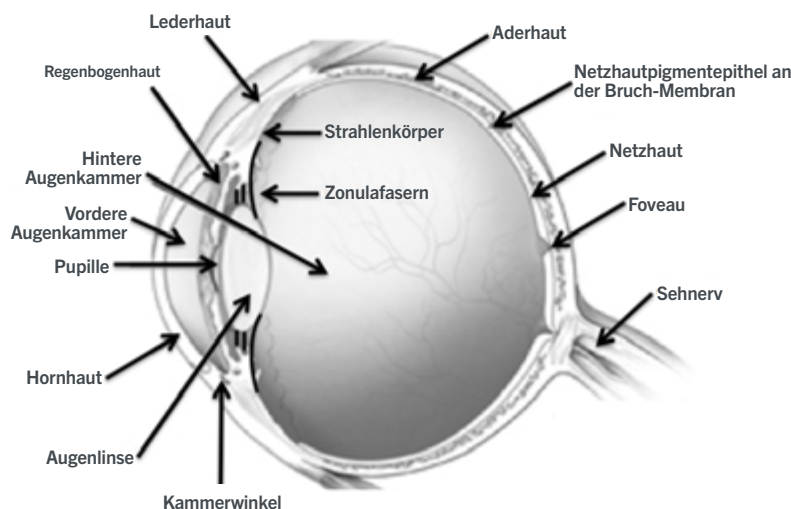


ABB. 1 | Schematische Abbildung des Auges

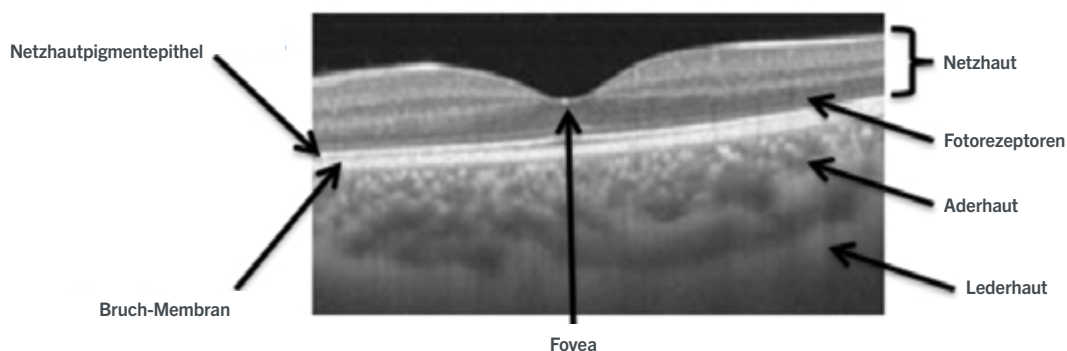


ABB. 2 | Optische Kohärenzaufnahme der Fovea

anders als die Epithelzellen der Haut, die abgestoßen werden, ist die Augenlinse eingekapselt und wächst während des ganzen Lebens weiter. Bei der Geburt hat die Linse einen Äquatordurchmesser von rund 6 mm, der bei Erwachsenen auf ca. 9 mm zunimmt.

Die Linse wird von Zonulafasern in ihrer Lage gehalten. Diese Zonulafasern bestehen aus elastischen Kollagenfäden. Die Zonulafasern sind am Ziliarkörper befestigt, der die Ziliarmuskeln enthält. Durch Kontraktion des Ziliarmuskels wird der Zug der Zonulafasern auf die Linsenkapsel übertragen und somit deren Wölbung bzw. Krümmungsradien geändert. Diese durch das Zusammenziehen der Ziliarmuskeln bewirkte Verformung der Linse befähigt das Auge zum Akkomodieren, um seine Brechkraft auf Nähe und Ferne anzupassen.

