

Ophthalmologie 2022 · 119 (Suppl 1):S33–S40
<https://doi.org/10.1007/s00347-021-01427-z>
 Eingegangen: 8. April 2021
 Überarbeitet: 9. Mai 2021
 Angenommen: 10. Mai 2021
 Online publiziert: 10. Juni 2021
 © Der/die Autor(en) 2021



Hakan Kaymak^{1,2} · Kai Neller^{1,2} · Birte Graff^{1,2} · Kristina Körgesaar⁴ · Achim Langenbacher¹ · Berthold Seitz³ · Hartmut Schwahn²

¹ Institut für Experimentelle Ophthalmologie, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS, Homburg/Saar, Deutschland

² Internationale Innovative Ophthalmochirurgie, Breyer Kaymak Klabe Augenchirurgie, Düsseldorf, Deutschland

³ Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS, Homburg/Saar, Deutschland

⁴ Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Jena, Deutschland

Optometrische Schulreihenuntersuchungen

Erste epidemiologische Daten von Kindern und Jugendlichen der 5. bis 7. Klasse

In der Literatur ist das Einsetzen der Schulmyopie ab dem 6. Lebensjahr beschrieben. Für Kinder und Jugendliche macht sich eine Myopie durch einen unscharfen Seheindruck in der Ferne bemerkbar. Die Dokumentation der Biometrie von Schulkindern über mehrere Jahre liefert wertvolle Erkenntnisse darüber, welche Teile des Auges an dem Prozess der Myopieprogression beteiligt sind. Eltern und Lehrern kann so verdeutlicht werden, welche pathologischen Veränderungen hinter dem von den Kindern wahrgenommenen unscharfen Sehen in der Ferne stecken. Die erhobenen Daten tragen zudem zur epidemiologischen Datenerhebung bei und helfen bei dem Erstellen von Nomogrammen zur besseren Einschätzung des Myopierisikos für Kinder und Jugendliche aus dem europäischen Raum.

Einleitung

Nachdem wir in unserer vorangegangenen Publikation [8] über die logistische Machbarkeit von Schulreihenuntersuchungen berichteten, möchten wir in dieser Arbeit weiter über die erhobenen biometrischen Daten berichten. Der thematische Schwerpunkt unserer ersten Arbeit lag auf der Refraktionsbestimmung in Reihenuntersuchungen und dem daraus entstehenden Mehrwert für die Schulkinder. Es wurde über die unter-

schiedlichen Ergebnisse zwischen objektiver und subjektiver Refraktion sowie über den Einsatz von Anamnesebögen zum Abschätzen der mit einer Myopie in Zusammenhang stehenden Risikofaktoren berichtet.

Wie gezeigt, spielt bei der Schulmyopie der geringe Aufenthalt im Freien eine große Rolle [8]. Davon abzugrenzen ist eine Myopie, bei welcher Umweltfaktoren keinen direkten Einfluss auf die vorliegende Myopieprogression im Kindes- und Jugendalter nehmen, da hier die Entwicklung einer Myopie primär durch genetische Faktoren begründet ist [24].

Das physiologische Augenwachstum für im Erwachsenenalter emmetrope Kinder und Jugendliche wird in Bezug auf das Achslängenwachstum mit 0,1 mm/Jahr für 6- bis 14-Jährige angegeben [12], mit welchem auch eine vertikale und horizontale Vergrößerung des Auges und eine Zunahme des Hornhautdurchmessers verbunden ist, welches zu einer Abnahme der Hornhautbrechkraft führt [5]. Bei diesem Prozess verändert sich der Refraktionsstatus der Augen von einer leichten Hyperopie zu einer Emmetropie, welche in der Literatur für einen Bereich des sphärischen Äquivalents (SÄ) von $-0,50 < SÄ \leq +0,5$ dpt beschrieben wird. Zur Emmetropisierung trägt auch eine Veränderung der Augenlinse bei, welche sich im Wachstumsprozess des Auges abflacht [13].

Bei der Entwicklung einer Myopie ist das Augenwachstum erhöht; die gemessene Achslänge ändert sich durchschnittlich um mehr als 0,1 mm/Jahr, wobei hier bei der Interpretation einer Myopieprogression zu beachten gilt, dass Tideman et al. [21] eine Zunahme von 0,19 mm/Jahr bei 9-Jährigen nicht als pathologisch sehen.

Wird die Myopieprogression andererseits über den Refraktionsstatus beschrieben, so haben Rozema et al. [17] gezeigt, dass die Abnahme der Linsendicke bei gerade myop werdenden Kindern stärker ist als bei emmetropen Kindern. Mit der Abnahme der Linsendicke ist eine Abnahme der Linsenbrechkraft verbunden, wodurch das Einsetzen der Myopie herausgezögert wird [7].

Wie auch von Brennan et al. [1] beschrieben, kann die Dokumentation der Zunahme der Achslänge aussagekräftiger sein als das alleinige Erheben der Refraktion. Allerdings ist hierzu das Erstellen von Nomogrammen wie bei Tideman et al. [21] notwendig, um altersspezifisch ein zu hohes Augenwachstum unabhängig von dem aktuellen Refraktionsstatus des Auges erkennen zu können. Unsere hier vorgestellte Arbeit verfolgt das Ziel, weitere Normdaten für den westeuropäischen Raum zur Verfügung zu stellen.

Um der Entwicklung einer hohen Myopie vorzubeugen, gibt es inzwischen spezielle Brillengläser [9, 18], multifokale

