

Einfluss der Akkommodation auf die Aderhautdicke: eine Pilotstudie

Lukas Reeß^{1,3}, Holger Dietze^{2,3}

¹ M.Sc. Augenoptik/Optomietrie · ² Prof. Dr. · ³ Berliner Hochschule für Technik (ehem. Beuth Hochschule für Technik Berlin)

Eingereicht 5. Juli 2021; angenommen 18. August 2021

Received 5 July 2021; accepted 18 August 2021

COE Multiple-Choice-Fragebogen

Die Publikation „Einfluss der Akkommodation auf die Aderhautdicke: eine Pilotstudie“ wurde von der Gütegemeinschaft Optometrische Leistungen (GOL) als COE Fortbildungsartikel anerkannt. Die Frist zur Beantwortung der Fragen endet am **1. November 2022**. Die Fragen können online auf der Website www.ocl-online.de beantwortet werden. Die unten stehende Reihenfolge entspricht nicht der Online-Version. Pro Frage ist nur eine Antwort richtig. Eine erfolgreiche Teilnahme setzt die Beantwortung von vier der sechs Fragen voraus.



Zusammenfassung

Zweck. Ziel dieser Pilotstudie ist, Veränderungen der Aderhautdicke während und nach Akkommodation mit Hilfe der optischen Kohärenztomographie zu charakterisieren.

Probanden und Methoden. In dieser Studie wurden 24 Personen (Alter $28,2 \pm 2,6$ Jahre) eingeschlossen, wobei $n=18$ der moderat myopen (BSG: $-2,6 \text{ dpt} \pm 1,76$) und $n=6$ der emmetropen Gruppe (BSG: $-0,07 \text{ dpt} \pm 0,24$) zugehörten. Der Untersuchungsablauf enthielt eine Phase zur Entspannung der Akkommodation (zehn Minuten), eine akkommodative Phase (zwanzig Minuten kontinuierliche Akkommodation) und eine weitere Entspannungsphase (zehn Minuten). An je einem Auge wurden in Abständen von fünf Minuten sieben OCT-Scans (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) entlang einer horizontalen Achse gemacht. Für jedes Tomogramm wurde die subfoveale, temporale und nasale Aderhautdicke an drei Messpunkten (Abstand je 2 mm) mit einem Messtool manuell bestimmt. Um den Vorgang der Akkommodation auszulösen, wurde ein Mobiltelefon seitlich am OCT-Gerät angebracht und das Display über einen halbdurchlässigen Spiegel in den Messstrahlengang des OCT projiziert (Akkommodationsbedarf = 5,0 dpt).

Ergebnisse. Während der Akkommodation nahm die Aderhautdicke subfoveal durchschnittlich um $-8,06 \pm 7,33 \mu\text{m}$,

nasal durchschnittlich um $-4,00 \pm 11,00 \mu\text{m}$ und temporal durchschnittlich um $-5,29 \pm 12,52 \mu\text{m}$ signifikant ab (jeweils $p < 0,01$). Dabei zeigten emmetrope Augen im subfovealen Bereich eine signifikant stärkere Abnahme ($-13,08 \pm 8,58 \mu\text{m}$) als myope Augen ($-6,39 \pm 6,06 \mu\text{m}$). Innerhalb von zehn Minuten nach der Akkommodation kehrte die Aderhaut wieder zu ihrer Ausgangsdicke zurück, wobei im Grad der Erholung kein signifikanter Unterschied ($p = 0,80$) zwischen myopen und emmetropen Augen festgestellt wurde.

Fazit. Die Studie zeigt, dass der Vorgang der Akkommodation mit einer Abnahme der Aderhautdicke einhergeht. Die Ergebnisse deuten ferner darauf hin, dass die Akkommodation in myopen Augen mit einer geringeren Abnahme der Aderhautdicke einhergeht als in emmetropen Augen. Die eigens für die Studie entwickelte Konstruktion zur Projektion eines Smartphone-Displays in den Messstrahlengang des OCT-Gerätes ist dafür geeignet, die Akkommodation über einen längeren Zeitraum anzuregen und gleichzeitig wiederholte OCT-Scans durchzuführen.

Schlüsselwörter

Myopie, Aderhautdicke, Akkommodation

The influence of accommodation on choroidal thickness: a pilot study

Abstract

Purpose. The aim of this study is to characterise the changes in choroidal thickness during and after a prolonged accommodation period using optical coherence tomography (OCT)..

Subjects and Methods. This study used 24 test subjects (age 28.2 ± 2.6 years), with $n=18$ assigned to the moderate myopic group (MSE: -2.6 ± 1.76 D) and $n=6$ to the emmetropic group (MSE: -0.07 ± 0.24 D). The test subjects underwent an accommodation relaxation phase (ten minutes), an accommodation phase (twenty minutes of continuous accommodation), and another relaxation phase (ten minutes). Seven OCT scans (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) were taken along a horizontal axis on each eye at five-minute intervals. For each tomogram, the subfoveal, temporal and nasal choroidal thickness was determined manually at three measurement points (2 mm apart) using a measurement tool. To trigger the process of accommodation, a mobile phone was attached to the side of the OCT device and the display was projected into the measurement beam path of the OCT via a semi-transparent mirror (demand of accommodation = 5.0 D).

