

61. Fielmann Akademie Kolloquium

Akkommodation und Konvergenz

Mittwoch, 13. März 2024

Ein starkes Team: Akkommodation und Konvergenz 2

Dr. Philipp Hessler, M.Sc. Optometrie/Vision Science, Dozent an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena,
Optometrist bei Optik Hessler in Klingenberg und Erlenbach

Auf der Spur: Aktuelle Akkommodationsforschung 4

Dr. rer. nat. Sandra Wagner (FAAO), M.Sc. Augenoptik und Psychophysik, Postdoc
Researcher/Stellv. Gruppenleitung Applied Vision Research Group, Forschungsinstitut für
Augenheilkunde Universität Tübingen

Ein starkes Team: Akkommodation und Konvergenz

Dr. Philipp Hessler, M.Sc. Optometrie/Vision Science, Dozent an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Optometrist bei Optik Hessler in Klingenberg und Erlenbach

Der Akkommodationsapparat besteht im Wesentlichen aus der Augenlinse, dem Ziliarkörper und den Zonulafasern. Der Ziliarmuskel ist ein glatter, ringförmiger Muskel, der durch den Nervus oculomotorius innerviert wird. Der Nervus oculomotorius innerviert auch den Pupillenschließmuskel und vier der sechs äußeren Augenmuskeln. Diese Innervation durch den gleichen Nerv ist die Basis für die Nahtrias: Akkommodation, Pupillenverengung und Konvergenz gehen miteinander einher.

Es sind verschiedene Komponenten der Akkommodation zu unterscheiden. Die Tonische Akkommodation entspricht der Akkommodationsruhelage, dem Gleichgewicht zwischen Sympathikus und Parasympathikus. Die proximale Akkommodation wird psychisch durch ein Gefühl der Nähe verursacht, während die Reflexakkommodation durch den Reiz, unscharfe Objekte scharf sehen zu wollen, ausgelöst wird. Die Vergenzakkommodation deutet auf das Zusammenspiel zwischen Akkommodation und Vergenz hin.

In der Regel wird davon ausgegangen, dass Kinder und alle nicht Presbyopen hinreichend gut akkommodieren können. Zahlreiche Studien geben Prävalenzen von Akkommodationsinsuffizienzen zwischen 1 und 60% an.

In der optometrischen Praxis zeigen sich Akkommodationsstörungen bei etwa 10% aller Kinder und Jugendlichen.

Die Prüfung der Akkommodation sollte eine Routineuntersuchung in der Augenoptik/Optometrie sein. Sie sollte besonders dann untersucht werden, wenn entsprechende Hinweise in der Anamnese genannt wurden. Dazu zählen z.B. Kopfschmerzen, Ermüdung bei Nah- oder PC-Arbeit, Probleme beim Distanzwechsel, Leserechtschreib-Problematik, Doppelbilder, Druckgefühl an den Augen, Konzentrationsprobleme usw.

Für die Praxis empfiehlt sich die Prüfung des maximalen Akkommodationserfolgs mittels Push-Up-Test, die Messung der Akkommodationsflexibilität (monokular und binokular) mit dem Flipper und die Prüfung der Akkommodationsgenauigkeit mit der MEM-Skiaskopie. Durch diese drei Tests können alle Arten funktioneller Akkommodationsstörungen festgestellt werden. Zur Prüfung der Konvergenzfähigkeit empfiehlt sich die Prüfung des Konvergenznahpunkts und der dissoziierten Heterophorie in Ferne und Nähe mit dem Maddox-Test. Der AC/A beschreibt den Zusammenhang zwischen Akkommodation und Vergenz und sagt aus, wie viel Konvergenz während der Akkom-

modation automatisch aufgebracht wird.

Die Versorgung von Akkommodations- und Vergenzstörungen erfordert einen Blick über den Tellerrand hin zur angelsächsischen Optometrie. Bei zu geringer Akkommodationsfähigkeit und Nahesophorie finden Additionen Anwendung. Diese werden in der Regel durch Wellness- bzw. Digitalgläser realisiert. Diese Gläser wurden speziell für ein nichtpresbyopes Kollektiv entwickelt. Eine weitere Option für Akkommodations- und Vergenzstörungen ist das Vision-Training. Mit gezielten Sehübungen kann eine inadäquate Akkommodation und ein zu geringes Konvergenzvermögen trainiert werden.

Fazit

Akkommodation und Konvergenz sollten bei Nichtpresbyopen untersucht werden. Hierzu empfiehlt es sich mit dem Push-Up-Test, dem Flippertest und dem NPC zu starten und diese Methoden in den Routineablauf einzubauen. Akkommodation und Konvergenz stehen in direktem Zusammenhang. Störungen der Akkommodation können Vergenzstörungen zur Folge haben und umgekehrt. Zur Versorgung dieser Störungen sollten Additionen und Vision Training in Erwägung gezogen werden.