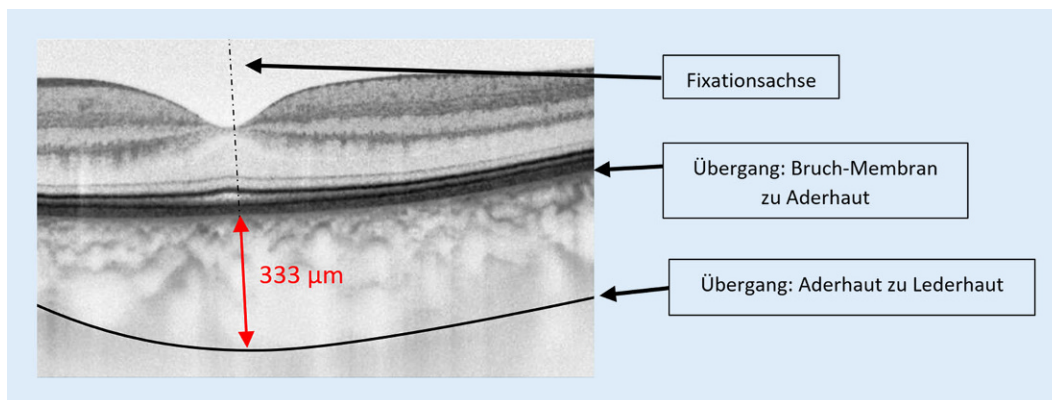


Abb. 1 ▲ Beispielhafte Darstellung zur Auswertung der subfovealen Aderhautdicke. In diesem Fall beträgt diese 333 µm. Es wurde manuell die Strecke zwischen den gekennzeichneten Übergängen gemessen. Die Gerade (rot) steht senkrecht auf der Bruch-Membran, fluchtend zur Fixationsachse des Auges. Der B-Scan wird in der Cirrus-Software im Verhältnis 3:1 dargestellt, die Software berücksichtigt diese Verzerrung in den Längenangaben

Kontaktlinsen [23] sowie die pharmakologische Therapie mit Atropin [3]. Es ist aus asiatischen Studien zur Hemmung der Myopieprogression bei Kindern und Jugendlichen bekannt, dass Atropin-Augentropfen eine direkte Auswirkung auf den Pupillendurchmesser und die Aderhautdicke des Auges haben [10, 25]. Hier können die im Rahmen des Pilotprojektes erhobenen Werte dazu beitragen, Normdaten für das Therapiemanagement für europäische Kinder bereitzustellen.

Material und Methoden

Alle Untersuchungen wurden mit Zustimmung der Ethikkommission (Nr.: 2019/1520), im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 durchgeführt. Von allen beteiligten Schulkindern und deren Eltern liegt eine Einverständniserklärung vor.

Durchführung der ersten Datenerhebung

Von September bis November 2019 fanden die ersten Vollerhebungen der 5. bis 7. Jahrgangsstufen an einem staatlichen Gymnasium im Raum Düsseldorf statt. Neben der zuvor beschriebenen Erhebung der objektiven und subjektiven Refraktionswerte [8] wurden mittels Biometer (IOL-Master 700, Zeiss, Oberkochen, Deutschland) an beiden Augen die Achslänge, Linsendicke, Vorderkammertiefe, zentrale Hornhautdicke sowie die vorde-

ren Hornhautradien gemessen. Zur Bestimmung der subfovealen Aderhautdicke erfolgte ein hochauflösender B-Scan der Makula (Cirrus 5000, Zeiss, Oberkochen, Deutschland). Die Aderhautdicke wurde manuell mit der Cirrus Software (Zeiss, Oberkochen, Deutschland) ausgewertet (Vorgehen s. **Abb. 1**). Die subfoveale Aderhautdicke wurde auch durch einen zweiten Autor bestimmt. Bei der Interraterreliabilität betrug der Intraklassenkorrrelationskoeffizient 0,89.

Der mesopische (4 Lx) und der photopische (300 Lx) Pupillendurchmesser wurden mittels Videopupillographie (Aladdin, Topcon, Tokyo, Japan) ermittelt.

Statistische Analyse

Der Pearson-Korrelationskoeffizient für lineare Zusammenhänge und die Regressionsgerade wurden mit Matlab Version 2020b (MathWorks, Natick, MA, USA) berechnet. Der t-Test für unabhängige Stichproben zum Testen auf Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Augen wurde mit der Software Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA) durchgeführt. Für die statistische Auswertung wurden die Daten der rechten Augen verwendet.

Ergebnisse

Im Herbst 2019 nahmen 274 Schulkinder freiwillig an den Untersuchungen teil. Die biometrischen Daten von 257 Schulkindern ($11,2 \pm 1,1$ Jahre) der 5. bis

7. Klasse konnten erhoben werden. Bei 17 Schulkindern (6,2%) konnten die biometrischen Daten aufgrund von schlechter Fixation während der Messung und der damit verbundenen unvollständigen und fehlerbehafteten Erfassung der Messwerte in der Software des Geräts nicht ausgewertet werden. Die subfoveale Aderhautdicke mittels OCT konnte bei 240 Schulkindern ausgewertet werden. Bei 34 Schulkindern (12,4%) konnte aufgrund unruhiger Fixation kein klarer OCT-B-Scan erfolgen. Bei 270 Schulkindern konnte die Pupillengröße unter photopischen und mesopischen Lichtbedingungen gemessen werden. Hier waren es lediglich 4 (1,46%) Schulkinder, welche aufgrund von schlechter Fixation in der Pupillometrie nicht vermessen werden konnten.

In den **Tab. 1 und 2** sind die gemessenen Parameter für die Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit des Alters dargestellt.

In **Tab. 3** sind die biometrischen Daten der weiblichen und männlichen Augen gegenübergestellt. Das Testen auf Normalverteilung der einzelnen Parameter mittels Kolmogorov-Smirnov-Test ergab, dass alle Parameter beider Geschlechter normalverteilt sind. Mittels t-Test wurde auf Unterschiede zwischen den einzelnen Parametern getestet (Signifikanzniveau: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

In **Abb. 2** sind die mit dem Biometer gemessenen Parameter dargestellt. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs

H. Kaymak · K. Neller · B. Graff · K. Körgeaar · A. Langenbucher · B. Seitz · H. Schwahn

Optometrische Schulreihenuntersuchungen. Erste epidemiologische Daten von Kindern und Jugendlichen der 5. bis 7. Klasse

Zusammenfassung

Hintergrund. Wiederkehrende Schulreihenuntersuchungen dienen dazu, Kinder und Jugendliche mit erhöhtem Achslängenwachstum der Augen zu identifizieren und dafür zu sensibilisieren, dass die richtige Sehhilfe und ausreichend Aufenthalt im Freien präventive Faktoren gegen die Entwicklung einer hohen Myopie sind. Die erhobenen biometrischen Daten helfen außerdem, die epidemiologischen Datenlage zur Schulmyopie zu erweitern, die schließlich eine Grundlage für die Auswahl von Therapieoptionen bilden.