Hinter der Linse befindet sich die hintere Augenkammer, die eine durchsichtige, gel-artige Struktur enthält, die an der Netzhaut anhaftet. Die Netzhaut ist ein durchsichtiges Nervengewebe, das mehrere Neuronenschichten enthält, die die Zellen sowie Fotorezeptoren (Stäbchen und Zapfen) unterstützen. Das Licht fällt durch die Netzhaut auf die Stäbchen und Zapfen. Die Zapfen befinden sich in der Mitte der Netzhaut (Fovea) und sind für das Farben- und Scharfsehen verantwortlich. Die außerhalb der Fovea befindlichen Stäbchen reagieren auf Lichtintensität (nicht Farbe) und sind für das periphere Sehen und die Bewegungswahrnehmung verantwortlich. Wenn die Fotorezeptoren durch Licht angeregt werden, senden sie elektrische Signale an die Netzhautneuronen, die dort verarbeitet und über den Sehnerv an das Gehirn weitergeleitet werden. Die Netzhaut funktioniert eigentlich wie ein Minicomputer, der Bilder in einen elektrischen Code umwandelt, der dann vom Gehirn ausgewertet werden kann. Unter der Netzhaut befindet sich das Netzhautpigmentepithel, eine Schicht mit Pigmentzellen, die Funktion und Unversehrtheit der Fotorezeptoren erhält. Unter dem Netzhautpigmentepithel befinden sich eine Stützmembran und die Aderhaut mit seinem kapillaren System, das das Netzhautpigmentepithel und die Netzhaut mit Nährstoffen versorgt (Abb. 2.).

OPTIK DES AUGES

Achsferne Lichtstrahlen pflanzen sich geradlinig fort. Um die Lichtstrahlen in einem Brennpunkt zu vereinigen, beugt die Optik des Auges (Hornhaut und Augenlinse) die peripheren Strahlen dergestalt, daß sie in der Fovea zusammentreffen. Die Strahlen in der Mitte brauchen jedoch nicht gebeugt werden und sind in jeder Entfernung gebündelt. So funktioniert auch das Sehen durch eine Lochblende. Schaut man durch eine kleine Öffnung, können nur die zentralen Strahlen ins Auge gelangen, während die peripheren Strahlen blockiert werden. Da die zentralen Strahlen in jeder Entfernung gebündelt sind, können auf diese Weise Gegenstände unabhängig von Brechungsfehler bzw. Objektabstand scharf gesehen werden. Diese stenopäische Blende, die Kontraste mindert und das periphere Sehen deutlich einschränkt, entsteht bei Blinzeln, wenn sich die Pupille durch helles Licht zusammenzieht, oder beim Blick durch eine Lochblende.

Hornhaut und Augenlinse enthalten die optischen Bestandteile des Auges. Die Hornhaut besitzt eine gekrümmte Oberfläche mit einem durchschnittlichen Krümmungsradius von 7,8 mm. Die hohe Brechungsindexdifferenz zwischen Hornhaut und Luft macht sie zur leistungsfähigsten optischen Oberfläche des Auges. Der Brechungsindex von Luft und Hornhaut beträgt jeweils 1,00 und 1,337. Die Hornhaut besitzt eine Brechkraft von ungefähr 43 Dioptrien. Eine Dioptrie ist als optische Maßeinheit wie folgt definiert:

$$\text{Dioptrie} = 100 \text{ cm/Brennweite in cm}$$

Nach Durchtritt durch die Hornhaut dringt das Licht in das Kammerwasser ein. Da der Brechungsindex des Kammerwassers – ähnlich wie die Hornhaut - 1,336 beträgt, beeinflusst das Kammerwasser die Brechkraft des Auges kaum. Das Licht gelangt anschließend durch die Pupille ins Auge. Bei Erwachsenen besitzt die Augenlinse eine Mittendicke von 3,5 mm und an Vorder- und Rückseite Krümmungsradien von jeweils 10 bzw. 7 mm. Die Linse hat einen Brechungsindex von 1,42; aber nachdem die Differenz zum Brechungsindex des Kammerwassers deutlich niedriger ist als zwischen Luft und Hornhaut, beträgt die effektive Brechkraft der Linse nur 20 Dioptrien und damit nur etwa halb so viel wie die der Hornhaut. Die effektive Gesamtbrechkraft von Hornhaut und Linse beträgt im nicht akkomodierten Auge ca. 63 Dioptrien.

