

EINSTÄRKENGLÄSER MIT NAHUNTERSTÜTZUNG: ZUR BEWÄLTIGUNG DER VISUELLEN HERAUSFORDERUNGEN DES DIGITALEN ZEITALTERS

Das Leben unserer modernen Gesellschaft ist zunehmend digitalisiert. Die Zunahme von Nah-Aktivitäten durch die weit verbreitete Nutzung aller Arten digitaler Geräte hat eine Zunahme des visuellen Erschöpfungssyndroms, auch bezeichnet als Digitaler Augenstress, Sehstress oder „Digital Eye Strain“ (DES), von Dysfunktionen der Akkomodation und Vergenz sowie des Trockenes-Auge-Syndroms ausgelöst. Als Praktiker müssen wir uns dieser Herausforderung stellen – einer Herausforderung, die man als den digitalen Mount Everest für unsere Augen bezeichnen könnte – und müssen konkrete Lösungen für den Alltag entwickeln. Einstärkengläser mit Nahunterstützung sind eines der Beispiele solcher Lösungen, die wir in zahlreichen klinischen Fällen zur Korrektur einsetzen. In diesem Artikel geben wir einen Überblick über unsere Lösungsansätze angesichts dieser Herausforderung.



Víctor Javier García Molina

Victor Molina hat an der Universidad Complutense in Madrid Optometrie studiert und 1998 am Centro Boston de Optometria einen Master-Abschluss im Fachbereich Optometrie erworben. Er leitet beim spanischen Hersteller Tu Visión (S.L) seit 23 Jahren die Geschäftsbereiche Optometrie und Kontaktlinsen.

Im Jahr 2000 erweiterte er seine Kompetenzen im Bereich Kontaktlinsen durch eine Zusatzausbildung am Centro de Optometría Internacional in Madrid. Im Anschluss daran erwarb er im Rahmen eines Führungskräfte-Lehrgangs zum Thema Weiterbildung im Unternehmen sowie im Rahmen des Corporate Program for Management an der ESADE Business School in Barcelona betriebswirtschaftliche Kompetenzen.

Er referierte an der European University of Madrid (UEM) über klinische Optometrie und war dort Dozent im Master-Programm für Kontaktlinsenanpassung. Er betätigte sich außerdem als Dozent im Bereich Kontaktlinsen an der Universidad Nacional Autónoma de Managua in Nicaragua. Derzeit ist er für die Weiterbildung bei Tu Visión zuständig.

Seit 1993 betreibt Victor, der sich nebenbei auch mit Militärgeschichte beschäftigt, augengesundheitliche Aufklärung in den Medien (Fernsehen, Radio, Presse).

Dieser Artikel ist das Ergebnis von zwei Jahren Arbeit im Bereich der Entwicklung und Anpassung von **Einstärkengläsern mit Nahunterstützung** an exakt **527 verschiedenen klinischen Fällen sowie einer großen Anzahl von Fällen mit visueller Therapie**. Wir zeigen unsere Erfolge auf und führen einige Gründe auf, die unseres Erachtens den Erfolg dieser Lösung ausmachen.

Die digitale und durch vielfältige Bildschirme geprägte Gesellschaft

In Bezug auf Bilder und Sehkraft zeichnen sich die 2010er bisher durch eine enorme Zunahme von Nah-Aufgaben, sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen aus. Ob bei der Arbeit, in der Schule oder in der Freizeit, in unserer aktuellen Welt der Smartphones, Tablets, E-Reader, Laptops und Desktop-PCs ist es bei vielen Menschen inzwischen Gewohnheit, ständig von einem Gerät zum anderen zu wechseln. Die Folgen sind ein erhöhtes Risiko für Erkrankungen der oberen Extremitäten¹, insbesondere im Bereich von Nacken und Schultern^{2,3,4}, sowie ein Anstieg der Patientenzahlen mit Augenbeschwerden⁵ mit vielfältiger Beschwerdesymptomatik und diversen klinischen Anzeichen, die inzwischen bekannt sind unter der Bezeichnung Computer Vision Syndrome (CVS)⁶ oder digitalem Augenstress.⁷ Wir sind der Ansicht, dass der Begriff DES⁸ alle Aspekte der Beschwerden erfasst.

Einige Statistiken zur spanischen Bevölkerung veranschaulichen dieses Phänomen¹¹ (Tabelle 1, 2, 3):

SCHLÜSSELBEGRIFFE

Digitaler Augenstress, DES, Computer Vision Syndrome, CVS, akkommodative und nicht durch Strabismus verursachte binokulare Dysfunktionen (ANSBDs), Prä-Presbyopie, digitale Geräte, Einstärkengläser mit Nahunterstützung, blau-violetter Lichtfilter

- Spanische Bevölkerung zwischen 10 und 74: 34 389 822
- Anzahl der Personen, die im letzten Jahr das Internet genutzt haben: 28 400 000 (82,7 %)
- Anzahl der Personen, die es täglich nutzten: 22 969 301 (82,9 %)

Diese Statistiken zeigen, in welchem Ausmaß die Bevölkerung digitale Geräte nutzt. Da die Zeit, die wir täglich vor digitalen Bildschirmen verbringen, ständig steigt⁹, besteht für uns alle die Gefahr irgendeiner Form von Sehbeeinträchtigung.

Bildschirmarbeit in der digitalen Welt

Die Verwendung von Computern, Bildschirmen und allen Arten von Digitalgeräten hat wesentliche Veränderungen der beruflichen und ergonomischen Gewohnheiten unserer Gesellschaft herbeigeführt.⁵ Die wissenschaftliche Literatur führt verschiedene gesundheitliche Beschwerden auf,¹² die mit der Arbeit am Computer zusammenhängen.^{13,14} Zu den häufigsten Symptomen der Patienten gehören Seh-schwierigkeiten die in zwei Hauptkategorien unterteilt werden können¹⁵, die jedoch meist gemischt auftreten: **visuelle Symptome** und **Augenermüdung (Asthenopie) (Tabelle 4)**. Auch **Erkrankungen des Bewegungsapparats** sind auf die Arbeit an Bildschirmen und Computern⁴ zurückzuführen. Diese stehen in indirektem Zusammenhang mit visuellen Problemen.^{2,3}

Die Literatur gibt sehr unterschiedliche Zahlen zur Prävalenz der verschiedenen Augenprobleme im Zusammenhang mit der Bildschirmarbeit an¹⁶, was auf die unterschiedlichen wissen-

schaftlichen Methoden in der Forschung zurückzuführen ist.¹⁷ Die Zahlen variieren von 88,5 %¹² bis 31,9 %¹⁸, mit einem direkten Zusammenhang zwischen der vor dem Bildschirm verbrachten Zeit und einem Grenzwert zwischen vier¹⁹ und sechs Stunden^{20,5} in Bezug auf die Prävalenz einiger Beschwerden und Symptome der ersten und zweiten Kategorie.

Diese Symptomatik tritt nicht nur als berufsbedingte Beschwerde bei Angestellten auf, sondern auch bei Kindern und Teenagern mit variabler Prävalenz von mindestens 55,6 %²¹. Zusätzlich zu den oben aufgeführten Symptomen werden verminderte Aufmerksamkeit, Verhaltensauffälligkeiten und Reizbarkeit aufgeführt.