Material und Methoden. Mittels berührungsfreier Biometrie wurden Hornhautradius, zentrale Hornhautdicke, Vorderkammertiefe, Linsendicke und Achslänge der Augen ermittelt. Optische Kohärenztomographie (OCT) wurde zur Bestimmung der subfovealen

Aderhautdicke eingesetzt. Zusätzlich wurden der mesopische und photopische Pupillendurchmesser bestimmt.

Ergebnisse. Biometrische Daten der Augen konnten von 257 (Alter $11,2 \pm 1,1$ Jahre, 31,9% [82] weiblich, 68,1% [175] männlich) der untersuchten 274 Schulkinder erhoben werden. Es zeigten sich ein mittlerer Hornhautradius (Mittelwert [MW] \pm Standardabweichung [SD], weiblich/männlich) von $7,74 \pm 0,23/7,89 \pm 0,22$ mm, zentrale Hornhautdicke von $556,80 \pm 31,31/565,68 \pm 33,12$ μ m, Vorderkammertiefe von $3,62 \pm 0,28/3,71 \pm 0,25$ mm, Linsendicke von $3,48 \pm 0,18/3,46 \pm 0,17$ mm sowie Achslänge von $23,03 \pm 0,88/23,51 \pm 0,88$ mm. Die subfoveale Aderhautdicke konnte bei

240 Schulkindern ausgewertet werden und betrug $335,12 \pm 60,5$ μ m. Die gemessene mesopische und photopische Pupillengröße betrug $6,38 \pm 0,70$ mm bzw. $3,11 \pm 0,63$ mm.

Diskussion. Die ermittelten Achslängen der Augen stimmen mit den Normwerten bei europäischen Kindern überein. Es zeigt sich ein Unterschied in der Biometrie zwischen weiblichen und männlichen Augen. Die geplanten Wiederholungsuntersuchungen werden das Erstellen von ersten Wachstumskurven ermöglichen.

Schlüsselwörter

Myopie · Biometrie · Achslänge · Schulkinder · Epidemiologie

Optometric eye screening in schools. First epidemiological data for children and adolescents in grades 5–7

Abstract

Background. Annually recurring optometric screening helps to identify children with increased axial growth and also to create awareness for wearing properly corrected glasses and for spending enough time outdoors, both of which are crucial for healthy eyes. The obtained biometric data help to expand the epidemiological information on myopia in schoolchildren, which is fundamental for the selection of the correct treatment.

Material and methods. Contact-free biometry of the eye was used to assess central corneal thickness, anterior chamber depth, lens thickness and axial length. Central choroidal

thickness was manually assessed using optical coherence tomography (OCT). In addition, the mesopic and photopic pupil sizes were measured.

Results. Biometric data were obtained from 257 (mean age 11.2 ± 1.1 years, 31.9% female, $n = 82$, 68.1% male, $n = 175$) out of a total of 274 examined children. Mean corneal radius (mean \pm SD, female/male) was 7.74 ± 0.23 mm/ 7.89 ± 0.22 mm, central corneal thickness was 556.80 ± 31.31 μ m/ 565.68 ± 33.12 μ m, anterior chamber depth was 3.62 ± 0.28 mm/ 3.71 ± 0.25 mm, lens thickness was 3.48 ± 0.18 mm/ 3.46 ± 0.17 mm and axial

length was 23.03 ± 0.88 mm/ 23.51 ± 0.88 mm. Choroidal thickness was assessed in 240 children and was 335.12 ± 60.5 μ m. Mesopic and photopic pupil sizes were 6.38 ± 0.70 mm and 3.11 ± 0.63 mm, respectively.

Conclusion. The axial lengths found are consistent with the normal values for European children. A difference between male and female eyes could be observed. The repetition of these examinations in the future will enable the generation of growth charts.

Keywords

Myopia · Biometry · Axial length · Schoolchildren · Epidemiology

in den Altersklassen 9 sowie 13 bis 16 sind in **Abb. 2** die Altersklassen von 10 bis 12 Jahren ausgewertet.

Die **Abb. 3** zeigt die gemessene Refraktion in Abhängigkeit von den erhobenen Parametern mittlerer Hornhautradius, Hornhautdicke, Vorderkammertiefe, Linsendicke und Achslänge. Bei 184 der 257 untersuchten Schulkinder wurde neben der objektiven Refraktion auch die subjektive Refraktion ermittelt, sodass diese, wenn vorhanden, zur Aus-

wertung der in **Abb. 3** gezeigten Daten verwendet wurde. In den restlichen 73 Fällen wurden die Werte der objektiven Refraktion verwendet.

Wird der gesamte Refraktionsbereich betrachtet, so kann die Korrelation zwischen Achslänge und Refraktion ($r = -0,70$) durch die Regressionsgerade $S\ddot{A}[dpt] = -1,13 AL + 26,54$ beschrieben werden (Achslänge = AL). Über einen Refraktionsbereich von -3 bis 3 dpt sinkt der Korrelationskoeffizient auf

$-0,48$, und die Regressionsgerade ändert sich zu $S\ddot{A}[dpt] = -0,54 AL + 12,60$.

Subfoveale Aderhautdicke

Es zeigt sich keine Korrelation zwischen der subfovealen Aderhautdicke und der Refraktion (**Abb. 3**). Die subfoveale Aderhautdicke beträgt (MW \pm SD) insgesamt $335,12 \pm 60,5$ μ m und aufgeteilt nach Geschlecht (weiblich/männlich) $342,92 \pm 59,19/331,73 \pm 60,87$ μ m.

Tab. 1 Darstellung der mittels IOL-Master 700 (Fa. Zeiss) ermittelten Parameter für die Schülerinnen. Alle Werte angegeben in MW \pm SD, außer wenn Anzahl kleiner 3

Alter (Jahre)	Anzahl	Mittlerer Hornhautradius in mm	Zentrale Hornhautdicke in μ m	Vorderkammertiefe in mm	Linsendicke in mm	Achslänge in mm
9	2	7,78/8,31	545/541	3,31/3,36	3,62/3,42	22,64/23,98
10	24	7,71 \pm 0,19	546,50 \pm 24,99	3,66 \pm 0,24	3,45 \pm 0,16	22,95 \pm 0,49
11	22	7,70 \pm 0,22	557,86 \pm 27,62	3,61 \pm 0,36	3,47 \pm 0,25	22,76 \pm 1,05
12	29	7,77 \pm 0,24	561,55 \pm 36,34	3,62 \pm 0,25	3,50 \pm 0,16	23,27 \pm 0,86
13 bis 14	5	7,76 \pm 0,25	579,60 \pm 36,12	3,52 \pm 0,11	3,51 \pm 0,16	23,18 \pm 1,46