Results. During accommodation, the choroidal thickness decreased significantly by an average of -8.06 ± 7.33 μm in

the subfoveal region, -4.00 ± 11.00 μm in the nasal region, and -5.29 ± 12.52 μm in the temporal region (each with $p < 0.01$). Furthermore, emmetropic eyes showed a significantly stronger decrease in the subfoveal region (-13.08 ± 8.58 μm) than myopic eyes (-6.39 ± 6.06 μm). In the ten minutes following the accommodation phase, the choroid returned to its initial thickness, showing no significant difference ($p = 0.80$) in the degree of recovery between myopic and emmetropic eyes.

Conclusion. The study shows that the process of accommodation is associated with a decrease in choroidal thickness. The results further suggest that accommodation in myopic eyes entails a smaller decrease in choroidal thickness than in emmetropic eyes. The apparatus design developed specifically for this study to project a smartphone display into the measurement beam path of the OCT device is suitable for stimulating accommodation over a longer period while performing repeated OCT scans.

Keywords

myopia, accommodation, choroidal thickness

Hintergrund

Die weltweite Zunahme der Kurzsichtigkeit und die damit verbundenen okulären Veränderungen stellen eine große Herausforderung dar.¹ Schätzungen zufolge werden im Jahr 2050 knapp 50 % der Weltbevölkerung von einer moderaten und weitere 10 % von einer hohen Kurzsichtigkeit betroffen sein.² Allgemein gilt ein überproportionales Augenwachstum als wichtigste Ursache für die Entstehung der Kurzsichtigkeit, wenngleich dessen Auslöser bisher noch nicht vollständig erforscht worden sind. Anerkannt ist, dass das Augenwachstum durch genetische Faktoren und den visuellen Input gesteuert wird³ und dass Naharbeit die Entwicklung einer Kurzsichtigkeit begünstigt.⁴

Weniger bekannt ist, ob die Aderhaut (Choroidea) als Struktur des hinteren Augenabschnittes einen Einfluss auf die Entstehung der Kurzsichtigkeit hat. Diese Vermutung liegt nahe, da die Sklera einerseits nicht innerviert und das Augenwachstum andererseits lokal im Bereich des hinteren Augenabschnittes initiiert wird.⁵ So scheint die Aderhaut an der Regulierung des Augenwachstums als sekretorisches Gewebe beteiligt zu sein,^{6,7} wobei in pharmakologischen Experimenten und über visuelle Manipulation ein Zusammenhang zwischen dem Augenwachstum und einer Ver-

änderung der Aderhautdicke nachgewiesen werden konnte. Dabei ist beschleunigtes Augenwachstum mit einer (spontanen) Abnahme der Aderhautdicke, verlangsamtes Augenwachstum dagegen mit einer Zunahme der Aderhautdicke assoziiert.⁵

Komplexe biochemische Vorgänge und die am lebenden Auge nur schwer zugängliche Struktur machen es allerdings schwierig, entsprechende Studien durchzuführen und konkrete Rückschlüsse aus den Ergebnissen zu ziehen. Verschiedene Autoren konnten jedoch zeigen, dass ein unscharfes Netzhautbild zu einer veränderten Aderhautdicke führen kann. Das legt die Vermutung nahe, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Vorgang der Akkommodation und Veränderungen in der Aderhaut gibt. Bislang konnten jedoch weltweit erst wenige Studien zeigen, inwiefern der Vorgang der Akkommodation die Aderhaut mechanisch beeinflusst.⁸⁻¹⁰

Das Ziel der hier vorliegenden Studie besteht deshalb darin, Veränderungen der Aderhautdicke während und nach kontinuierlicher Akkommodation zu charakterisieren. Durch einen Vergleich zwischen emmetropen und myopen Probanden sollen ferner Erkenntnisse über den möglichen Zusammenhang zwischen den Vorgängen in der Aderhaut und der Kurzsichtigkeit gewonnen werden.

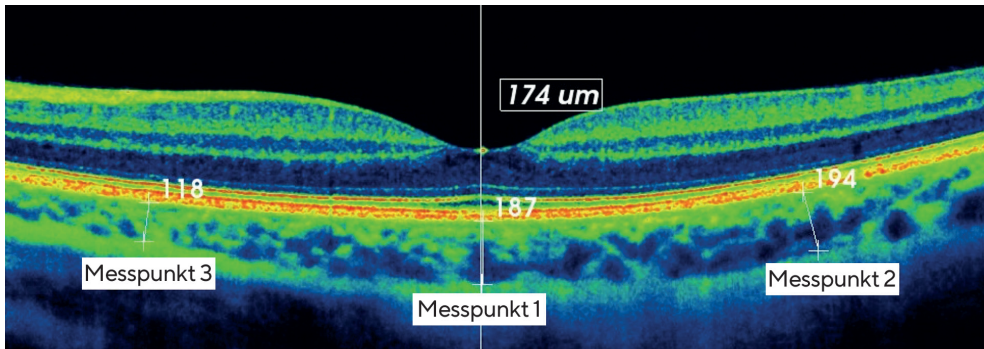


Bild 1: Farb-codiertes Tomogramm zur Bestimmung der Aderhautdicke an subfovealem, nasalem und temporalem Messpunkt.