Nach der Brechung durch die Augenlinse treten achsferne Lichtstrahlen durch den Glaskörper hindurch und werden auf der Fovea gebündelt. Um einen Gegenstand in der Nähe zu sehen, muss das Auge akkomodieren. Dies geschieht, wenn sich der Ziliarmuskel zusammenzieht, wodurch die Augenlinse ihre Form ändert und ihre Brechkraft steigert, so dass sich die Gesamtbrechkraft des Auges erhöht. Das Auge eines Kindes kann in weniger als einer Sekunde 15 Dioptrien akkomodieren und von unendlich auf 7 cm scharfstellen. Diese Akkomodationsfähigkeit geht mit dem Alter in Folge des kontinuierlichen Linsenäquator-Wachstums zurück. Da der Äquatordurchmesser der Linse zunimmt, büßt der Ziliarmuskel seine Fähigkeit ein, die Linsenform zu ändern, was mit zunehmendem Alter zu einer linearen Abnahme der Akkomodationsbreite führt. Der Rückgang der Akkommodation führt wiederum dazu, dass der Nahpunkt, also der dem Auge nächstgelegene Punkt, an dem ein Gegenstand scharf gesehen wird, um rund 1 cm/Jahr weiter vom Auge wegrückt. Bis zum 5. Lebensjahrzehnt ist die Presbyopie deutlich fortgeschritten, weil der Nahpunkt ca. 50 cm vom Auge wegrückt ist. Doch obwohl die Akkommodation generell im selben Umfang zurückgeht, hängt das Alter, in dem die ersten Symptome auftreten, von zahlreichen Variablen ab. Ausschlaggebend ist in erster Linie der Brechungsfehler. Es gibt vier Arten von Brechungsfehlern:

1. Emmetropie (Normalsichtigkeit): Parallele Lichtstrahlen werden ohne optische Korrektur in einem Brennpunkt auf der Netzhaut vereinigt (Abb. 3). Da die Lichtstrahlen naher Gegenstände divergent sind, müssen Normalsichtige akkomodieren, um die Brechkraft des Auges



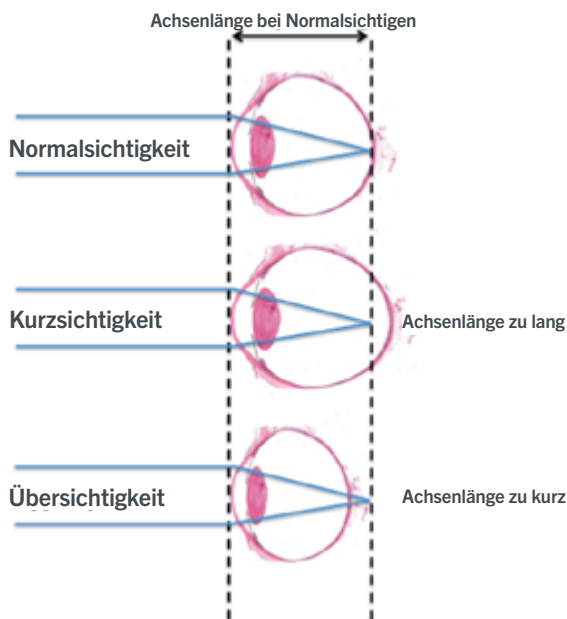


ABB. 3 | Querschnitte normal-, kurz- und weitsichtiger Augen. Die Achse des kurzsichtigen Auges ist länger und die des weitsichtigen Auges kürzer als beim normalsichtigen Auge. Der Brennpunkt achsferner Lichtstrahlen befindet sich beim kurzsichtigen Auge vor der Netzhaut und beim weitsichtigen Auge dahinter.

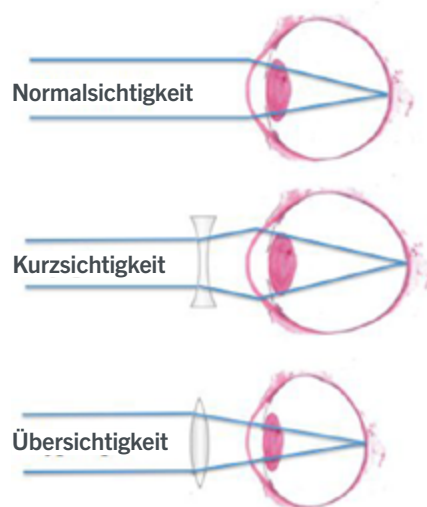


ABB. 4 | Querschnitte normalsichtiger, kurzsichtiger und weitsichtiger Augen. Ein Normalsichtiger kann in der Ferne ohne Korrektur scharf sehen. Kurzsichtige benötigen ein Minusglas und Weitsichtige ein Plusglas, um in der Ferne scharf sehen zu können.

→ zu erhöhen und die divergenten Strahlen in einem Brennpunkt auf der Netzhaut zu vereinigen.