Tab. 2 Darstellung der mittels IOL-Master 700 (Fa. Zeiss) ermittelten Parameter für die Schüler. Alle Werte angegeben in MW \pm SD, außer wenn Anzahl kleiner 3

Alter (Jahre)	Anzahl	Mittlerer Hornhautradius in mm	Zentrale Hornhautdicke in μ m	Vorderkammertiefe in mm	Linsendicke in mm	Achslänge in mm
9	1	7,77	562,00	3,98	3,27	23,60
10	56	7,82 \pm 0,21	563,41 \pm 38,13	3,69 \pm 0,26	3,47 \pm 0,19	23,23 \pm 0,80
11	50	7,92 \pm 0,21	564,68 \pm 30,91	3,74 \pm 0,25	3,42 \pm 0,16	23,57 \pm 0,78
12	55	7,93 \pm 0,22	565,71 \pm 30,41	3,69 \pm 0,25	3,48 \pm 0,18	23,65 \pm 1,03
13	9	7,84 \pm 0,24	575,22 \pm 28,61	3,73 \pm 0,30	3,49 \pm 0,16	23,83 \pm 0,69
14 bis 16	4	7,92 \pm 0,17	589,00 \pm 37,55	3,76 \pm 0,34	3,48 \pm 0,12	24,04 \pm 0,93

Tab. 3 Gegenüberstellung der gemessenen Biometrien der weiblichen und männlichen rechten Augen. Alle Werte angegeben in MW \pm SD

Geschlecht	Anzahl	Mittlerer Hornhautradius in mm	Zentrale Hornhautdicke in μ m	Vorderkammertiefe in mm	Linsendicke in mm	Achslänge in mm
Weiblich	82	7,74 \pm 0,23	556,80 \pm 31,31	3,62 \pm 0,28	3,48 \pm 0,18	23,03 \pm 0,88
Männlich	175	7,89 \pm 0,22***	565,68 \pm 33,12*	3,71 \pm 0,25**	3,46 \pm 0,17	23,51 \pm 0,88***

Pupillendurchmesser

Der mesopische Pupillendurchmesser beträgt insgesamt $6,38 \pm 0,70$ mm und aufgeteilt nach Geschlecht (weiblich/männlich) $6,31 \pm 0,68/6,41 \pm 0,72$ mm. Der photopische Pupillendurchmesser beträgt $3,11 \pm 0,63$ mm und aufgeteilt nach Geschlecht (weiblich/männlich) $3,12 \pm 0,68/3,10 \pm 0,61$ mm. In **Abb. 4** sind der gemessene mesopische und photopische Pupillendurchmesser nach Altersklassen (10 bis 12 Jahre) in Boxplotdiagrammen dargestellt.

Diskussion

Im Rahmen dieser ersten Messserie unserer Pilotstudie zu optometrischen Schulreihenuntersuchungen konnten die 5. bis 7. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums erfolgreich vermessen werden. Aufgrund der COVID-19-Pandemie und den damit verbundenen anhaltenden Restriktionen an den Schulen können die Folgemessungen und die damit verbundene Auswertung zur Änderung der erhobenen

Biometrie und Refraktion an den Schulen derzeit noch nicht stattfinden. Es ist geplant, das Projekt Ende 2021 fortzuführen. Dann werden neben neuen Erstuntersuchungen in den unteren Klassen auch die Folgemessungen an den im Herbst 2019 untersuchten Kindern stattfinden können.

Umfangreiche Erhebung der Biometrie

In aktuellen europäischen Studien zur Schulmyopie wurden neben Refraktion und Brillenwerten auch biometrische Daten der Augen wie der Hornhautradius und die Achslänge veröffentlicht, da diese neben der Refraktion für das Beschreiben einer Myopie relevante Parameter sind [11, 19, 21]. Studien aus Asien und Amerika erhoben zusätzlich auch die Linsendicke und die damit verbundene Änderung der Linsenbrechkraft [17, 26]. Eine Einordnung unserer Daten in Bezug auf Vorderkammertiefe, Linsendicke und Hornhautradien in die Literatur ist schwierig, da keine vergleichbare Alters-

gruppe in der Literatur gefunden werden konnte. Asiatische Studien können generell schwer zum Vergleich herangezogen werden, da asiatische Augen sich in der Biometrie des vorderen Augenabschnitts von europäischen Augen unterscheiden [15].

Die gemessenen Achslängen der Augen bestätigen die Normdaten von Tideman et al. [21] zu europäischen Kindern gleicher Altersgruppen, die anhand der Daten aus der Generation R, ALSPAC und RS-III-Studien Nomogramme zur Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Augenlängen in der Population in Abhängigkeit des Alters erstellten [21]. So liegen die Mediane für die aktuell gemessenen Achslängen der 10- bis 12-jährigen Mädchen und Jungen in etwa auf der 50 %-Perzentile des Nomogramms aus Tideman et al. [21] (s. **Abb. 5**).

Die in **Abb. 3** gezeigten erhobenen biometrischen Daten zeigen primär bei der gemessenen Achslänge einen Zusammenhang zwischen der Refraktion und der Achslänge (Pearson-Korrelationskoeffizient von 0,7). Dies zeigt, dass die