Probanden und Methoden

Zur Bestimmung der Aderhautdicke während des Vorgangs der kontinuierlichen Akkommodation wurde diese in einer Reihe von Augen wiederholt mittels optischer Kohärenztomographie (OCT) vermessen, während diesen Augen über eine eigens entwickelte Spiegelkonstruktion zugleich ein Akkommodationsreiz über einen definierten Zeitraum angeboten wurde.

Dazu wurden 24 Probanden (11 männlich, 13 weiblich, Alter $28,2 \pm 2,6$) eingeschlossen, wovon nach randomisierter Auswahl 10 linke und 14 rechte Augen vermessen wurden. Gemäß WHO-Klassifizierung der Ametropie¹¹ wurden 18 Augen der moderat myopen (BSG: $-2,6 \text{ dpt} \pm 1,76$) und 6 Augen der emmetropen Gruppe ($-0,07 \text{ dpt} \pm 0,24$) zugeordnet.

Zu den Einschlusskriterien zählten ein vollkorrigierter Visus $V_{cc} \geq 1,0$ (dezimal) und eine Akkommodationsbreite $\Delta A_{max} > 6 \text{ dpt}$. Zu den Ausschlusskriterien zählten alle Arten von okulären oder allgemeinen Erkrankungen, welche einen Einfluss auf das Sehen oder die Akkommodationsfähigkeit haben können, ein unkorrigierter Astigmatismus $> 0,75 \text{ dpt}$ sowie der Zustand nach refraktiver Chirurgie.

Die Bestimmung der Aderhautdicke erfolgte mittels OCT, wobei das 3D-OCT 2000 (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) zum Einsatz kam. Hierzu wurde ein hochauflösendes Scanbild (line scan) entlang einer horizontalen Achse durch die Foveola angefertigt und auf jedem Scanbild ein subfovealer, ein nasaler sowie ein temporaler Messpunkt (Abstand je 2 mm) festgelegt. Die eigentliche Messung der Aderhautdicke erfolgte, indem an jedem Messpunkt der Abstand zwischen dem retinalen Pigmentepithel (RPE) und dem Übergang der Suprachoroidea zur innersten Skleralschicht bestimmt wurde (**Bild 1**). Die Messung erfolgte am Tomogramm der OCT mittels integriertem manuellen Messtool.

Um den Vorgang der Akkommodation über einen hinreichend langen Zeitraum auszulösen und aufrechtzuerhalten, wurde ein Mobiltelefon mit einem hochauflösenden Display seitlich im Abstand von 20 cm am OCT-Gerät angebracht (Akkommodationsbedarf = $5,00 \text{ dpt}$) und ein Video über einen halbdurchlässigen Spiegel in den Messstrahlengang des OCT projiziert. Die Leuchtdichte des Displays betrug je nach Videosequenz etwa zwischen 10 und 50 cd/m^2 und die Raumhelligkeit betrug während der akkommodativen Phase zwischen 10 und 100 lux.

Der hierbei verwendete und justierbar auf einer speziellen Halterung (**Bild 2**) befestigte Kaltlichtspiegel FM03R (Thorlabs GmbH) reflektiert sichtbares Licht (Display des Smartphones) und transmittiert langwelliges Licht (Messstrahl der OCT), sodass der Proband das Video auf dem Smartphone betrachten und zeitgleich eine OCT-Messung durchgeführt werden kann.

Der Untersuchungsablauf enthielt eine zehnminütige Phase zur Entspannung der Akkommodation (Fixation auf ein fernes Objekt), eine zwanzigminütige akkommodative Phase (Akkommodation auf das Display des Smartphones) und eine weitere zehnminütige Entspannungsphase. Der erste OCT-Scan wurde unmittelbar vor der akkommodativen Phase durchgeführt, und weitere sechs Scans folgten in Abständen von je fünf Minuten. Sobald der Scan am Messzeitpunkt fünf (nach zwanzig Minuten Akkommodation) abgeschlossen war, wurde der Akkommodationsreiz beendet. Untersucht wurde jeweils nur ein (randomisiert ausgewähltes) Auge, wobei das andere Auge während der gesamten Untersuchungsdauer mit einer Augenklappe okkludiert wurde. Die Ametropie des zu untersuchenden Auges wurde erforderlichenfalls durch eine sphärische bzw. sphäro-torische weiche Kontaktlinse korrigiert, deren Wirkung der Ametropie in einem Hornhautscheitelabstand (HSA) von 0,0 mm entsprach.