Weiterführende Literatur

Friedrich, Degle, Grein: Optometrische Funktionsprüfungen, DOZ Verlag 2011

Auf der Spur: Aktuelle Akkommodationsforschung

Dr. rer. nat. Sandra Wagner (FAAO), M.Sc. Augenoptik und Psychophysik, Postdoc Researcher/Stellv. Gruppenleitung Applied Vision Research Group, Forschungsinstitut für Augenheilkunde Universität Tübingen

Myopie ist nicht nur ein Refraktionsfehler, der mit Brille, Kontaktlinse oder einer LASIK behoben werden kann – durch das exzessive Längenwachstum ist das kurzsichtige Auge auch einem mehrfach erhöhten Risiko für schwerwiegende, sehbeeinträchtigende Erkrankungen wie Glaukom oder Makulopathie ausgesetzt. [1] Dies ist besonders alarmierend angesichts aktueller Schätzungen, denen zufolge im Jahr 2050 die Hälfte der Weltbevölkerung kurzsichtig sein wird. [2] Diese massive Zunahme kann nicht allein auf der genetischen Komponente einer Myopieentwicklung basieren, sondern muss auch von Umweltfaktoren beeinflusst sein. [3] Schon Johannes Kepler vermutete einen Zusammenhang zwischen Naharbeit und Myopie [4] – eine Hypothese, die durch neuere Forschungsergebnisse gestützt wird. [5-7]

Der Hauptakteur des Akkommodationsvorgangs ist der ringförmig um die Augenlinse liegende Ziliarmuskel. Um ein nahes Objekt scharf auf die Netzhaut abzubilden, kontrahiert der Ziliarmuskel, wodurch sich, wie bereits von Helmholtz beschrieben [8], die Spannung auf die Zonulafasern reduziert und die Linse sich entsprechend ihrer Eigenelastizität in eine konvexere Form mit höherer Brechkraft ändern kann. In vorherigen Studien wurde festgestellt, dass sich sowohl das Akkommodationsver-

halten [9-11] als auch Struktur und Bewegung des Ziliarmuskels je nach Fehlsichtigkeit des Auges unterscheiden [12-14], wodurch die Vermutung aufkam, dass der Muskel selbst in die Myopieentwicklung involviert ist [15-18]. In einer mehrteiligen Studie am Forschungsinstitut für Augenheilkunde in Tübingen wurde das Akkommodations-system myoper und emmetroper junger Erwachsener im Hinblick auf Veränderungen sowohl der Augenlinsebrechkraft als auch der Ziliarmuskeldicke (CMT) verglichen und untersucht, ob Akkommodation trotz der Regulation durch das autonome Nervensystem auch willentlich kontrolliert werden kann. Zur Untersuchung der Ziliarmuskel-Morphologie wurde optische Kohärenztomographie (OCT) eingesetzt, während die Akkommodationsantworten mittels exzentrischer Infrarot-Photorefraktion gemessen wurden. Unter Nutzung einer neu entwickelten Software zur halbautomatischen Auswertung der OCT-Aufnahmen wurden Dickenprofile des Ziliarmuskels entlang der gesamten Muskelgrenzen erstellt, welche die detaillierte Analyse der morphologischen Änderungen beim Akkommodationsvorgang ermöglichten. [19-21] In einer ersten Untersuchung zeigte sich, dass der Ziliarmuskel kurzsichtiger im Vergleich zu dem emmetroper Augen im vorderen Bereich, in der Nähe des Sklerasporns, dünner, posterior aber kräftiger war. Darüber hinaus wa-

ren bei Vorliegen einer Myopie die CMT-Veränderungen während der Kontraktion geringer, die Muskelbewegung jedoch größer als bei Emmetropie. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Änderungen der Linsenbrechkraft während einer dynamischen Sehaufgabe mit Blickwechsel zwischen Fern- und Nahobjekt nicht signifikant zwischen den Gruppen. [22] Im zweiten Studienteil konnte nachgewiesen werden, dass nach einer kontinuierlichen 30-minütigen Naharbeitsphase der Ziliarmuskel bei Emmetropen und Myopen signifikant dünner wurde, aber nur myope Probanden eine anhaltende relative Verschiebung der Refraktion in Richtung Kurzsichtigkeit entwickelten (naharbeitsinduzierte Myopie, NITM). [23] Im dritten Teil wurde die willentliche Beeinflussung der Akkommodation mithilfe auditorischen Biofeedback-Trainings untersucht. Hier zeigten beide Refraktionsgruppen bereits nach kurzen Trainingsphasen eine Verbesserung ihrer Akkommodationsgenauigkeit und Reduktion der „lag of accommodation“ (Unterakkommodation). Der Trainingserfolg konnte sowohl beim Tragen von Einstärken- als auch Multifokalkontaktlinsen nachgewiesen werden. [24]

Die Unterschiede zwischen emmetropen und myopen Augen in Bezug auf Dicke, Form und Reaktionen des Ziliarmuskels werfen die Frage auf, ob der Muskel ursächlich an der Entwicklung von Myopie beteiligt ist. Eine erhöhte Aktivität des sympathischen Nervensystems bei anhaltender Kontraktion oder Veränderungen der interstitiellen Flüssigkeit könnten mögliche Erklärungen für die in beiden Gruppen beobachtete Muskelverdünnung nach der längeren Anspannungsphase sein. Die höhere Akkommoda-

tionsgenauigkeit, die infolge des Trainings in dieser Studie nachgewiesen wurde, schafft eine Perspektive für dessen klinischen Einsatz: Denn sollte es möglich sein, mittels Biofeedback-Trainings eine bewusste Kontrolle der Unschärfe auf der Netzhaut zu erlangen, so könnte es eine mögliche Zusatztherapie für Kinder darstellen, deren Myopie mit Multifokalkontaktlinsen behandelt wird, um so den Therapieerfolg der Linsen beim Nahsehen zu verbessern.