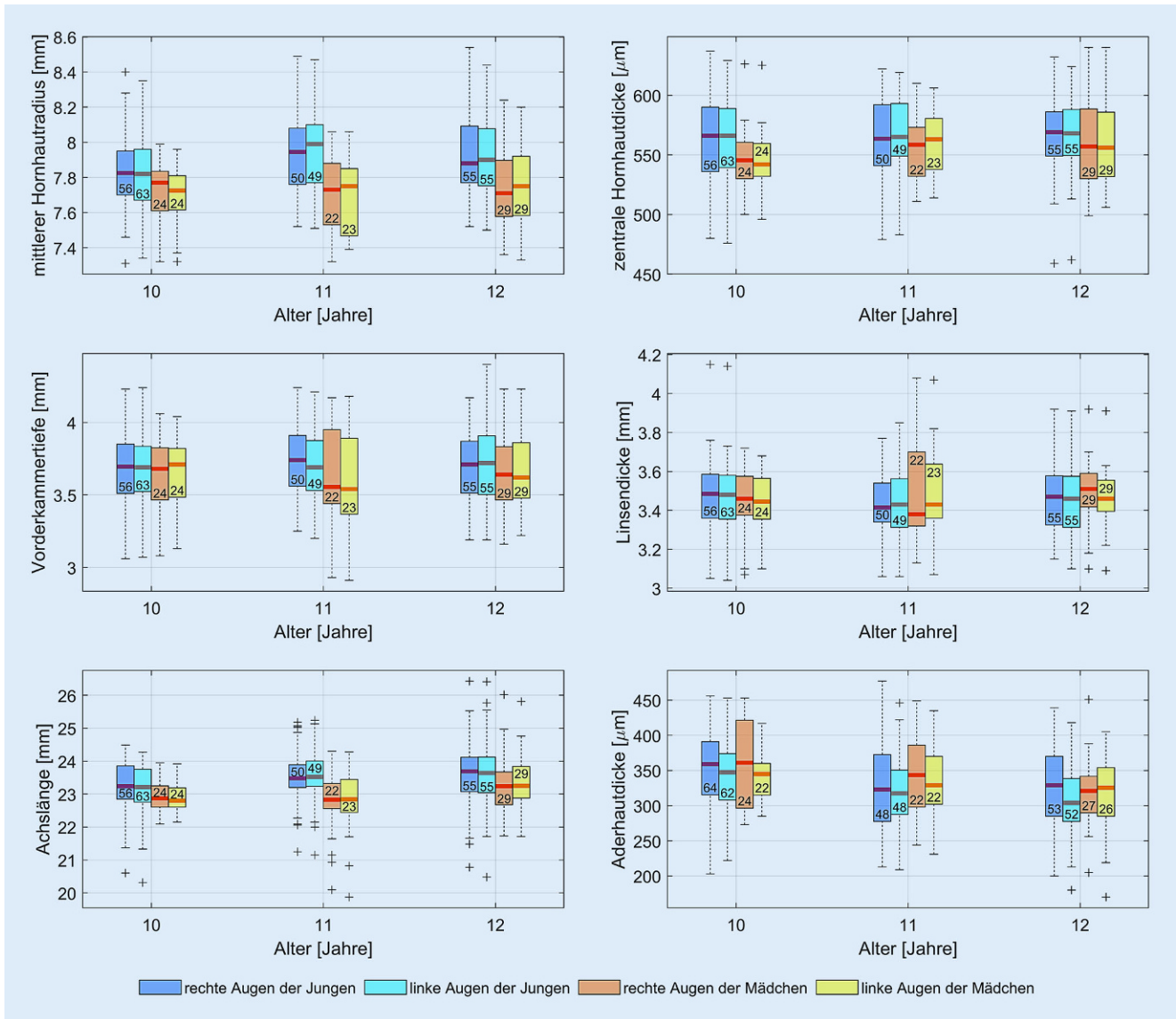


Abb. 2 ▲ Biometrie der gemessenen Augen, aufgeteilt in rechte und linke Augen der Mädchen und Jungen für die Altersgruppen 10 bis 12 Jahre. Die Zahl in den Boxplots gibt die jeweilige Stichprobengröße an

durch eine Myopie verbundenen refraktiven Veränderungen primär durch ein Wachstum des hinteren Augenpols verursacht werden.

Es findet sich der aus der Literatur bekannte Unterschied, dass in derselben Altersklasse Augen von Jungen signifikant länger sind als die von Mädchen [21, 22].

Alle Messungen wurden ohne die Verabreichung von Zykloplegika durchgeführt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass manche Kinder bei der Messung im teilweisen akkommodierten Zustand gemessen wurden. Dies kann im Hinblick auf die Auswertung der Biometrie

zu einer leicht kleineren gemessenen Vorderkammertiefe und zu einer leicht höheren gemessenen Linsendicke geführt haben, da sich der vordere und hintere Radius der Augenlinse bei Akkommodation verkleinert, was die Mittendicke der Linse erhöht. Bezogen auf die in [8] gezeigten Refraktionswerte der objektiven und subjektiven Refraktion, hat sich gezeigt, dass ein Autorefraktometer aufgrund der Akkommodationsfähigkeit der Kinder die gemessenen Refraktionswerte mit einem mehr negativen Wert im Vergleich zur subjektiven Refraktion angeben kann. Hinzu kommt, dass die Wiederholgenauigkeit der Messung mit

einem Autorefraktometer mit $\pm 0,50$ dpt angegeben wird [4].

Das Einsetzen der Myopie bei Kindern kann nur durch die Refraktion beurteilt werden, das Fortschreiten der Myopie aber am besten durch das regelmäßige Messen der Achslänge. Der Grund hierfür ist folgender: Hinsichtlich der Beurteilung und Interpretation der gemessenen Myopieprogression verweisen Brennan et al. [1] darauf, dass der Zusammenhang zwischen der Refraktion und der Achslänge nicht linear ist. So ist eine Änderung von 2,7 dpt/mm nur für eine Achslängenänderung bei einem Ausgangswert von 23 mm zulässig. Bei