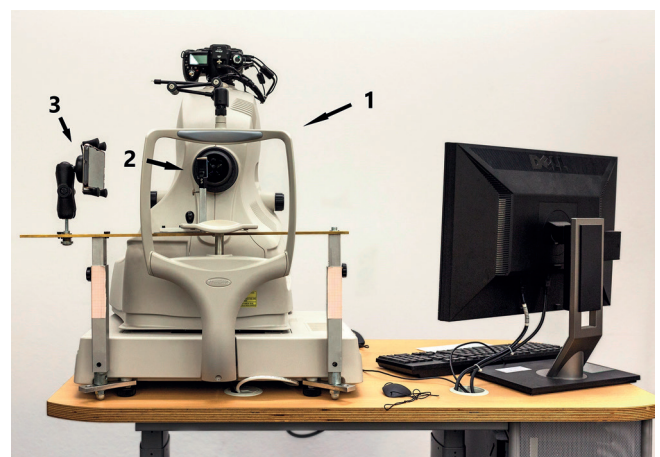


Bild 2: OCT mit befestigter Kaltlichtspiegel-Konstruktion zur Durchführung von Aufnahmen bei zeitgleicher Akkommodation. (1) OCT, (2) Kaltlichtspiegel, (3) Halterung mit Smartphone.

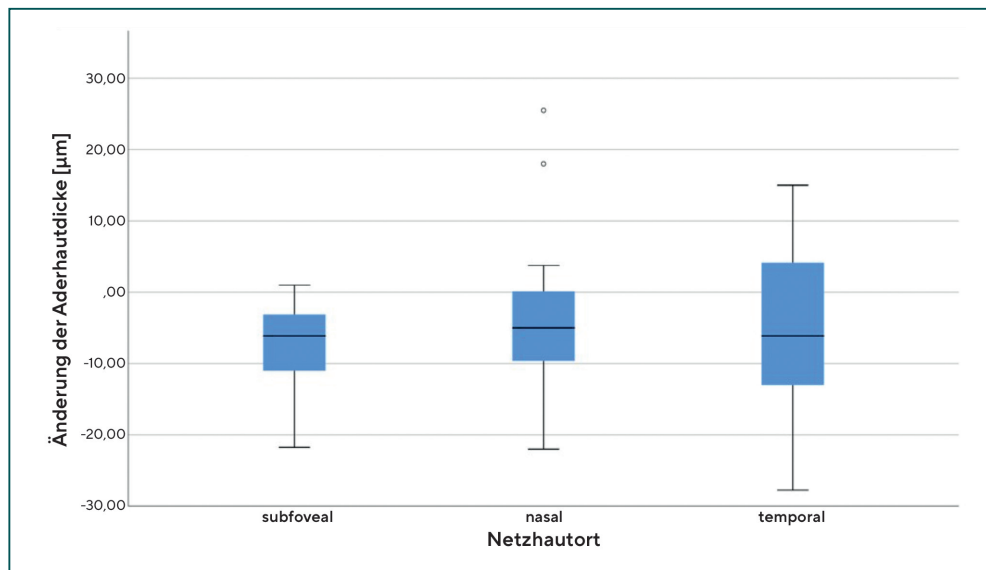


Bild 3: Änderung der Aderhautdicke innerhalb der akkommodativen Phase. Dargestellt sind die aus vier Wiederholmessungen (nach 5 min, 10 min, 15 min bzw. 20 min) gemittelten Messwerte ($n=24$). Die horizontalen Striche zeigen den Median, die Boxen enthalten die beiden inneren Quartile und die Whisker zeigen die Spannweite. Die Kreise zeigen Datenpunkte, welche mehr als der 1,5-fache Interquartilsabstand von der Box entfernt liegen.

Die statistische Analyse soll beantworten, in welchem Ausmaß (1) und in welchem zeitlichen Verlauf (2) der Vorgang der Akkommodation zu einer Änderung der Aderhautdicke führt, ob Myopie einen Einfluss auf diese Änderungen hat (3) und welche Veränderungen während der Regeneration zu beobachten sind (4/5). Vor der Analyse wurden die Messreihen mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft und im Anschluss ein dem Ergebnis entsprechender statistischer Test ausgewählt. Die Berechnung erfolgte mittels der Software IBM SPSS, wobei ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ festgelegt wurde.

Ergebnis

Bild 3 zeigt die durchschnittliche Veränderung der Aderhautdicke aller in die Studie eingeschlossener Augen innerhalb der zwanzigminütigen akkommodativen Phase (Differenzwerte zwischen der Aderhautdicke an Messzeitpunkt 2-5 und der Ausgangsdicke). Mit einer subfovealen Veränderung um $-8,06 \pm 6,24 \mu\text{m}$, nasal um $-4,0 \pm 9,88 \mu\text{m}$ und temporal um $-5,29 \pm 10,89 \mu\text{m}$ konnte eine signifikante Abnahme der Aderhautdicke beobachtet werden (Wilcoxon-Test jeweils $p < 0,01$). Aus den Standardabweichungen und aus den Spannweiten in **Bild 3** ist jedoch ersichtlich, dass die Messwerte eine verhältnismäßig hohe Variabilität aufweisen.