Wird diese Symptomatik verglichen mit akkommodativen und nicht durch Strabismus verursachten binokularen Dysfunktionen (ANSBDs) – im Wesentlichen Konvergenzexzess und -defizit, Akkommodationsschwäche und -exzess – sowie mit Problemen durch nicht korrigierte Brechungsfehler, werden viele Ähnlichkeiten offensichtlich (Tabelle 5).²²

Das System des binokularen Sehens ist vielleicht nicht in der Lage, kontinuierliche Nah-Aufgaben korrekt zu unterstützen. Nicht nur eine ANSDB deutet darauf hin, auch bei Patient(inn)en mit eingeschränkter, normaler oder angemessener binokularer Sehfähigkeit treten diese Probleme auf. Dies kann das Lernen bzw. kognitive Aufgaben sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen beeinträchtigen und sich störend auf Schule und Beruf auswirken.^{23,24} (Abbildung 1)

ABB. 1 | Tägliche Sehaufgaben: von einem Bildschirm zum anderen wechseln.



Altersgruppe	% der Internet-Nutzer
16-24	96,8 %
24-34	93,8 %
35-44	89,2 %

Tabelle 1. Prozentsatz der Personen, die das Internet wöchentlich oder täglich nutzen, nach Altersgruppe¹¹

Profil	% der Internet-Nutzer
Student(inn)en	98,8 %
Beschäftigte	89,6 %
Selbständige	85,6 %
Arbeitslose	74,03 %
Ruheständler	40,2 %
Hausmann/frau	40,5 %

Tabelle 2. Wöchentliche und tägliche Internet-Nutzer¹¹

Altersgruppe	% der Kinder, die täglich ein Smartphone benutzen	% der Kinder, die täglich ein Laptop benutzen
11-12	46 %	29 %
13-14	75 %	34 %
15-16	90 %	48 %

Tabelle 3. Tägliche Nutzung von Smartphones und Laptops bei Kindern von 11 bis 16¹¹

Die Besonderheiten digitaler Medien

Auch das kontinuierliche Lesen gedruckter Texte ist eine der größten visuellen Herausforderungen.¹⁵ Es verlangt verschiedene Augenbewegungsarten, die auf höchster neuronaler Ebene gesteuert werden. Dabei handelt es sich insbesondere um Fixation sowie progressive und regressive Sakkaden²⁶, aber natürlich auch um Akkomodation und Vergenz des okularen Bewegungspapparats. Trotzdem können Menschen normalerweise unabhängig vom Medium problemlos über einen längeren Zeitraum hinweg lesen. Es gibt jedoch einige Unterschiede beim Lesen gedruckter und digitaler Texte. Es existiert eine große Anzahl umfangreicher Studien und Forschungsarbeiten zu diesem Thema.^{27,28,29,30} Hinsichtlich der kognitiven Leistung erweist sich das Lesen gedruckter Texte für das Lernen und Verstehen komplexer Texte noch immer als überlegen.³⁰ Bei Digitalgeräten treten offensichtliche ergonomische Schwierigkeiten und Haltungsprobleme³¹ sowie Sehschwierigkeiten auf. Sie stehen alle in Wechselbeziehung zueinander und könnten möglicherweise die Sehstörungen bedingt haben (Tabelle 6).

Hervorzuheben ist auch die Gefahr durch **langfristige Exposition mit blau-violetttem Licht** durch Geräte mit LED-Hintergrundbeleuchtung, was in den vergangenen Jahren als wirkliches Problem identifiziert wurde. Es wurden in in-vitro-Studien nicht nur mögliche Zellschädigungen durch blau-violettes Licht bestätigt^{72,73}, auch die spezifische Rolle des blau-violetten Lichts bei degenerativen Augenprozessen wie etwa der altersbedingten Makuladegeneration⁷⁴ wurde

Visuelle Symptome 1. Kategorie	Asthenopie 2. Kategorie
Verschwommenes Sehen im Nahbereich	Schmerzen in den und um die Augen
Verschwommene Fernsicht nach der Arbeit	Kopfschmerzen
Schwierigkeiten beim Fokussieren	Trockene Augen
Gelegentliche Diplopie	Augenermüdung
Veränderungen beim Farbsehen	Exzessives Tränen
Kontrastverlust	Brennende Augen
Blendern	Starke Lichtempfindlichkeit

Tabelle 4. Symptomatik im Zusammenhang mit digitalem Augenstress, von hoher zu geringerer Häufigkeit

nachgewiesen. Es sieht so aus, als bestünde ein enger Zusammenhang zwischen hellem blau-violetttem Licht und **Augenermüdung**, da das Lesen bzw. Arbeiten an Bildschirmen mit LED-Hintergrundbeleuchtung zu Verspannungen und Augenbeschwerden führt.^{75,76,77} Zudem verursacht es **trockene Augen**, die sich bei Nahtätigkeiten an jeder Art von Digitalbildschirmen mit blau-violetter LED-Hintergrundbeleuchtung verschlimmern.^{78,79,80,81} **Auch das Phänomen der psychologischen Blendung** stellt ein Problem dar, da das LED-Licht bei Geräten mit Hintergrundbeleuchtung eher als störend empfunden wird⁸² als bei anderen Lampen, wobei das Störungsempfinden mit steigender Helligkeit des blau-violetten Lichts zunimmt.⁸³ Daher sollten Lösungen gegen die Belastung der Augen durch digitale Displays spezielle Filter für blau-violettes Licht enthalten.

Patiententypen, die den Arzt aufgrund von Sehstörungen aufsuchen

Wie oben erwähnt, haben wir unsere Untersuchungen stärker denn je im Rahmen von Arztbesuchen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt mehrere unserer Patientengruppen und die Wechselbeziehungen ihrer Beschwerden und Symptome.

Festzustellen ist eine Zunahme der Anzahl der Arztbesuche von Schulkindern und Personen der prä-presbyopen Gruppen mit Emmetropie oder korrigierter Ametropie und normaler Akkommodationsfähigkeit (gemäß den Duke-Elder-Kriterien der Leitlinien der American Optometric Association, A.O.A. Accommodative and Vergence Dysfunction Guideline).

In all diesen Gruppen bestand der gleiche Bedarf einer Sehhilfe für kontinuierliche Nahtätigkeiten, d. h. nach stärkerer Brechung für den Wechsel von Nah- auf Fernsicht. Natürlich müssen Patient(inn)en mit optischen Anforderungen von denen unterschieden werden, die solche nicht benötigen. Der wichtigste Umstand bei Patient(inn)en im prä-presbyopen Alter ist eine frühe Einschätzung der meist mit Presbyopie verbundenen Symptomatik, wobei ein wesentlicher Auslösefaktor Schwierigkeiten bei der Nutzung des Smartphones sind. Unabhängig vom refraktiven Status der Patient(inn)en kann sich eine frühe Presbyopie leicht entwickeln, wenn ein kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Akkommodationsmangel besteht³⁷, wie dies bei Personen der Fall sein kann, die ständig digitale Geräte benutzen.