2. Myopie (Kurzsichtigkeit): Die Achsenlänge des Auges ist länger als bei Normalsichtigen, so dass parallele Lichtstrahlen in einem Brennpunkt auf der Netzhaut vereinigt werden müssen (Abb. 3). Um in der Ferne deutlich zu sehen, benötigen Kurzsichtige ein Konkavglas (Minusglas), um den Brennpunkt auf die Netzhaut zu bringen (Abb. 4). Wenn ein Gegenstand näher an das unkorrigierte kurzsichtige Auge herangeführt wird, verschiebt sich der Brennpunkt in Richtung Netzhaut, so dass der Kurzsichtige einen nahen Gegenstand ohne Akkommodation scharf sehen kann. Der Abstand, auf den ein Kurzsichtiger einen nahen Gegenstand ohne Korrektur scharf sehen kann, hängt vom Brechungsfehler ab. Zum Beispiel sieht ein Kurzsichtiger mit einer Myopie von -3 dpt einen Gegenstand in einer Entfernung von 33 cm scharf ($100 \text{ cm}/3 \text{ dpt} = 33 \text{ cm}$), während ein Kurzsichtiger mit einer Myopie von 10 dpt den Gegenstand bis auf 10 cm ($100 \text{ cm}/10 \text{ dpt}$) an das Auge heranführen muss, um ihn scharf zu sehen.

3. Hyperopie (Weitsichtigkeit): Das Auge hat eine kürzere Achsenlänge als das normalsichtige Auge, so dass der Brennpunkt bei parallel einfallenden Lichtstrahlen hinter der Netzhaut liegt (Abb. 3). Um in der Ferne scharf zu sehen, müssen Weitsichtige akkommodieren oder ein Konkav- (Plusglas) verwenden, um die Brechkraft des Auges zu erhöhen und den Brennpunkt eines fernen Gegenstands auf die Netzhaut zu bringen (Abb. 4). Um ohne Korrektur in der Nähe zu sehen, müssen Übersichtige stärker akkommodieren als Normalsichtige.

4. Astigmatismus liegt vor, wenn die Hornhaut nicht exakt sphärisch beschaffen ist, was zu zwei verschiedenen, senkrecht zueinander stehenden Krümmungsradien führt. In diesem Fall vereinigen sich parallele Lichtstrahlen in zwei unterschiedlichen hintereinander befindlichen Brennpunkten. Um die Lichtstrahlen in einem einzigen Brennpunkt zu fokussieren, ist ein auf den Meridian des Astigmatismus ausgerichtetes Zylinderglas erforderlich. Astigmatismus kann zusammen mit Kurz- oder Übersichtigkeit auftreten

__AKKOMMODATIONSBREITE

Als Akkommodationsbreite gilt der Nahpunkt des Auges, wenn das Auge für die Ferne vollkorrigiert ist. Dies ist ein besonders wichtiger

Aspekt. So kann beispielsweise ein sechzigjähriger Alterssichtiger mit einer Myopie von -2,5 dpt und einer Akkommodationsbreite von Null nicht ohne seine Fernkorrektur lesen; er kann aber im Nahbereich lesen, wenn er seine Fernbrille abnimmt. Das ist möglich, weil der Nahpunkt dieses unkorrigierten Kurzsichtigen mit einer Myopie von -2,5 dpt bei 40 cm liegt ($100 \text{ cm}/2,5 \text{ dpt} = 40 \text{ cm}$), was einem normalen Arbeitsabstand entspricht. Trägt der Kurzsichtige allerdings seine Fernbrille, liegt der Nahpunkt im Unendlichen. Da dieser presbyope Kurzsichtige über keine Akkommodation verfügt, besteht die einzige Möglichkeit, in der Nähe zu sehen, darin, die Brille abzunehmen oder die Fernkorrektur mit einem Plusglas (z.B. Bifokalgläser) zu ergänzen. Deshalb müssen Kurzsichtige beim Lesen ihre Brille abnehmen, wenn sie alterssichtig werden.


Wenn Hyperope alterssichtig werden, wird es schwieriger, in der Ferne und in der Nähe zu sehen. Ohne Korrektur akkommodieren Übersichtige, um in der Ferne zu sehen, so dass sie über weniger Akkommodationsreserve beim Nahsehen verfügen. Um in der Nähe zu sehen, versuchen Hyperope, zu überakkommodieren, und kneifen die Augen zusammen, was zu einer Überanstrengung der Augen und zu Kopfschmerzen führt. Deshalb spüren Übersichtige früher als Normalsichtige und Kurzsichtige die ersten Symptome von Alterssichtigkeit.