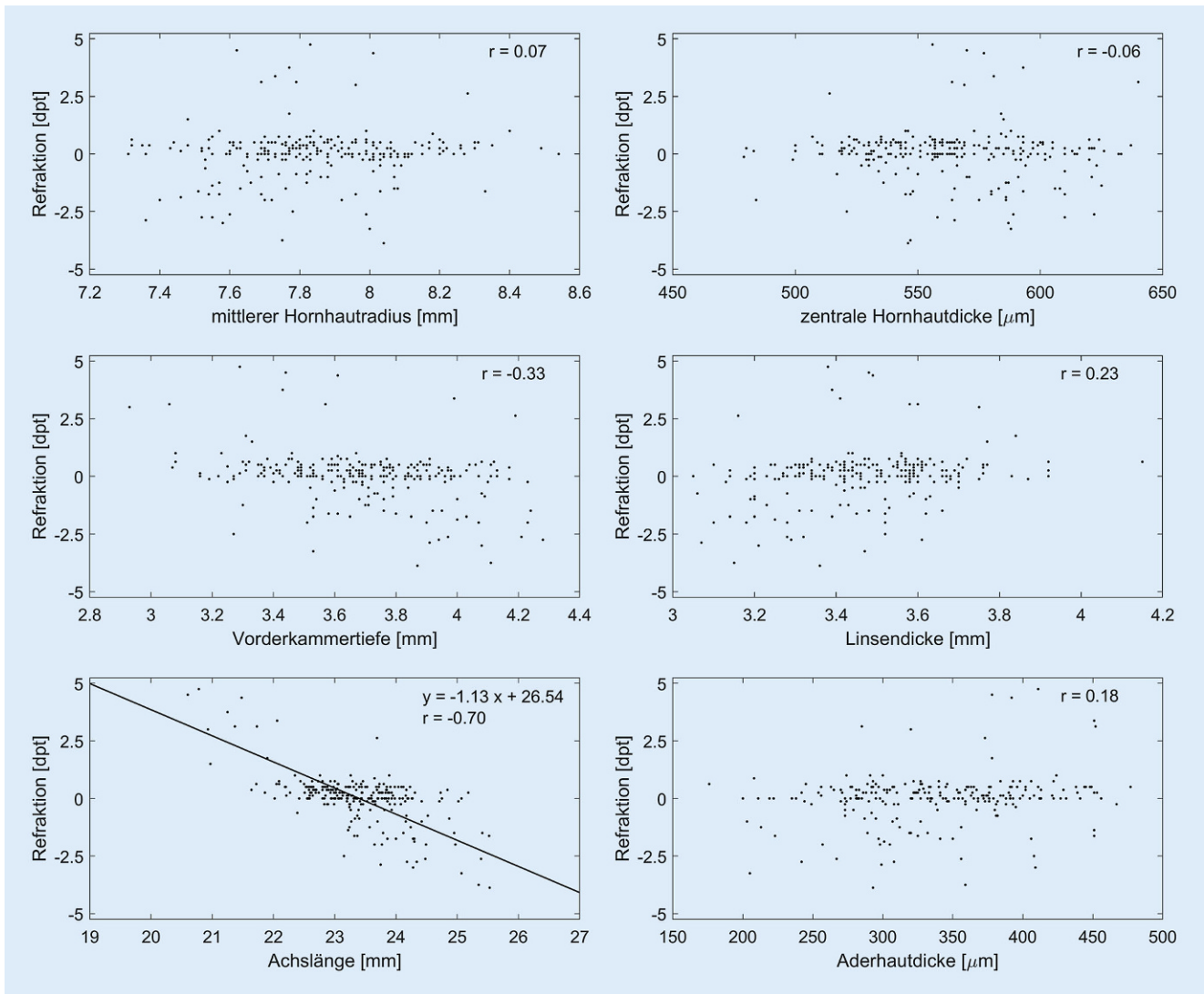


Abb. 3 ▲ Dargestellt sind die einzelnen biometrischen Parameter sowie die subfoveale Aderhautdicke der rechten Augen in Abhängigkeit der gemessenen Refraktion (SÄ) über einen Bereich von -5 bis 5 dpt. Nicht mit dargestellt sind 5 Datenpunkte ($n = 2$ für SÄ < -5 dpt, $n = 3$ für SÄ > 5 dpt). Der mögliche lineare Zusammenhang zwischen den einzelnen Werten ist über den Korrelationskoeffizient r dargestellt

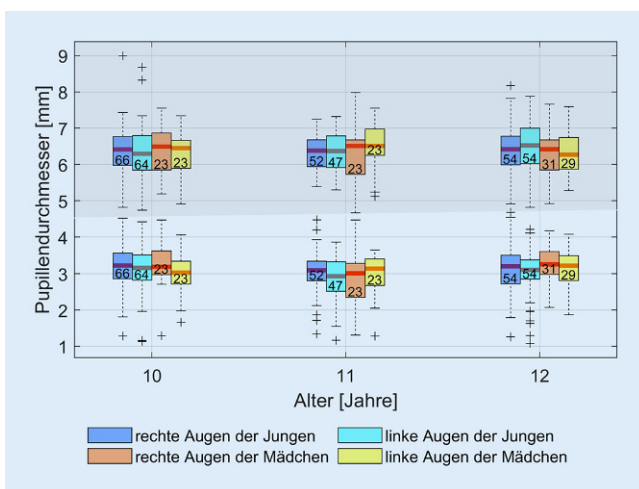


Abb. 4 ◀ Mesopischer (grau hinterlegt) und photopischer Pupillendurchmesser aufgeteilt in rechte und linke Augen der Mädchen und Jungen für die Altersgruppe 10 bis 12 Jahre

gleichbleibendem vorderem Augenabschnitt ändert sich die Refraktion bei einer Zunahme um 1 mm bei einem Auge von 30 mm Länge um weniger als 1,3 dpt/mm. So ist das Messen der Achslänge hinsichtlich der Interpretation der Myopieprogression weniger fehlerbehaftet als das Erheben der Refraktion. Die Messung der Achslänge mit dem IOL-Master 700 wird mit einer Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,01$ mm (95 %-Konfidenzintervall) angegeben, was einer Genauigkeit in der Refraktion von $\pm 0,03$ dpt entspricht [2].