Aus der praktischen Erfahrung sowie aufgrund klinischer Nachweise scheint es dafür folgende möglichen Ursachen zu geben: 1) altersbedingte Veränderungen der Akkommodation, die vor dem digitalen Zeitalter nicht korrigiert werden mussten, da keine damit verknüpfte Symptomatik bestand;

2) müssen keine hochanspruchsvollen Nahsehaufgaben erfüllt werden, können Menschen sehr gut mit ANSBDs zurechtkommen, da jedoch die Nahsehanforderungen zunehmen, werden sie zunehmend zu einem Problem; 3) nicht diagnostizierte typische ANSBDs; 4) nicht korrigierte Ametropie – insbesondere schwache Hyperopie und Astigmatismus mixtus; 5) und schließlich führt die zunehmende Zeit, die mit Nahsehaufgaben verbracht wird, zu visueller Ermüdung.

Bei Kindern und Student(inn)en sind Augenstress und verschwommenes Sehen sowohl bei Nah- als auch Fernsicht nach Nahsehaufgaben die häufigsten Beschwerden. Dies stimmt überein mit der in Tabelle 5 aufgelisteten Symptomatik und deren möglichen Ursachen, die denen der prä-presbyopen Gruppe ähneln. Es zeigt sich deutlich, dass die Akkommodationsamplitude (AA) in der Altersspanne von 3 bis 40 kurvenförmig abnimmt, die stärkste Abnahme zeigt sich zwischen 20 und 50³⁸ und sie verliert sich gegen Ende 50 vollständig.³⁹ Verschiedene Studien haben das Gegenteil von dem herausgefunden, was gemäß den Studien von Hofstetter⁴⁰ zur subjektiv gemessenen Akkommodationsamplitude erwartet wurde, die durchschnittliche Amplitude ist nur etwas größer als 7D, objektiv gemessen in der Altersstufe zwischen 3 Jahren und dem Teenager-Alter.³⁸ Sie nimmt anschließend mit zunehmendem Alter ab, besonders stark ab 30.

Häufige Symptome (*)	Konvergenzschwäche	Konvergenzexzess	Akkommodationsschwäche	Akkommodationsexzess
Kopfschmerzen	Kopfschmerzen	Kopfschmerzen	Verschwommenes Sehen	Kopfschmerzen
Verschwommenes Sehen	Hüpfende oder sich bewegende Buchstaben	Verschwommenes Sehen	Kopfschmerzen	Visuelle Müdigkeit
Visuelle Müdigkeit	Konzentrationsmangel	Asthenopie	Sehirritationen	Verschwommenes Sehen
Hüpfende oder sich bewegende Buchstaben	Visuelle Müdigkeit	Diplopie	Visuelle Müdigkeit	Schwierigkeiten beim Fokussieren beim Wechsel von einer Distanz zur anderen
Leseprobleme	Verrutschen der Zeilen beim Lesen	Vermeidung von Nahsehaufgaben	Leseprobleme	Übermäßige Lichtempfindlichkeit
Konzentrationsmangel	Verschwommenes Sehen	Visuelle Müdigkeit	Diplopie	Schwierigkeiten bei den Hausaufgaben
Verrutschen der Zeilen beim Lesen	Brennende Augen	Tränende Augen	Konzentrationsmangel	Diplopie
Brennende Augen	Schwierigkeiten bei den Hausaufgaben	Zukneifen eines Auges	Hüpfende oder sich bewegende Buchstaben	Augenschmerzen
Schwierigkeiten bei den Hausaufgaben	Schläfrigkeit	Verrutschen der Zeilen beim Lesen	Asthenopie	Veränderung der Lesedistanz
Sehirritationen	Sehirritationen		Vermeidung von Nahsehaufgaben	Hüpfende oder sich bewegende Buchstaben

Tabelle 5. Symptome im Zusammenhang mit nicht durch Strabismus verursachten binokularen Dysfunktionen, von höherer zu stärkerer Prävalenz.^{22,25}(*) Häufige Symptome bei Patient(inn)en mit nicht korrigierten Refraktionsstörungen und/oder ANSBD, ohne Differenzierung nach Ursache und Ätiologie.