Bild 4 zeigt Lage- und Streumaße für die zeitliche Veränderung der subfovealen Aderhautdicke in myopen und emmetropen Augen während und nach der akkommodativen Phase. In den ersten zehn Minuten der akkommodativen Phase erfolgt in beiden Gruppen eine annähernd lineare Abnahme der Aderhautdicke. Danach pendelt sie sich auf einem gewissen Niveau ein, um innerhalb von zehn Minuten nach dem Ende der akkommodativen Phase wieder zum Ausgangswert zurückzukehren.

Die einfaktorielle Varianzanalyse für Messwiederholung (korrigiert nach Greenhouse-Geisser) ergab unter Annahme

normalverteilter Daten (Shapiro-Wilk-Test), dass sich die subfoveale Aderhautdicke innerhalb der beiden refraktiven Gruppen während der akkommodativen Phase an jedem Messzeitpunkt signifikant ($p < 0,01$) von der Ausgangsdicke unterscheidet, im paarweisen Vergleich (Bonferroni-korrigiert) aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten innerhalb der akkommodativen Phase bestehen (p jeweils $> 0,05$). Fünf bzw. zehn Minuten nach Ende der akkommodativen Phase besteht kein signifikanter Unterschied mehr zur Ausgangsdicke ($p = 1,00$).

Der Vergleich für die Änderung der subfovealen Aderhautdicke (innerhalb der akkommodativen Phase) zwischen den beiden refraktiven Gruppen mit dem Mann-Whitney-U-Test für zwei unabhängige Stichproben ergab, dass die Aderhaut in emmetropen Augen während der akkommodativen Phase mit durchschnittlich $-13,08 \pm 8,58 \mu\text{m}$ signifikant ($p = 0,01$) stärker abnimmt als in myopen Augen mit durchschnittlich $-6,39 \pm 6,06 \mu\text{m}$. Im Grad der Erholung, nach dem Ende der akkommodativen Phase zwischen Messzeitpunkt 5 und 7, unterscheiden sich die refraktiven Gruppen dagegen nicht signifikant ($p = 0,80$). Wie die Fehlerbalken in **Bild 4** zeigen, besteht jedoch eine deutliche Streuung der Messwerte für beide Gruppen.

Diskussion

Das Ziel der Studie ist es, Erkenntnisse über Veränderungen der Aderhautdicke während und nach einer länger andauernden Akkommodationsaufgabe zu erhalten. **Bild 3** bestätigt, dass der Vorgang der Akkommodation zu einer Abnahme der Aderhautdicke führt, wenn auch in einem regional unterschiedlichen Ausmaß. Der statistische Vergleich und die in **Bild 4** dargestellten Messergebnisse lassen zudem vermuten, dass sich die Dickenabnahme zwischen myopen und emmetropen Augen unterscheidet und dass sie offenbar nicht spontan, sondern allmählich stattfindet, wobei der Prozess

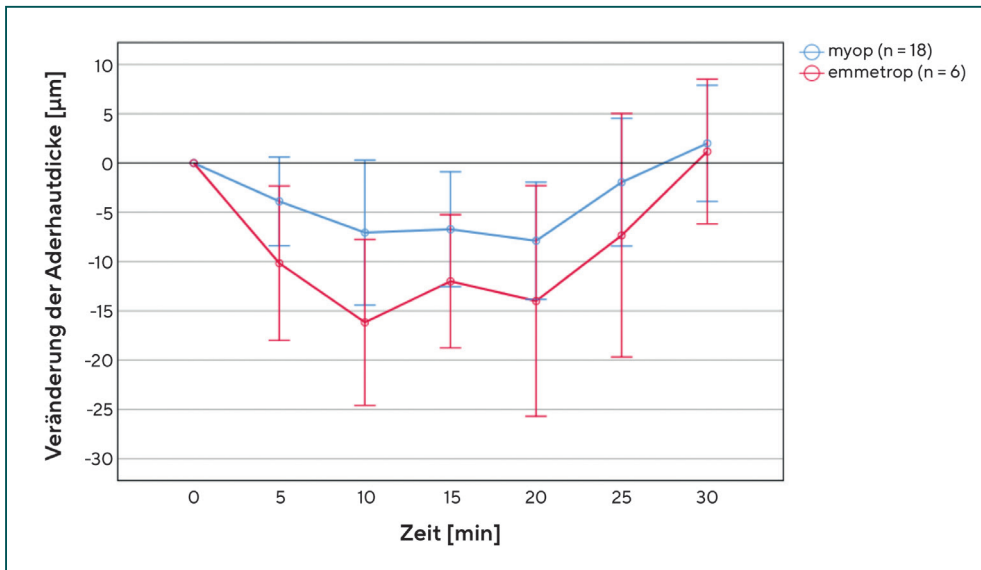


Bild 4: Zeitabhängige Änderung der subfovealen Aderhautdicke in der myopen beziehungsweise emmetropen Probandengruppe. Die Punkte zeigen das arithmetische Mittel, die Fehlerbalken die dazugehörige Standardabweichung an.

der Abnahme bzw. der Rückkehr zum Vorzustand erst nach jeweils etwa zehn Minuten abgeschlossen ist.