Wir plädieren für eine Ergänzung der Vorsorgeuntersuchungen für Kinder und

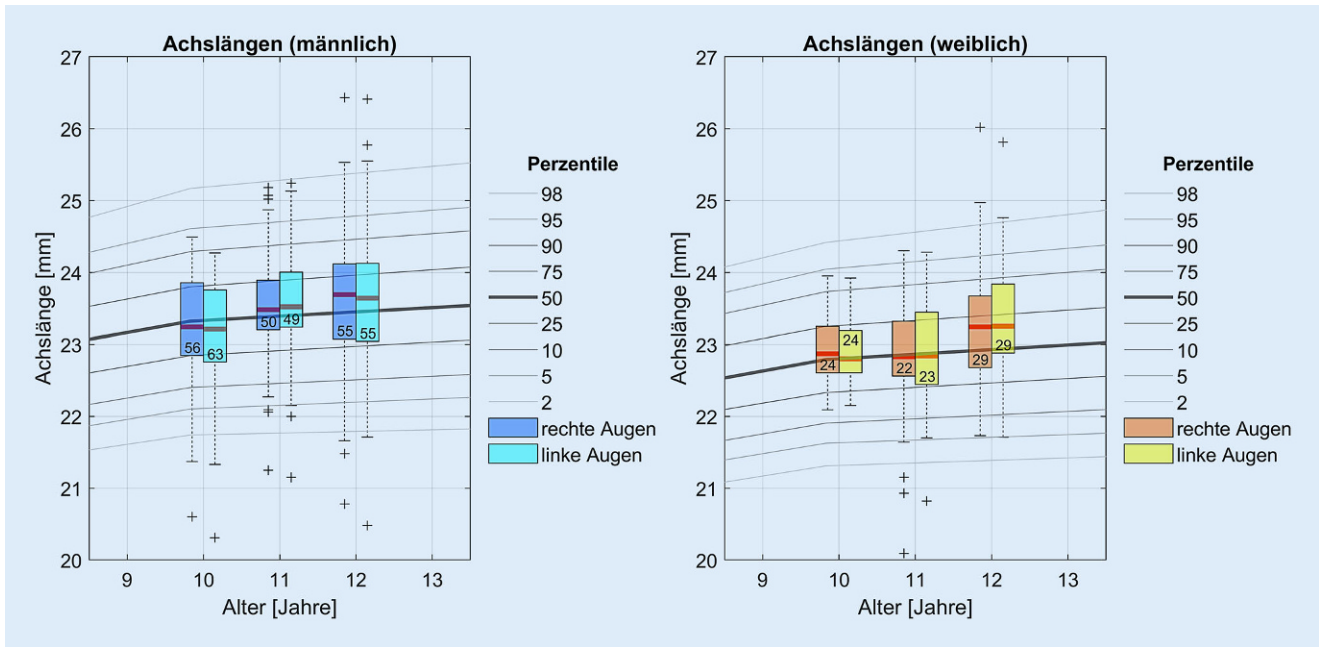


Abb. 5 Einordnung der gemessenen Achslängen je Altersgruppe und Geschlecht in einen Auszug aus [21], in denen die eingezeichneten Perzentilenkurven die Verteilung der Achslänge aus den Daten der Generation R, ALSPAC und RS-III-Studien angeben. Die Zahl in den Boxplots gibt die jeweilige Stichprobengröße an

Jugendliche um eine spezielle Myopie-vorsorgeuntersuchung. Ein erster Schritt könnte das Messen der Biometrie der Augen in der U9 und J1-Untersuchung zur Früherkennung von Krankheiten bei Kindern und Jugendlichen sein, allerdings sind diese Untersuchungen schon recht umfangreich, und es bedürfte einer zusätzlichen Schulung der Allgemeinärzte.

Auswertung der Aderhautdicke

Anhand der Daten der Folgemessungen gilt es in Zukunft zu überprüfen, ob mit einem Achslängenwachstum auch eine Abnahme in der subfovealen Aderhautdicke einhergeht [16]. Unsere Daten zeigen, dass die subfoveale Aderhautdicke bei Kindern und Jugendlichen dicker ist ($335,12 \pm 60,5 \mu\text{m}$ bei $11,2 \pm 1,1$ Jahren) als bei Erwachsenen ($271,7 \pm 67,6 \mu\text{m}$ bei 45 ± 16 Jahren [14]).

Das Durchführen eines B-Scans der Makularegion der Netzhaut bei der ersten Untersuchung der Kinder reicht aus, um mögliche Pathologien auszuschließen. Die Befundung der Aufnahme durch einen Arzt im Anschluss an die Untersuchung ist jedoch sehr zeitintensiv. Hier ist in Zukunft eine durch künstliche In-

telligenz gestützte Vorbefundung wie bei Shah et al. [20] denkbar. Für die automatische Auswertung biometrischer Daten aus der OCT-Messung, besonders der Aderhautdicke, ist zurzeit noch keine in die Geräte integrierte Software verfügbar, sodass auf eine manuelle Auswertung zurückgegriffen werden muss, die sehr zeitintensiv ist und sich für Schreienuntersuchungen nicht eignet.

Es erscheint sinnvoll, in Zukunft auch den parapapillären Bereich der Netzhaut bei den Untersuchungen mit zu dokumentieren, da insbesondere hier Veränderungen der Netzhaut in Zusammenhang mit der Myopieprogression zu beobachten sind [6]. Am besten geeignet ist ein Fundusfoto der Netzhaut, wobei ein Gerät, wie beispielsweise das Triton (Fa. Topcon), besonders geeignet zu sein scheint, da dieses die Fundusfotografie und OCT-Aufnahme vereint.

Auswertung der Pupillengröße

Der gefundene mittlere mesopische und photopische Pupillendurchmesser liegt bei $6,38 \pm 0,70 \text{ mm}$ und $3,11 \pm 0,63 \text{ mm}$. Zum Vergleich liegen der mesopische und photopische Pupillendurchmesser der asiatischen Vergleichsgruppe von

Yam et al. [25], welche unter gleichen Lichtbedingungen gemessen wurden, bei $6,66 \pm 0,69 \text{ mm}$ und $3,75 \pm 0,82 \text{ mm}$. Die Werte der europäischen Kinder und der asiatischen Kinder stimmen also praktisch überein.

Fazit für die Praxis

Die durch ein Biometer erhobene Achslänge zeigt einen direkten Zusammenhang zwischen der Länge der Augen und der Refraktion und ist ein wertvolles Instrument, welches unabhängig von der Akkommodation Informationen zum Wachstumsstatus des Auges liefern kann.

Korrespondenzadresse

Hakan Kaymak
Internationale Innovative Ophthalmochirurgie,
Breyer Kaymak Klabe Augenchirurgie
Düsseldorf, Deutschland
dr.h.kaymak@gmail.com