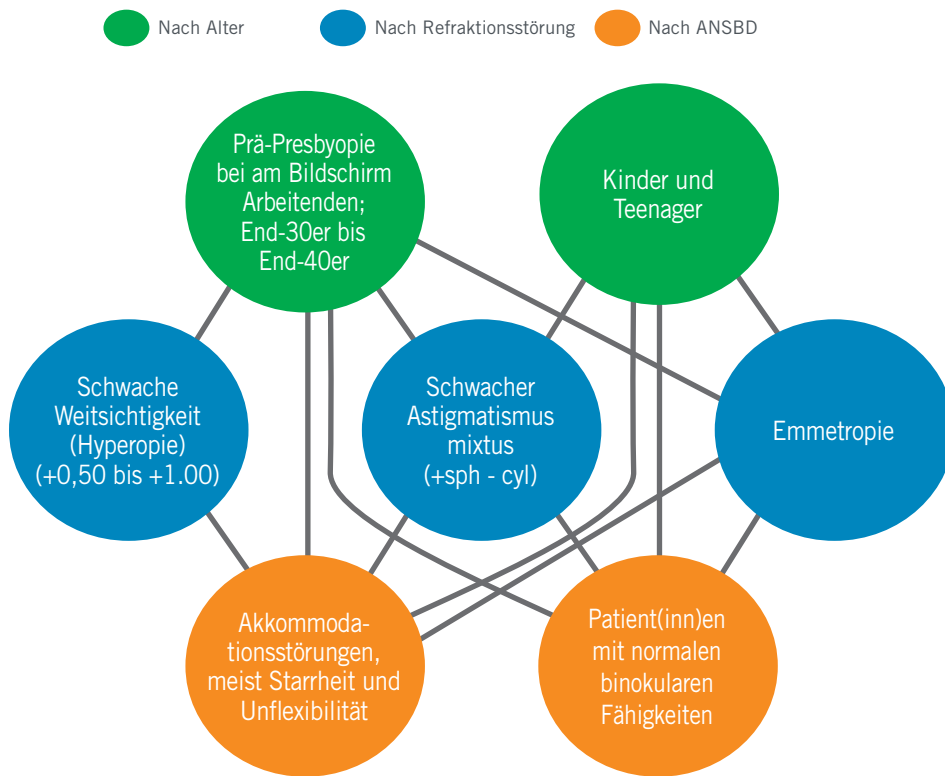


ABB. 2 | Bevölkerungsgruppen mit zunehmender Anzahl klinischer Visiten

Fakt	Ergonomische Auswirkung	Mögliche optische Auswirkung
Kürzerer Sehabstand	Je kleiner der Bildschirm, desto näher halten wir das Gerät	Stärkere Akkommodations- und Vergenzanstrengung
Verändert und variabel, naher Fokussierungsabstand	Variable Nahpunktabstände von 30 bis 70 cm	Kontinuierliche akkommodative Korrektur
Kleinere Schriftarten	Ständige Nutzung von Instant-Messaging-Diensten	Hochanspruchsvolle Akkommodations- und Vergenzanstrengung
Fokussierung an Bildschirmen	Schlechte Auflösung der Schriftartschärfe; kontinuierlicher Wechsel zwischen dem Bildschirm des Geräts und Bildern oder Text	Schwierigkeiten beim Fokussieren; Nachjustierung und kontinuierliche mikro-akkommodative Schwankungen
Gerätegröße	Je kleiner der Bildschirm, desto starrer die Körperhaltung	Einfluss auf die Augenbewegung und Lidschlagsignale. Geringere Lidschlagfrequenz, zunehmend unvollständiger Lidschlag
Reflexblendung auf dem Bildschirm	Psychologische Blendung	Kontrastverlust; mangelhafte ergonomische Funktion; Reduzierung des Sehabstands
Hintergrundbeleuchtung mit LED-Leuchten	Schädliche Lichtexposition im blau-violetten Wellenlängenbereich	Größere Prävalenz der Symptome trockenes Auge, visuelle Müdigkeit und psychologische Blendung
Starre Körperhaltung	Sehr statische Haltungen; stärkere Neigung von Kopf- und Nacken	Muskel-Skelett-Erkrankungen. Bekannte Beziehung zwischen Trapezmuskel und Akkommodation

Tabelle 6. Einige spezifische ergonomische, haltungsbezogene und visuelle Verhaltensweisen im Zusammenhang mit digitalen Handgeräten und Computerarbeit^{5,31,32,33,34,35,36}.

In unserer aktuellen hochanspruchsvollen Nahseh-Umgebung kann diese Verschlechterung zu digitalem Augenstress führen, da wir eine doppelt so große Akkommodationsamplitude benötigen, um Nahsehaufgaben komfortabel auszuführen.⁴¹ Das wird noch offensichtlicher bei Patient(inn)en mit Prä-Presbyopie und Hyperopie oder auch bei kurzsichtigen Kontaktlinsenträgern.

Auf der anderen Seite wissen wir, dass ständiges Nah-Fokussieren höchste Anforderungen an den Sehapparat stellt und akkommodative Mikrobewegungen (AMF)⁷ oder ziliares Muskelzittern auslösen kann. Wenn ein Auge auf einen unbeweglichen Stimulus fokussiert, findet eine Akkommodation statt, die nicht statisch ist, sondern um einen Mittelwert herum variiert.⁴⁴ AMFs können in Fk Maps (fluctuation of kinetic [refraction] maps) gemessen und interpretiert werden und sind eng verbunden mit CVS oder digitalem Augenstress.^{42,43} Das liegt an der anhaltenden oder kontinuierlichen Anstrengung, diesen Akkommodationsstatus zu halten und könnte einige Fälle digitaler Augenbelastung erklären, bei denen weder eine Ametropie besteht – oder korrigiert ist – noch binokulare Störungen vorhanden sind.

Die Punkte 2) und 3) scheinen ersichtlicher. ANSBDs verursachen ihre eigene Symptomatik, die der des DES sehr ähnlich ist, wie wir gesehen haben. Wir haben festgestellt, dass viele Menschen auf dem Arbeitsmarkt, die in digitaler Umgebung arbeiten, in unterschiedlichem Maße unter den verschiedenen Symptomen leiden.

Ähnlich auch Punkt 4) in Bezug auf nicht korrigierte Ametropien: die Zunahme der verschiedenen visuellen Aufgaben führt zu der damit einhergehenden Symptomatik und der Notwendigkeit einer ärztlichen Verordnung.

Ärztliche Verordnung für prä-presbyope Patient(inn)en

Vor nicht allzu langer Zeit war es für diese Altersgruppe nicht gängig, den Augenoptiker oder Augenarzt aufzusuchen. Das ist nun nicht mehr der Fall. Da es sich um eine spezifische Marktnische⁴⁵ mit ganz spezifischen und ihr eigenen optischen Anforderungen handelt, müssen wir entsprechende Lösungen anbieten. Ungeachtet des refraktiven Status ist Nahrefraktion etwas stärker positiv als Fernrefraktion, sie liegt meist zwischen +0,50 bis +1,00 bei einem Arbeitsabstand von 40 cm (bei kürzerem Arbeitsabstand wäre sie stärker positiv,

Akkommodations-schwäche, mangelhaft unterstützte Akkommodation	Akkommodations-exzess	Akkommodations-schwierigkeiten	Ungenügende Konvergenz	Konvergenzexzess	Fusionelle Vergenzstörung	Test (*)
Verzögerung	Vorsprung	Normal	-	-	-	JCC / MEM
Schwach	Normal	Normal/Schwach	-	-	-	AA
Versagen (-) vergleichbares Ergebnis Mono/Bino	Versagen (+). Vergleichbares Ergebnis Mono/Bino	Versagen (+/-) am Schlimmsten bei Wiederholung	Versagen (+). Differenz zwischen Mono/Bino	Versagen (-). Differenz zwischen Mono/Bino	Versagen (+/-). Differenz zwischen Mono/Bino	Flipper +200/-200
PRA <=-1,50	NRA <=+1,50	Beide reduziert <=+1,50/-1,50	NRA <=+1,50	PRA<=-1,50	Beide reduziert <=+1,50/-1,50	P/NRA
Tabelle 7. Überblick über akkommodative und nicht durch Strabismus verursachte binokulare Dysfunktionen. ^{48,49,54} Grün: Hohe Wahrscheinlichkeit einer Verordnung von Plusgläsern Orange: Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit einer Verordnung von Plusgläsern je nach Fall Rot: Geringe Wahrscheinlichkeit			Niedrig. Gewöhnlich niedriger bei Wiederholung	HLN. Normal. Unterstützt bei Wiederholung	Normal/reduziert. Niedriger bei Wiederholung	NPC
			Niedrig 1:1; 2:1	Hoch; >5/1	Variabel	AC/A
(*) JCC: Jackson-Kreuzzylinder MEM: Monocular Estimated Method (Monokulare Schätzmethode) P/NRA: Positive/Negative Relative Akkommodation NPC: - NPC (Near Point of Convergence - Konvergenznahpunkt), AC/A: Akkommodative Konvergenz/Akkommodation			X'>X. Hohe VP Exophorie. Mindestens 5X'	E'>E. Gewöhnlich Endo in VP.	Normal. Variabel	Phorie
			Konvergenz reduziert	Nahkonvergenz reduziert	Beide Vergenzen verändert	Vergenzamplituden

etwa bei der Nutzung eines Smartphones). Anders als die Vorgängergeneration sind die Personen dieser Gruppe es gewohnt, in Freizeit und Beruf sowohl Fern- als auch Nahsehaufgaben mit stark variablem Fokussierungsabstand auszuführen. Das bedeutet, dass die Verwendung normaler Einstärkengläser sie zu festen Fokussierungs- und Arbeitsabständen verurteilt und sie zwingt, ihre Haltungs- und Sehgewohnheiten entsprechend anzupassen (z. B. über die Brille hinweg sehen oder die Brille ständig abnehmen, bei einigen visuellen Aufgaben näher an das Objekt heranrücken, bei anderen zurückweichen usw.). Andererseits hat sich das Tragen von Gleitsichtgläsern mit schwacher Korrektur im Vergleich zu normalen Einsichtgläsern bei prä-presbyopen Personen als effizienter und vor allem als angenehmer erwiesen^{46,47}. Ebenso hat auch die Verschreibung beschäftigungsbezogener Brillengläser (für nicht-ständiges Tragen) oder von Einstärkengläsern mit Nahunterstützung (für ständiges Tragen) mit den drei Nahsehstärken +0,40 D, +0,60 D und +0,85 D positive Ergebnisse gezeigt.