Die Beobachtungen über das Ausmaß und den zeitlichen Verlauf der Veränderungen der Aderhautdicke während und nach der Akkommodation decken sich weitgehend mit den wenigen Studien, die bisher zu diesem Thema veröffentlicht wurden.⁸⁻¹⁰ Die Veränderungen sind zwar gering, jedoch sowohl innerhalb als auch zwischen den beiden refraktiven Gruppen signifikant. Der in **Bild 4** sichtbare allmähliche Verlauf der Veränderungen lässt vermuten, dass dabei eine gewisse Abhängigkeit von der Dauer der Akkommodation beziehungsweise von der mit Naharbeit verbrachten Zeit besteht. Diese Vermutung lässt sich gut mit der Erkenntnis vereinbaren, dass es offenbar eine Abhängigkeit von der Entfernung des betrachteten Nahobjektes bzw. von der Intensität des damit verbundenen Akkommodationsreizes gibt. So zeigen Studien mit einem Akkommodationsbedarf von +2,5 dpt⁸ bzw. +3,0 dpt¹⁰ keine signifikanten Veränderungen, die hier vorliegende Studie mit einem Akkommodationsbedarf von +5,0 dpt sowie die Studie von Woodman-Pieterse et al. mit +6,0 dpt dagegen jeweils signifikante Dickenänderungen. Allerdings unterscheiden sich die Erkenntnisse über den Unterschied zwischen den refraktiven Gruppen. Während die hier vorliegende Studie eine geringere Abnahme der Aderhautdicke in myopen Augen aufzeigt, berichten Woodman et. al. von einer stärkeren Veränderung in myopen Augen.⁹ Eine mögliche Erklärung für unsere Ergebnisse ist, dass myope Augen aufgrund von Dehnungserscheinungen eine dünnere Aderhaut als emmetrope Augen haben und sich diese deshalb bei Akkommodation in geringerem Maße verändert. Diese Vermutung wird einerseits gestützt durch die Erkenntnis, dass die Aderhautdicke bei stärkerer Myopie abnimmt¹² andererseits in der vorliegenden Studie gerade an der dünnsten Stelle der Aderhaut (nasal, **Bild 3**) die geringste Abnahme festgestellt wurde.

Die in dieser Studie beobachtete Abnahme der Aderhaut kann möglicherweise damit erklärt werden, dass in der

Aderhaut angesiedelte nicht-vaskuläre glatte Muskelzellen (NVSMC) bei einem erhöhten parasympathischen Signal kontrahieren und dabei Flüssigkeit aus den „Hohlräumen“ der Aderhaut entweicht.⁵ Diese Vermutung wird gestützt durch die Erkenntnisse von Woodman-Pieterse et al., die eine Übereinstimmung zwischen der Verteilung der NVSMC und den regionalen Unterschieden in der choroidalen Dickenänderung feststellen konnten.¹⁰ Ein solcher Ansatz lässt sich zumindest dann gut mit der in unserer Studie festgestellten allmählichen Abnahme der Aderhautdicke vereinbaren, wenn angenommen wird, dass die Flüssigkeit nicht abrupt, sondern allmählich aus den Gewebeschichten entweicht.

Ferner kann argumentiert werden, dass die Änderung der Aderhautdicke durch von der Akkommodation beeinflusste optische Eigenschaften des Auges (Abberationen, Lag of Accommodation u.a.) hervorgerufen wird. Studien zeigen jedoch, dass die Aderhautdicke erst bei einem retinalen Defokus von 3,0 dpt abnimmt,¹³ wobei eine solch starke Defokussierung ein weit schlechteres Netzhautbild erzeugt als die normalerweise mit der Akkommodation einhergehenden Aberrationen. Zudem stimmen die typischerweise durch Akkommodation hervorgerufenen Veränderungen der optischen Aberrationen nicht mit den lagebedingten Veränderungen der Aderhaut überein.¹⁰

Die entwickelte Messmethodik, bei der ein Objekt über einen halbdurchlässigen Spiegel in den Messstrahlengang des OCT-Gerätes projiziert wurde, erwies sich als geeignet. Neben der Bestimmung der Aderhautdicke sind mit diesem Aufbau eine Reihe weiterer biometrischer Messungen bei aktiver Akkommodation denkbar, wie zum Beispiel die Radien- oder Dickenbestimmung der Augenlinse oder die Messung von Veränderungen der Baulänge. Die Auswertung der Daten zur Evaluierung der Messdurchführung ergab, dass weder das Tragen einer weichen Kontaktlinse noch der Kaltlichtspiegel einen signifikant negativen Einfluss auf die Qualität der OCT-Scans oder auf die erhobenen Daten zur Aderhautdicke haben.