Neben dem Brechungsfehler werden erste Anzeichen und Symptome von Presbyopie auch durch Körpergröße und Armlänge beeinflusst. Ein großer Mensch hält die Lesevorlage weiter von seinen Augen weg als ein kleinerer Mensch. Deshalb bemerkt eine große Person Leseschwierigkeiten erst später als eine kleine Person. Beispielsweise kann ein groß gewachsener Mensch sehr bequem auf einen Abstand von 50 cm lesen, während eine kleinere Person einen Leseabstand von 30 cm vorzieht. Wenn der Nahpunkt über 30 cm hinaus wegrückt, treten somit bei einer kleinen Person Symptome auf, während ein größerer Mensch das Wegrücken des Nahpunktes erst bemerkt, wenn der Abstand über 50 cm beträgt. Da Frauen im Allgemeinen kleiner sind als Männer, stellen sie die Symptome von Alterssichtigkeit früher fest als Männer.

Um komfortabel zu lesen, benötigen Patienten im Allgemeinen die doppelte Akkommodationsbreite. Das erklärt, warum ein 45jähriger Normalsichtiger mit 3,5 dpt Akkommodation Symptome entwickelt. Um auf einen Abstand von 40 cm bequem zu lesen, benötigt er eine Gesamtbrechkraft von 5 dpt und daher eine Lesebrille mit einer Stärke von +1,5 dpt.

Übersichtige zeigen bereits im 35. Lebensjahr häufig Symptome einer Presbyopie. So wendet beispielsweise ein 35jähriger Übersichtiger mit einer Hyperopie von +2,5 dpt und einer Akkommodationsbreite von 7 dpt ca. + 2,5 dpt seiner Akkommodation auf, um in die Ferne sehen zu können, so dass nur 4,5 dpt für das Nahsehen bleiben. Dieser Übersichtige benötigt zusätzlich mindestens +0,50 dpt, um auf einen Abstand von 40 cm bequem lesen zu können.

Der Brechungsfehler einer Person, der bevorzugte Naharbeitsabstand und die Körpergröße spielen demnach eine wichtige Rolle für den Zeitpunkt des Auftretens erster Symptome von Alterssichtigkeit. Jeder wird feststellen, dass helles Licht und ein Zukneifen der Augen das Lesen auf Grund des induzierten Lochblendeneffektes von Pupillen und Lidern erleichtern. Normalsichtige und Übersichtige kneifen die Augen zusammen, während Kurzsichtige dazu tendieren, ihre Fernkorrektur beim Lesen abzunehmen. Übersichtige müssen ihre Fernkorrektur verstärkt tragen, um in der Ferne zu sehen. Gleichzeitig klagen sie über eine Überanstrengung der Augen und bekommen beim Lesen möglicherweise schon mit 35 Jahren Kopfschmerzen. Obwohl ab einem Alter von 45 Jahren alle Menschen Symptome von Alterssichtigkeit entwickeln, gibt es einige wenige Individuen, die auf einem Auge normalsichtig und auf dem anderen Auge kurzsichtig sind und die keine Symptome von Alterssichtigkeit entwickeln, weil sie mit dem normalsichtigen Auge in die Ferne und mit dem kurzsichtigen Auge in der Nähe sehen. Da diese Menschen ein Auge unabhängig vom anderen nutzen, ist bei ihnen das stereoskopische Sehen normalerweise eingeschränkt.

Dies bedeutet, dass ein groß gewachsener Normalsichtiger möglicherweise erst nach 45 Jahren Symptome von Alterssichtigkeit zeigt, während ein kurz gewachsener Weitsichtiger bereits mit 35 erste Symptome von Alterssichtigkeit wie Zukneifen und Überanstrengung der Augen sowie Kopfschmerzen erfahren kann. Bei Kurzsichtigen sind die Symptome weniger eindeutig, aber sie müssen zum Lesen ständig ihre Fernbrille abnehmen. 

LITERATURHINWEISE

Schachar RA. The Mechanism of Accommodation and Presbyopia. Kugler Publications, Amsterdam, The Netherlands, 2012.