Wir haben festgestellt, dass bei einem großen Anteil der nahsichtbezogenen Symptomatik prä-presbyoper Patient(inn)en, sogar bei geringster Nahrefraktion, der Zustand der beiden Kategorien **visuelle Symptome und Asthenopie** sehr rasch korrigiert werden kann (Tabelle 4). Die **Einstärkengläser mit Nahunterstützung** haben sich in der Behandlung akkommodativer NSBDs sowohl bei prä-presbyopen Patient(inn)en als auch bei Student(inn)en aller Altersstufen als sehr hilfreich erwiesen.

Verordnungen für Patient(inn)en mit akkommodativer NSBD

Akkommodationsschwäche (Accommodative Insufficiency - AI) kann definiert werden als eine Bedingung, unter der eine Person nicht in der Lage ist zu fokussieren oder die Fokussierung im Nahsehbereich zu unterstützen.⁵⁰ Dies wird klinisch sichtbar durch eine Akkommodationsamplitude, die geringer ist als aufgrund des Alters erwartet wird und zudem keine Verhärtung der Augenlinse besteht.⁴⁹ Die individuelle akkommodative Reaktion kann größer sein (Vorsprung), gleich oder geringer (Verzögerung) als der akkommodative Bedarf.⁵¹ Dabei gilt eine kleine Verzögerung als Norm. Die eigentliche Ursache der AI ist noch nicht ganz geklärt,²³ aber alles weist darauf hin, dass verminderte Aktivität in der Akkommodationsphase der schnellen Bewegungsabläufe (phasisch) eine der Hauptursachen ist, begleitet von Unregelmäßigkeiten in der Phase der langsamen Bewegungsabläufe (tonisch).⁵²

Der Bewegungsapparat für Akkommodation und Vergenz produziert ein fokussiertes und angepasstes Netzhautbild,⁵³ somit sind Akkommodation und Konvergenz eng miteinander verknüpft: Akkommodation auf einen nahen Fokus zwingt die Augen zu konvergieren (gemessen nach AC/A-Verhältnis), dabei akkommodieren die Augen (gemessen nach CA/A-Verhältnis).⁵⁴ Einschließlich fehlender Akkommodation oder schlecht unterstützter Akkommodation ist die Akkommodationsschwäche eine der

häufigsten Ursachen für Asthenopie bei Kindern,^{23,55} die Forschung stellt eine breite Prävalenz von 2 % bis 17 % bis zu 62 % fest.⁵⁶ Es bestehen jedoch Unterschiede zwischen Studien zu Student(inn)en und denen zur allgemeinen Bevölkerung, je nachdem, wie die Studien durchgeführt wurden und welche methodologischen Fragen gestellt wurden.

Der klassische Ansatz zur Behandlung von AI umfasst sowohl die Visuelle Therapie (VT) sowie Plusgläser für die Nahsicht, **und dies stets nach der Korrektur einer ggf. bestehenden Ametropie**,^{50,67} da nicht korrigierte Ametropie zu Akkommodationsstress führen⁵⁷ und die Fähigkeit zur Akkommodation beeinträchtigen kann.⁵⁸ Visuelle Therapie wird – insbesondere in Büros – seit über 70 Jahren mit Erfolg eingesetzt⁵⁹ für die Behandlung von ANSBD,^{60,71} wodurch die Asthenopie nach Akkommodations- und Vergenztraining und Therapie reduziert wurde.⁶¹ Es wurde auch aufgezeigt, dass VT die schulische Leistung von Kindern verbessert.⁶² Auch die Verordnung von Plusgläsern ist Teil der Behandlung akkommodativer Störungen. Die Erfolgsrate liegt bei 90 %⁶³ und bei 98 % bei Schulkindern mit reduzierter Akkommodation.⁶⁴ Im Allgemeinen war die Zusatzstärke nicht größer als +1,00.^{65,66}

Verordnung von Einstärkengläsern mit Nahunterstützung

Wir haben festgestellt, dass die folgenden Tests sehr brauchbar sind für eine zuverlässige Bewertung der Fern- und Nahrefraktion bei einer möglichst großen Anzahl von Patient(inn)en und in möglichst kurzer Zeit (Tabelle 7):

- Fern- und Nahrefraktion, durchgeführt bei normaler Routine,
- Kreuzzylindermethode (Jackson Cross Cylinder - JCC) oder MEM-Retinoskopie (Monocular Estimated Method),
- Phorie und assoziierte Phorie (mit möglichen Werten für Nahverordnung), Abdecktest,
- AA (Akkommodationsamplitude),
- NRA (Negative Relative Akkommodation) und PRA (Positive Relative Akkommodation),
- Flipper +2,00/-2,00,
- NPC (Near Point of Convergence - Konvergenznahpunkt),
- Vergenzamplitude (vor allem beim Nahsehen)

Im Anschluss an den Test berechnen wir als ersten Ausgangswert den zu verordnenden Nahzusatz. Dies gilt für den Nahwert für die Kreuzzylindermethode (oder die MEM-Retinoskopie) oder die Differenz zwischen NRA und PRA, z. B. +2,25/-1,75 für die Nahunterstützung von 0,4 und +2,50/-1,50 für eine Nahunterstützung von +0,85.

Wir können diesen Wert nun variieren unter Berücksichtigung folgender Hinweise:

- JCC oder MEM sollten nicht nur für den typischen Leseabstand von 40 cm berechnet werden, insbesondere bei prä-presbyopen Patienten. Nahsehaufgaben beziehen

sich heute auf unterschiedliche Sehdistanzen und umfassen auch Multifokus-Aufgaben, was daher bei 40 cm Abstand hilfreich ist, hilft bei 60 oder 30 cm nicht. Eine umfassende Anamnese und eine gute Kenntnis des Umfelds unserer Patient(inn)en ist daher unbedingt erforderlich.