Danksagung. Besonderer Dank gilt der Dr. Rolf M. Schwiete Stiftung (Mannheim) und der Firma Novartis (Nürnberg) für die finanzielle Unterstützung bei der Durchführung des Projektes. Zudem sei der Fa. Zeiss (Oberkochen) für die Leihstellung des IOL-Master 700 gedankt. Wir möchten uns auch bei den 3 Schülern der Meisterschule des Zentralverbandes

der Augenoptiker (Knechtsteden) bedanken, die uns an 2 Messtagen tatkräftig unterstützten. Unser besonderer Dank gilt auch den Lehrkräften der Schule, die sich um Verständnis bei der Elternschaft bemüht haben, um diese Untersuchungen zu ermöglichen.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Kaymak, K. Neller, B. Graff, K. Körgeaar, A. Langenbucher, B. Seitz und H. Schwahn geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Brennan NA, Toubouti YM, Cheng X, Bullimore MA (2020) Efficacy in myopia control. *Prog Retin Eye Res.* <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100923>
- Bullimore MA, Slade S, Yoo P, Otani T (2019) An Evaluation of the IOLMaster 700. *Eye Contact Lens* 45(2):117–123. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000552>
- Chia A, Lu Q-S, Tan D (2016) Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01 % eyedrops. *Ophthalmology* 123(2):391–399. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.07.004>
- Davies LN, Mallen EAH, Wolffsohn JS, Gilmartin B (2003) Clinical evaluation of the Shin-Nippon NVision-K 5001/Grand Seiko WR-5100K autorefractor. *Optom Vis Sci* 80(4):320–324. <https://doi.org/10.1097/00006324-200304000-00011>
- Friedman NE, Mutti DO, Zadnik K (1996) Corneal changes in schoolchildren. *Optom Vis Sci* 73(8):552–557. <https://doi.org/10.1097/00006324-199608000-00006>
- Guo Y, Liu LJ, Xu L, Lv YY, Tang P, Feng Y, Zhou JQ, Meng M, Jonas JB (2014) Parapapillary beta zone in primary school children in Beijing: associations with outdoor activity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 55(2):918–925. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-13502>
- Iribarren R, Morgan IG, Chan YH, Lin X, Saw S-M (2012) Changes in lens power in Singapore Chinese children during refractive development. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 53(9):5124–5130. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-9637>
- Kaymak H, Neller K, Funk S, Seitz B, Langenbucher A, Schwahn H (2021) Optometrische Schulreihenuntersuchungen. Erste Ergebnisse eines Pilotprojektes zur logistischen Machbarkeit. *Ophthalmologie*. <https://doi.org/10.1007/s00347-021-01394-5>
- Lam CSY, Tang WC, Tse DY-Y, Lee RPK, Chun RKM, Hasegawa K, Qi H, Hatanaka T, To CH (2020) Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 104(3):363–368. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313739>
- Li W, Jiang R, Zhu Y, Zhou J, Cui C (2020) Effect of 0.01 % atropine eye drops on choroidal thickness in myopic children. *J Fr Ophthalmol*. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2020.04.023>
- McCullough S, Adamson G, Breslin KMM, McClelland JF, Doyle L, Saunders KJ (2020) Axial growth and refractive change in white European children and young adults: predictive factors for myopia. *Sci Rep* 10(1):15189. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72240-y>
- Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, Kleinstejn RN, Manny RE, Twelker JD, Zadnik K (2007) Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 48(6):2510–2519. <https://doi.org/10.1167/iovs.06-0562>
- Mutti DO, Mitchell GL, Sinnott LT, Jones-Jordan LA, Moeschberger ML, Cotter SA, Kleinstejn RN, Manny RE, Twelker JD, Zadnik K (2012) Corneal and crystalline lens dimensions before and after myopia onset. *Optom Vis Sci* 89(3):251–262. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3182418213>
- Park K-A, Choi DD, Oh SY (2018) Macular choroidal thickness and peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in normal adults and patients with optic atrophy due to acute idiopathic demyelinating optic neuritis. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198340>
- Qin B, Tang M, Li Y, Zhang X, Chu R, Huang D (2012) Anterior segment dimensions in Asian and Caucasian eyes measured by optical coherence tomography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 43(2):135–142. <https://doi.org/10.3928/15428877-20120102-03>
- Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ, Collins MJ (2015) Longitudinal changes in choroidal thickness and eye growth in childhood. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 56(5):3103–3112. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-16446>
- Rozema J, Dankert S, Iribarren R, Lanca C, Saw S-M (2019) Axial growth and lens power loss at myopia onset in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 60(8):3091–3099. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-26247>
- Schilling T, Ohlendorf A, Varnas SR, Wahl S (2017) Peripheral design of progressive addition lenses and the lag of accommodation in myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 58(9):3319–3324. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-21589>
- Schuster AK, Krause L, Kuchenbäcker C, Prütz F, Elflein HM, Pfeiffer N, Urschitz MS (2020) Prevalence and time trends in myopia among children and adolescents. *Dtsch Arztebl Int* 117(50):855–860. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0855>
- Shah A, Clarida W, Amelon R, Hernaez-Ortega MC, Navea A, Morales-Olivas J, Dolz-Marco R, Verbraak F, Jorda PP, van der Heijden AA, Peris Martinez C (2020) Validation of automated screening for referable diabetic retinopathy with an autonomous diagnostic artificial intelligence system in a Spanish population. *J Diabetes Sci Technol*. <https://doi.org/10.1177/1932296820906212>
- Tideman JW, Polling JR, Vingerling JR, Jaddoe VVW, Williams C, Guggenheim JA, Klaver CCW (2018) Axial length growth and the risk of developing myopia in European children. *Acta Ophthalmol* 96(3):301–309. <https://doi.org/10.1111/aos.13603>
- Truckenbrod C, Meigen C, Brandt M, Vogel M, Sanz Diez P, Wahl S, Jurkutat A, Kiess W (2021) Longitudinal analysis of axial length growth in a German cohort of healthy children and adolescents. *Ophthalmic Physiol Opt*. <https://doi.org/10.1111/oppo.12817>
- Walline JJ, Walker MK, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Giannoni AG, Bickle KM, Schulle KL, Nixon A, Pierce GE, Berntsen GE (2020) Effect of high add power, medium add power, or single-vision contact lenses on myopia progression in children: the BLINK randomized clinical trial. *JAMA* 324(6):571–580. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.10834>
- Wojciechowski R (2011) Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error. *Clin Genet* 79(4):301–320. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x>
- Yam JC, Jiang Y, Tang SM, Law AKP, Chan JJ, Wong E, Ko ST, Young AL, Tham CC, Chen LJ, Pang CP (2019) Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial of 0.05 %, 0.025 %, and 0.01 % atropine eye drops in myopia control. *Ophthalmology* 126(1):113–124. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.029>
- Zadnik K, Sinnott LT, Cotter SA, Jones-Jordan LA, Kleinstejn RN, Manny RE, Twelker JD, Mutti DO (2015) Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol* 133(6):683–689. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2015.0471>