Die Stärke der hier vorliegenden Studie liegt in der Entwicklung und Erprobung einer kostengünstigen Messmethodik, welche eine kontinuierliche Akkommodation und zugleich eine Abfolge von OCT-Scans über eine längere Zeitspanne erlaubt. Auch die relativ kurze Messwiederholungsrate sowohl während als auch nach der aktiven Phase der Akkommodation sind hervorzuheben. Zu den möglichen Kritikpunkten zählt, dass der hier verwendete OC-Tomograph bei der Darstellung der Außengrenze der Aderhaut zuweilen an Grenzen gestoßen ist und dass die Bestimmung der Aderhautdicke manuell geschah. Daraus und aus den individuellen Unterschieden zwischen den Probanden ist zu erklären, dass die Messwerte für die akkommodationsbedingten Dickenänderungen relativ stark streuen (**Bild 3** und **Bild 4**) und dass eine gewisse Robustheit der weiter oben getroffenen Aussagen erst durch die mehrfachen Messwiederholungen gegeben ist. Kritisch erscheint auch, dass myope und emmetrope Augen in ungleicher Gruppenstärke eingeschlossen worden sind, dass das Probandenkollektiv nur eine geringe Altersspanne aufweist und dass die Studie keine Probandengruppe mit höherer Myopie enthält. Das ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass es in dieser Studie in erster Linie um die Entwicklung eines geeigneten Messaufbaus sowie um die Gewinnung erster Erkenntnisse im Sinne einer Pilotstudie ging. Vor allem die Aussagen zu den Unterschieden zwischen myopen und emmetropen Augen sollten deshalb mit entsprechender Vorsicht interpretiert werden.

Werden die beobachteten Unterschiede in Studien mit größerem Stichprobenumfang und einer verbesserten Messtechnik (z. B. Swept-Source-OCT mit enhanced-depth-imaging und Analysesoftware) bestätigt, können Rückschlüsse zur Steuerung des Längenwachstums myoper Augen durch die Aderhaut gezogen und das Verständnis über die Mechanismen der Myopie-Entstehung erweitert werden.

Fazit

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Pilotstudie zeigen, dass der Vorgang der Akkommodation zu einer Abnahme der Aderhautdicke führt und dass die Aderhaut nach dem Beenden der Nahaufgabe zu ihrer Ausgangsdicke zurückkehrt. Dabei erwies sich der eigens für die Studie entwickelte Aufbau zur Projektion eines Smartphone-Displays in den Messstrahlengang des OCT-Gerätes als geeignet, die Akkommodation über einen ausreichend langen Zeitraum anzuregen und gleichzeitig wiederholte OCT-Scans durchzuführen.

Außerdem lassen die Ergebnisse vermuten, dass der Vorgang der Akkommodation in emmetropen und myopen Augen mit unterschiedlichen biometrischen Veränderungen der Aderhaut einhergeht.

Korrespondierender Autor



Lukas Reeß
M.Sc. Augenoptik/Optometrie

E-Mail:
lukas.reess@gmail.com

Literatur

- 1 Fricke, T. R., Holden, B. A., Wilson, D. A., Schlenker, G., Naidoo, K. S., Resnikoff, S., Frick, K. D. (2012). Global cost of correcting vision impairment from uncorrected refractive error. *Bulletin of the World Health Organization* 90, 728–738.
- 2 Holden, B. A., Fricke, T. R., Wilson, D. A., Jong, M., Naidoo, K. S., Sankaridurg, P., Wong, T. Y., Naduvilath, T. J., Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 123, 1036–1042.
- 3 Wallman, J., Winawer, J. (2004). Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron*, 43, 447–468.
- 4 Huang, H.-M., Chang, D. S.-T., Wu, P.-C. (2015). The Association between Near Work Activities and Myopia in Children-A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS One*, 10, e0140419.
- 5 Nickla, D. L., Wallman, J. (2010). The multifunctional choroid. *Prog. Retin. Eye Res.*, 29, 144–168.
- 6 Summers, J. A. (2013). The choroid as a sclera growth regulator. *Exp. Eye Res.*, 114, 120–127.
- 7 Zhang, Y., Wildsoet, C. F. (2015). RPE and Choroid Mechanisms Underlying Ocular Growth and Myopia. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* 134, 221–240.
- 8 Ghosh, A., Collins, M. J., Read, S. A., Davis, B. A., Chatterjee, P. (2014). Axial elongation associated with biomechanical factors during near work. *Optom. Vis. Sci.*, 91, 322–329.
- 9 Woodman, E. C., Read, S. A., Collins, M. J. (2012). Axial length and choroidal thickness changes accompanying prolonged accommodation in myopes and emmetropes. *Vision Res.*, 72, 34–41.
- 10 Woodman-Pieterse, E. C., Read, S. A., Collins, M. J., Alonso-Caneiro, D. (2015). Regional Changes in Choroidal Thickness Associated With Accommodation. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 56, 6414–6422.
- 11 World Health Organization (2016). THE IMPACT OF MYOPIA AND HIGH MYOPIA. Report of the Joint World Health Organization-Brien Holden Vision Institute Global Scientific Meeting on Myopia.
- 12 Wei, W. B., Xu, L., Jonas, J. B., Shao, L., Du, K. F., Wang, S., Chen, C. X., Xu, J., Wang, Y. X., Zhou, J. Q., You, Q. S. (2013). Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology*, 120, 175–180.
- 13 Wang, D., Chun, R. K. M., Liu, M., Lee, R. P. K., Sun, Y., Zhang, T., Lam, C., Liu, Q., To, C. H. (2016). Optical Defocus Rapidly Changes Choroidal Thickness in Schoolchildren. *PloS One* 11, e0161535.