- Es ist besser, wenn die assoziierte Phorie zwischen den Komfortzonen der Vergenz liegt. Dieser Punkt ist bedeutend, wenn eine assoziierte ungenügende Konvergenz oder eine reduzierte Nahkonvergenz besteht.
- Die Nahunterstützung sollte abhängig vom Phorie-Status variiert werden. Im Zweifelsfall und bei Bestehen einer Exophorie sollte die schwächste Unterstützung, bei Esophorie die stärkste gewählt werden. Dafür gibt es einige Gründe. Die durchschnittliche Verzögerung ist normalerweise am höchsten bei Esophorie und am schwächsten bei Exophorie,⁶⁸ die akkommodative Fähigkeit vom monokularen zum binokularen Sehvorgang nimmt umgekehrt zur Steigerung der Esophorie ab.⁶⁹ Basisexophorie und Konvergenzexzess stehen oft mit größeren Verzögerungen im Zusammenhang.⁵¹ Plusgläser verringern den Akkommodationsbedarf und reduzieren die Anzahl der Esodeviationen.⁴⁹ Es könnte höchst effizient sein, die Asthenopie im Zusammenhang mit AMF bei Patient(inn)en mit DES oder mangelhaft unterstützter Akkommodation durch Entspannung der Akkommodationsanstrengung zu reduzieren, da AMF in einem Bereich von etwa $\pm 0,5$ D schwankt.⁷⁰ Und dies trotz der Tatsache, dass die mögliche Bedeutung für die Akkommodation noch immer ungenügend definiert ist.⁷⁰
- Bei Fällen mit ungenügend unterstützter Akkommodation und Fällen mit normalen binokularen Fähigkeiten wählen wir die schwächste Nahunterstützung entsprechend dem Alter und dem schwächsten positiven Wert, der eine wahrnehmbare Veränderung bewirkt.

Mangelhaft unterstützte Akkommodation und normale binokulare Fähigkeiten haben ihre jeweils eigenen Merkmale: normale positive/negative relative Akkommodation (P/NRA) versagt meist bei Flipper +2,00/-2,00 am Ende der Testreihe oder bei Wiederholungen, normale AA aber einzelne Personen müssen während des Tests häufig unterbrechen, um neu zu fokussieren; ihre Symptomatik entwickelt sich innerhalb von Tagen und sie gewinnen ihr Sehvermögen rasch zurück.

Fazit

Dieser Artikel ist in keinem Fall als Bericht einer klinischen Studie zu verstehen. Er ist eher **das Ergebnis unserer mehrjährigen täglichen Arbeit und Praxis mit realen Patient(inn)en und realen Beschwerden**. Durch die ausführliche Darstellung unserer Erfahrungen und Ergebnisse in Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, erhoffen wir uns Austausch und Diskussionen mit Optometristen aus aller Welt. Wir haben festgestellt, dass die Verordnung von **Einstärkengläsern mit Nahunterstützung (wie Essilor Eyezen™)**, jeweils mit Filter für blau-violettes Licht, bei einer großen Anzahl der Patient(inn)en sehr hilfreich zur Behandlung spezifischer Sehbeschwerden ist. Dies kann kombiniert werden mit einer visuellen Therapie sowie fundierter Beratung

hinsichtlich der Ergonomie bei der Ausübung von Nahsehaufgaben (z. B. korrekte Beleuchtung, angemessene Arbeitsabstände, korrekte Körperhaltung, Nacken- und Augenneigung sowie Blickwinkel und Bildschirmposition im Verhältnis zu den Augen). Sie kann angewandt werden bei Patient(inn)en mit DES sowie funktionalen und akkommodativen nicht durch Strabismus verursachten Vergenzstörungen wie etwa mangelhaft unterstützter Akkommodation, Akkommodationsschwäche, Konvergenzexzess und Akkommodationsschwierigkeiten. Sie kann gleichermaßen bei Schulkindern, Studierenden und bei der prä-presbyopen Bevölkerung angewandt werden. Zusammen mit einer visuellen Therapie bieten Einstärkengläser mit Nahunterstützung rasche Erleichterung der damit verknüpften Symptomatik – was im heutigen digitalen Zeitalter nicht vernachlässigt werden sollte. Darüber hinaus sind sie sehr komfortabel im Vergleich zu Einstärkengläsern in einem Umfeld digitaler oder anderer Nahsehaufgaben. •



DAS WESENTLICHE IN KÜRZE

- Es bestehen wesentliche visuelle und ergonomische Unterschiede zwischen der Ausübung visueller Aufgaben an gedruckten Texten in einer statischen Umgebung und der Verwendung digitaler Geräte und mehrerer unterschiedlicher Bildschirme.
- Die kontinuierliche Nutzung der verschiedensten digitalen Geräte und das sich daraus ergebende haltungsbezogene und visuelle Verhalten ist Auslöser für eine noch nie dagewesene Welle von Augenoptiker- und Augenarztbesuchen aufgrund von Sehstörungen.
- Dieser beträchtliche Anstieg betrifft junge Menschen, Schulkinder, Student(inn)en und junge Erwachsene sowie die Altersgruppe im Vorstadium der Presbyopie.
- Sogar Menschen mit normalen visuellen Fähigkeiten erleben Symptome, die einer akkommodativen nicht durch Strabismus verursachten binokularen Dysfunktion und digitalem Augenstress (DES) ähneln.
- **Einstärkengläser mit Nahunterstützung (wie Essilor Eyezen™)** sind sehr nützliche Hilfsmittel, um die mit DES und akkommodativen Dysfunktionen einhergehenden Symptome in einer variablen Nahumgebung zu lindern.