Diese Arbeit zeigte erstmals, dass die beiden Komponenten des Akkommodationsapparats, Ziliarmuskel und Augenlinse, bei myopen im Vergleich zu emmetropen Augen mit unterschiedlichen Anpassungsmechanismen arbeiten, nachdem sie einer längeren Naharbeitsphase ausgesetzt sind. Die Ergebnisse stützen die Vermutung über einen Zusammenhang zwischen Myopie und Naharbeit sowie Akkommodation, wobei die Ursache-Wirkungs-Beziehung in Longitudinalstudien weiter analysiert werden muss.

- [1] Haarman AEG, Enthoven CA, Willem Tideman JL, Tedja MS, Verhoeven VJM, Klaver CCW. The complications of myopia: A review and meta-analysis. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2020;61(4):1–3.
- [2] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Santhirudug P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016;123(5):1036–42.
- [3] Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retin Eye Res.* 2005;24(1):1–38.
- [4] Kepler J. Dioptrik oder Schilderung der Folgen, die sich aus der unlängst gemachten Erfindung der Fernrohre für das Sehen und die sichtbaren Gegenstände ergeben. (original work published in 1611). Trans. from Latin into German by F. Plehn. Plehn F, editor. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann; 1904.
- [5] Morgan IG, Rose KA. Myopia and international educational performance. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2013;33(3):329–38.

- [6] Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJM, Anastasopoulos E, et al. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthalmology*. 2015;122(7):1489–97.
- [7] Saw S-M, Chua W-H, Hong C-Y, Wu H-M, Chan W-Y, Chia K-S, Stone RA, Tan D. Nearwork in early-onset myopia. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43(2):332–9.
- [8] Helmholtz H. Ueber die Accommodation des Auges. *Albr von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol*. 1855;1:1–74.
- [9] Harb E, Thorn F, Troilo D. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes. *Vision Res*. 2006;46(16):2581–92.
- [10] Maddock RJ, Millodot M, Leat S, Johnson CA. Accommodation responses and refractive error. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1981;20(3):387–91.
- [11] McBrien NA, Millodot M. The relationship between tonic accommodation and refractive error. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1987;28(6):997–1004.
- [12] Bailey MD, Sinnott LT, Mutti DO. Ciliary body thickness and refractive error in children. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49(10):4353–60.
- [13] Jeon S, Lee WK, Lee K, Moon NJ. Diminished ciliary muscle movement on accommodation in myopia. *Exp Eye Res*. 2012;105:9–14.
- [14] Buckhurst H, Gilmartin B, Cubbidge RP, Nagra M, Logan NS. Ocular biometric correlates of ciliary muscle thickness in human myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2013;33(3):294–304.
- [15] van Alphen GWHM. Choroidal stress and emmetropization. *Vision Res*. 1986;26(5):723–34.
- [16] Mutti DO. Hereditary and environmental contributions to emmetropization and myopia. *Optom Vis Sci*. 2010;87(4):255–9.
- [17] Cohn H. *Hygiene des Auges*. Wien und Leipzig: Urban & Schwarzenberg; 1892.
- [18] Trachtman JN. Biofeedback of accommodation to reduce functional myopia: a case report. *Am J Optom Physiol Opt*. 1978;55(6):400–6.
- [19] Wagner S, Zrenner E, Strasser T. Ciliary muscle thickness profiles derived from optical coherence tomography images. *Bio-med Opt Express*. 2018;9(10):5100–14.
- [20] Straßer T, Wagner S. Performance of the Deep Neural Network Ciloctunet, Integrated with Open-Source Software for Ciliary Muscle Segmentation in Anterior Segment OCT Images, Is on Par with Experienced Examiners. *Diagnostics*. 2022;12(12).
- [21] Straßer T, Wagner S, Zrenner E. Review of the application of the open-source software CilOCT for semi-automatic segmentation and analysis of the ciliary muscle in OCT images. *PLoS One*. 2020;15(6):1–10.
- [22] Wagner S, Zrenner E, Strasser T. Emmetropes and myopes differ little in their accommodation dynamics but strongly in their ciliary muscle morphology. *Vision Res*. 2019;163:42–51.
- [23] Wagner S, Schaeffel F, Zrenner E, Straßer T. Prolonged nearwork affects the ciliary muscle morphology. *Exp Eye Res*. 2019;186:107741.
- [24] Wagner S, Schaeffel F, Troilo D. Changing accommodation behaviour during multifocal soft contact lens wear using auditory biofeedback training. *Sci Rep*. 2020;10(1):1–10.