COE Multiple-Choice-Fragebogen



Letzter Termin, um die Fragen online auf der Website www.ocl-online.de zu beantworten, ist der 1. November 2022

Frage 1: Die Bestimmung der Aderhautdicke erfolgte auf den Scanbildern für die optische Kohärenztomografie.

Dazu wurden ...

- a) zwei Messpunkte entlang eines vertikalen Scans durch die Foveola festgelegt
- b) drei Messpunkte entlang eines horizontalen Scans durch die Foveola festgelegt
- c) vier Messpunkte entlang eines vertikalen Scans durch die Foveola festgelegt
- d) fünf Messpunkte entlang eines horizontalen Scans durch die Foveola festgelegt

Frage 2: An den festgelegten Messpunkten wurde die Aderhautdicke als Strecke zwischen zwei auf dem Scanbild sichtbaren Schichten ermittelt. Bei den beiden Schichten handelt es sich um ...

- a) die äußere Grenzmembran und die Grenze zur innersten Skleralschicht
- b) das retinale Pigmentepithel (RPE) und die Grenze zur innersten Skleralschicht
- c) die Rezeptorzellschicht und die Grenze zur innersten Skleralschicht
- d) die innere Grenzmembran und die Grenze zur innersten Skleralschicht

Frage 3: In der Studie wurden mehrere OCT-Scans über einen längeren Zeitraum hinweg ausgeführt. Dieser Zeitraum enthielt ...

- a) eine zehnminütige Phase zur Entspannung der Akkommodation, eine zwanzigminütige akkommodative Phase sowie eine weitere zehnminütige Entspannungsphase
- b) eine zehnminütige Phase zur Entspannung der Akkommodation, eine zehnminütige akkommodative Phase sowie eine weitere zehnminütige Entspannungsphase
- c) eine zwanzigminütige Phase zur Entspannung der Akkommodation, eine zehnminütige akkommodative Phase sowie eine weitere zehnminütige Entspannungsphase
- d) eine zwanzigminütige Phase zur Entspannung der Akkommodation, eine zwanzigminütige akkommodative Phase sowie eine weitere zwanzigminütige Entspannungsphase

Frage 4: In die Studie wurden sowohl emmetrope als auch myope Probanden eingeschlossen. Der statistische Vergleich zwischen myopen und emmetropen Augen ergab, dass ...

- a) die Aderhautdicke während der Akkommodation zunimmt und dass in myopen Augen eine stärkere Zunahme erfolgt als in emmetropen Augen
- b) die Aderhautdicke während der Akkommodation zunimmt und dass in emmetropen Augen eine stärkere Zunahme erfolgt als in myopen Augen
- c) die Aderhautdicke während der Akkommodation abnimmt und dass in myopen Augen eine stärkere Abnahme erfolgt als in emmetropen Augen
- d) die Aderhautdicke während der Akkommodation abnimmt und dass in emmetropen Augen eine stärkere Abnahme erfolgt als in myopen Augen

Frage 5: In der Studie wurde die Änderung der Aderhautdicke während und nach einer längeren akkommodativen Phase gegenüber dem Ausgangspunkt untersucht. Für den Messpunkt unmittelbar unterhalb der Fovea zeigt die Statistik, dass ...

- a) während der akkommodativen Phase an jedem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zur Ausgangsdicke besteht
- b) sich die Aderhautdicken zu jedem Messzeitpunkt innerhalb der akkommodativen Phase signifikant voneinander unterscheiden
- c) zehn Minuten nach Ende der akkommodativen Phase immer noch ein signifikanter Unterschied zur Ausgangsdicke besteht
- d) in der Mitte der akkommodativen Phase eine signifikant stärkere Änderung als am Anfang und am Ende der akkommodativen Phase besteht

Frage 6: Eine mögliche Erklärung für die in der vorliegenden Studie beobachtete Änderung der Aderhautdicke während der Akkommodation ist, dass ...

- a) die Kontraktion des Ziliarkörpers eine Zugkraft auslöst, welche über verschiedene Bindegewebsfasern auf die Aderhaut übertragen wird
- b) die Aderhaut Rezeptorzellen enthält, welche auf die während der Akkommodation in das Kammerwasser ausgeschütteten Botenstoffe reagieren
- c) in der Aderhaut angesiedelte Muskelzellen kontrahieren und dabei Flüssigkeit aus den Hohlräumen der Aderhaut entweichen
- d) der Augeninnendruck während der Akkommodation vorübergehend ansteigt und es dadurch zu einer Kompression verschiedener elastischer Schichten kommt