LITERATURNACHWEISE

1. Punnet L, Bergqvist U. Visual display unit work and upper extremity musculoskeletal disorders: a review of epidemiological findings. Solna: Arbetslivsinstitutet; 1997. Arbete och Hälsa 16.
2. Camilla Lodin, Mikael Forsman, Hans Richter. Eye and neck/shoulder-discomfort during visually demanding experimental near work. *Work* 41 (2012) 3388-3392. DOI: 103233/WOR-2012-0613-338. IOS Press.
3. C. Zetterberg, M. Forsman, H.O. Richter. Effects of visually demanding near work on trapezius muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 23 (2013) 1190-1198.
4. Brandt LPA, Andersen JH, Lassen CF, Kryger A, Overgaard E, Vilstrup I, Mikkelsen S. Neck and shoulder symptoms and disorders among Danish computer workers. *Scand J Work Environ Health* 2004;30(5):399-409.
5. Smita Arwal, Dishanter Gel, Anshu Sharma. Evaluation of the factors which contribute to the ocular complaints in computer users. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Februar 2013. Band 7(2):331-335.
6. American Optometry Association. Guide to the clinical aspects of computer vision syndrome. St Louis: American Optometry Association.
7. Kajita M., Accommodative micro fluctuations, messages from the ciliary muscle, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N58, Frühjahr 2008.
8. Adamopoulos, D. Daley M, Hildreth E., Digital Eye Strain in the USA: Overview by the Visin Council. *Points De Vue – International Review of Ophthalmic Optics*. *Eye Strain Origins and Solutions*, N72, Herbst 2015
9. D'Erceville S., The world of multiple screens: a reality that is affecting users' vision and posture, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N72, Herbst 2015.
10. The New Multi-screen World, Understanding Cross-Platform consumer behavior, Google & Ipsos, 2012.
11. Tables made with data from the following researches from the Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y las S.I. ONTSI-INE, Ministerio de Turismo, Energía y Agenda Digital. Gobierno Reino de España. Perfil sociológico de los internautas. Memoria de la ONTSI-INE 2016, Informe anual ONSTI: La sociedad en la Red 2015. Edición 2016, Net Children Go Mobile, Universidad del País Vasco, Ministerio de Industria, Marzo 2016Las TIC en los hogares españoles, ONTSI, 2016
12. Ruta Ustivanicviciene, Vidtmantas Januskevicius, Association between occupational asthenopia and psychophysiological indicators of visual strain in workers using video display terminals, *Med Sci Monit*, 2006; 12(7): CR296-301.
13. Bergqvist U., Video display terminals and health. A technical and medical appraisal of the state of the art, *Scand J Work Environ Health*, 1984; 10 (Suppl.2):1-87.
14. Hanne W. Brewitt H., Changes in visual function caused by work at a data display terminal, *Ophthalmologie*, 1994;91(1):107-12.
15. Sheedy J., Visual fatigue, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N70, Frühjahr 2014.
16. Ranasinghe P. et al., Computer vision Syndrome among computer office workers in a developing country: an evaluation of prevalence and risk factors, *BMC Res Notes* (2016) 9:150. DOI 10.1186/s13104-016-192-1.
17. Klamm J., Tarnow KG., Computer vision syndrome: a review of literature, *Medsurg Nurs*, 2015;24(2):89-93.
18. Mocchi F, Serra A, Corrias GA. Psychological factors and visual fatigue in working with video display terminal, *Occup Environ Med*. 2001;58(4):267-71.
19. Rossignol AM., Morse EP., Summers VM., Pagnotto LD., Visual display terminal use and reported health symptoms among Massachusetts clerical workers, *J Occup Med*. 197; 29:112-18
20. Hanne W., Brewitt H., Augenklinik Recths DI., Munchen TU., Changes in visual function caused by work at data display terminal, *Ophthalmologie*. 1994;91-107-12.
21. Vision Council, Digital Eye Strain report, <https://www.thevisioncouncil.org/content/digital-eye-strain/kids>.
22. Ángel García Muñoz, Stela Carbonell Bonete, Pilar Cacho Martínez, Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies, *Journal of Optometry* (2014) 7,178-192.
- S Saber Abdi, Rune Brautaset, Agnete Rydberg, Tony Pansell, The influence of accommodative insufficiency in Reading, *Clin Exp Optom* 2007; 90: 1:36-43.
24. Reynolds, Kenneth J et al., "The Economic Impact of Chronic Fatigue Syndrome", Cost effectiveness and resource allocation : C/E 2 (2004): 4. PMC. Web. 7. Juli 2017.
25. Pilar Cacho Martínez, Mario Cantó Cerdán, Stela Carbonell Bonete, Ángel García Muñoz, Characterization of visual symptomatology associated with refractive, accommodative and binocular anomalies, *J Of Ophthalmology*, 2015, Article ID 895803. doi:10.1155/2015/895803.
26. Erik D. Reichle, University of Pittsburgh, Keith Rayner and Alexander Pollatsek, University of Massachusetts, Amherst, The E-Z reader model of eye-movement control in reading: comparisons to other models, S. 4-8.
27. A. Myrberg, C. & Wiberg, N., (2015)? Screen vs. paper: what is the difference for reading and learning?, *Insights*. 28(2), S. 49-54.
28. B. Mangen, A, Walgermo, B R and Brønnekk, K, Reading Linear Texts on Paper Versus Computer Screen: Effects on Reading Comprehension, *International Journal of Educational Research*, (2013).
29. C.Ackerman, R and Lauterman, T (2012), Taking Reading Comprehension Exams on Screen or on Paper? A Metacognitive Analysis of Learning Texts under Time Pressure. *Computers in Human Behavior* 28(5): 1816-1828.
30. 4. Stoop, J, Kretzler, P and Kircz, J G (2013), Reading and Learning from Screens Versus Print: A Study in Changing Habits: Part 2, Comparing Different Text Structures on Paper and on Screen, *New Library World* 114(9/10).
31. Pailié, D., Impact of new digital technologies on posture, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N72, Herbst 2015
32. Seghers J., Jochem A., Spaen A., Posture, muscle activity and muscle fatigue in prolonged VDT works at different screens heights, *Ergonomics* 2003 Jun 10;46(7):714-30
33. Ko O., Mohata A., Bailey I., Sheedy J., Rempel D. Effects of Font size and Reflective Glare on Text Based Task Performance and postural change behaviour of presbyopic and nonpresbyopic computer users, *Proceedings of human factors and ergonomics society annual meeting*. 2012,56:2378.
34. Susumu Saito, Midori Sotoyama, shin Saito, Sasitorn Taptagaporn, Physiological Indices of visual fatigue due to VDT operation: papillary reflexes and accommodative responses, *Industrial Health*, 1994,32, 57-66.
35. Yan Z, Hu L, Chen H, Lu F., Computer vision syndrome: a widely spreading but largely unknown epidemic among computer users, *Comput Hum Behav.*, 2008; 24(5):2026-42.
36. Nakasishi H, Yamada Y. Abnormal tears dynamics and symptoms of eye-strain in operators of visual display terminals, *Occup Environ Med.*, 1999; 56 (1) 6-9.
37. Kornishina TA., Physiological mechanism of the etiology of visual fatigue during work involving visual stress, *Vestn Oftalmol* 2000; 116(4):33-36.
38. Anderson HA., Hentz G., Glasser A., Stuebing KK., Manny RE., Minus-Lens-Stimulated Accommodative Amplitude Decreases Sigmoidally with Age: A Study of Objectively Measured Accommodative Amplitudes from Age 3, *Investigative ophthalmology & visual science*, 2008;49(7):2919-2926. doi:10.1167/iov.07-1492.
39. Ramasubramanian V., Glasser A., Prediction of accommodative optical response in prepresbyopic patients using ultrasound biomicroscopy, *Journal of cataract and refractive surgery*, 2015;41(5):964-980. doi:10.1016/j.jcrs.2014.12.049.
40. Hofstetter HW., A cmarrison f Duane's and Donders' tables of the amplitude of accommodation, *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1944;21 (9):345-362.
41. Schachar R., The early signs and symptoms of presbyopia, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N70, Frühjahr 2014
42. Masayoshi Kajita, Yumiko Ito, Ayako Yamada, Makiko Watanabe, Keiichiro Kato: Accommodative Microfluctuation and Eye Fatigue, *Jpn. J. Vis. Sci* 16: 66-71, 1996.
43. B. Winn, B. Gilmartin, Current perspective on microfluctuations of accommodation, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 1992. Band 12.
44. Carimalo C., Menozzi M., Visual fatigue and micro fluctuation of accommodation, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N55, Herbst 2006.
45. Laurent, A., Understanding the needs of pre-presbyopes and emerging presbyopes, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N70, Frühjahr 2014.
46. Rayney, B.B., Brooks C.V., The Use of Low Powered Progressive Addition Lenses for Non-Presbyopic Patients, *Journal of Behavioral Optometry*, Band 8/1997/Nummer 3. S. 65-69.
47. Baker II, Pre-presbyopic subjects (28-38 yrs) prefer low power progressive lenses versus single vision lenses in a clinical comparison trial, *American Academy of Optometry*, Poster 115. 2001 Meeting.
48. Charles Darko-Takyi, Naimah Ebrahim Khan, Urvasi Nirghin. A review of the classification of nonstrabismic binocular vision anomalies, *Optometry reports* 2016; Band 6:5625.
49. American Optometric Association, Care of Patient with accommodative and vergence dysfunction, *Optometric Clinical Guideline*.
50. Bartucci M., Taub MB, Kieser J., Accommodative Insufficiency: A literatura and a record review, *Optom vis Dev* 2003;39(1):35-40.
51. Momeni-Moghaddam H., Goss D., Sobhani M., Accommodative response under monocular and binocular conditions as a function of phoria in symptomatic and asymptomatic subjects, *Clin Exp Optom* 2014, 97:36-42.
52. Schor C., Horner D., Adaptive disorders of accommodatin and vergences in binocular dysfunction, *Ophthalmic Physiol Opt* 1989;9:264-268.
53. William R Bobier, Vidhyapriya Sreenivasan, Elizabeth L Irving; Can current models of accommodation and vergence predict accommodative behavior in myopic children?, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2014;55(13):2729.
54. Amy L. Davis, Erin M. Harvey et al., Convergence Insufficiency, accommodative insufficiency, visual symptoms and astigmatism in Tohono O'odham students, *Journal of Ophthalmology*, Band 2016. Article ID 6963976.
55. Borsting E., Rouse MW, Deland PN, Hovett S, Kimura D., Park M., Stephens B., Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry* 2003; 74:25-34.
56. Cacho-Martínez P., García-Muñoz Á., Ruiz-Cantero MT., Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *Journal of Optometry*, 2010;3(4):185-197. doi:10.1016/S1888-4296(10)70028-5.
57. Scheiman M., Wick B., *Clinical Management of Binocular Vision: heterophoric, accommodative and eye movement disorders*, 4th Edition, Lippincott and Williams (Eds).
58. Harvey E.M., Miller J.M., Apple P., et al., Accommodative in astigmatic children during visual task performance, *Investigative Ophthalmol & Visual Science* 2014. Band 55, Nr. 8, S. 5420-5430
59. Horwood AM., Toor SS, Riddell PM., Change in convergence and accommodation after two weeks of eye exercises in typical young adults, *Journal of Aapos*. 2014;18(2):162-168. doi:10.1016/j.jaapos.2013.11.008.
60. Rouse MW., Management of binocular anomalies: efficacy of vision therapy in the treatment of accommodative deficiencies, *Am J Optom Physiol Opt*. 1987; 64:415-20.
61. Cooper J., Feldman J., Selenow A., Fair R., Bucciero F., MacDonald D., Levy M., Reduction of asthenopia after accommodative facility training, *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:430-436.
62. Borsting E., Mitchell GL., Kulp MT., et al., Improvement in Academic Behaviors Following Successful Treatment of Convergence Insufficiency, *Optometry and Vision Science*, 2012;89(1):12-18. doi:10.1097/OPX.0b013e318238ff3c.
63. Daum KK., Accommodative dysfunction, *Doc Ophthalmol* 1983; 55: 177-198.
64. Abdi S., Rydberg A. Asthenopia in schoolchildren, Orthoptic and ophthalmological findings and treatment, *Documenta Ophthalmologica* 2005; 111:65-72.
65. Brautaset R., Wahlberg M., Abdi S., Pansell T., Accommodation insufficiency in children: are exercises better than reading glasses?. 2008 Band 24 (5): Iss.2.
66. Wahlberg M., Abdi S., Brautaset R., Treatment of accommodative insufficiency with plus lens reading addition: is +1.00 D better than +2.00 D?. *Strabismus* 2010 Jun;18(2):67-71. doi:10.3109/09273972.2010.485243
67. Dwyer P., Wick B., The influence of refractive correction upon disorders of vergence and accommodation, *Optometry and Vision Science*, 1995. Band 72, Nr. 4.
68. Hasebe Satoshi, Nonaka Fumitaka, Ohtsuki Hiroshi, Accuracy of accommodation in heterophoric patients: testing an interaction model in a large clinical sample, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2005.VL - 25. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2005.00331.x
69. Sreenivasan V, Irving EL., Bobier Wr., Effect of heterophoria type and myopia in Accommodative and vergence responses during sustained near activity in children, *Vision Res* 2012;57:9-17.
70. Charman WN, Heron G., Microfluctuations in accommodation: an update on their characteristics and possible role, *Ophthalmic Physiol Opt* 2015; 35: 476-499. doi: 10.1111/opo.12234.
71. Ciuffreda KJ., The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergences disorders, *Optometry* 2002;73:735-62.
72. Shang YM., Wang GS., Sliney D., Yang CH., Lee LL., 2014, White Light-Emitting Diodes (LEDs) at Domestic Lighting Levels and Retinal Injury in a Rat Model, *Environ Health Perspect* 122:269-276.
73. Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light, Yoshiki Kuse, Kenjiro Ogawa, Kazuhiro Tsuruma, Masamitsu shimazawa, Hideaki Hara, *Scientific Report* 4, 5223; DOI:10.1038/srep05223 (2014)
74. Algvere P., Marshall J., Seregard S., Age-Related maculopathy and the impact of blue light hazard, *Acta Ophthalmol Scand*.2006; 84:4-15. PMID: 16445433.
75. Garcia Molina V., Blue light: from scientific evidence to patient care, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, www.pointsdevue.com, October 2016 Haruo Isono, Apurva Kumar, Takuya Kamimura, Yuuta Noguchi, Hiroyuki Yaguchi, The Effect of Blue Light on Visual Fatigue when Redding on Led-Backlit Tablets LCDs., Tokyo Denki University, VHFp2-9L. 2013.
76. E.Siegenthaler, Y. Bochud, P. Bergamin, P. Wurtz, Reading on Lcds vs e-ink displays: effects on fatigue and visual strain, *Ophthalmic and Physiological Optics* 32, S. 367-374. 2012.
77. Elceeb R., Sreedharan J., Gopal K., Computer Use and Vision-Related Problems Among University Students in Ajman, Arab Emirate N Shantakumari, *Ann Med Health Sci Res.*, 2014 Mar-Apr; 4(2): 258-263. doi:10.4103/2141-9248.129058.
78. Benedetto S., Drai-Zerbib V., Pedrotti M., Tissier G., Baccino T., E-Readers and Visual Fatigue, *Paterson K, ed. PLoS ONE*. 2013;8(12):e83676. doi:10.1371/journal.pone.0083676.
79. Patel S., Henderson R., Bradley L., Galloway B., Hunter L., (1991) Effect of visual display unit use on blink rate and tear stability, *Optometry & Vision Science* 68: 888-892 [PubMed].
80. Tsubota K., Nakamori K., (1993) Dry eyes and video display terminals, *New England Journal of Medicine*, 328: 584-584 [PubMed]
81. John D.Bullough, Zengwei Fu, John Van Derlofske, Discomfort and Disability Glare from Halogen and HID Headlamp Systems Transportation Lighting Group, Lighting Research Center, Rensselaer Polytech Institute, SAE Technical Papers. 2002-01-0010
82. Sivak M., Schoettle B., Minoda T., Flannagan M.J., Blue Content of LED Headlamps and Discomfort Glare, *Februar 2005. UMTRI-2005-2*.