

Sicherheit von Brillengläsern mit DIMS-Technologie und Atropin in der Kombinationstherapie der Myopieprogression

Safety of DIMS Spectacle Lenses and Atropine as Combination Therapy for Myopia Progression

Autoren

Hakan Kaymak^{1,2}, Ann-Isabel Mattern¹, Birte Graff^{1,2}, Kai Neller^{1,2}, Achim Langenbacher², Berthold Seitz³, Hartmut Schwahn¹

Institute

- 1 Internationale Innovative Ophthalmochirurgie (I.I.O.), Düsseldorf, Deutschland
- 2 Institut für Experimentelle Ophthalmologie, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar, Deutschland
- 3 Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes UKS Homburg/Saar, Deutschland

Schlüsselwörter

Myopie, Atropin, DIMS-Brillengläser, Straßenverkehrssicherheit, Kontrastempfindlichkeit, Kinder

Key words

myopia, atropine, DIMS spectacle lenses, road safety, contrast sensitivity, children

eingereicht 25. 3. 2022
angenommen 22. 8. 2022
online publiziert 25. 8. 2022

Bibliografie

Klin Monatsbl Augenheilkd 2022; 239: 1197–1205
DOI 10.1055/a-1930-7116
ISSN 0023-2165
© 2022. Thieme. All rights reserved.
Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. Hakan Kaymak
Internationale Innovative Ophthalmochirurgie (I.I.O.)
Theo-Champion-Str. 1, 40549 Düsseldorf, Deutschland
Tel.: + 49 (0) 21 12 73 04 10, Fax: + 49 (0) 2 11 27 30 41 55
dr.h.kaymak@gmail.com

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Es soll die Sicherheit im Straßenverkehr beim Tragen von Brillengläsern mit DIMS-Technologie (DIMS: Defocus Incorporated Multiple Segments) in der Kombination mit Atropin evaluiert werden.

Patienten und Methoden An 12 jungen Erwachsenen (Alter: 24–45; 30,1 ± 5,7 Jahre) wurde der Fernvisus und die Kontrastempfindlichkeit (KE), sowie Blendempfindlichkeit bei Versorgung mit DIMS-Brillengläsern allein und in der Kombination mit 0,01 % Atropin untersucht.

Ergebnisse Durch Atropineinwirkung vermindert sich der Fernvisus beim Blick durch den zentralen Bereich des DIMS-Brillenglases nicht; bei Blendung und unter Atropin kommt es zu einem Visusabfall um 0,10 logMAR. Beim erzwungenen Blick durch den DIMS-Bereich vermindert sich der Fernvisus durch Atropineinwirkung ohne Blendung um 0,09 logMAR; bei Blendung ist durch Atropin kein weiterer Visusabfall zu beobachten. Die Kontrastempfindlichkeit mit DIMS-Gläsern wird durch Atropineinwirkung nicht relevant verändert. Hinsichtlich der Blendempfindlichkeit findet sich bei DIMS-Gläsern keine für das Sehen und die Sicherheit im Straßenverkehr relevante Sehbeeinträchtigung. Zusätzliche Atropinisierung hat keinen Einfluss auf die Blendempfindlichkeit.

Schlussfolgerung DIMS-Brillengläser sind sicher im Straßenverkehr und verursachen keine relevante Beeinträchtigung des Sehens, auch nicht unter Einfluss von 0,01 % Atropin. DIMS-Brillengläser sind daher auch bei der Behandlung von progressiven Myopien in der Kombinationstherapie mit Atropin sicher.

ABSTRACT

Background The aim of this study was to evaluate traffic safety of Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses in combination therapy with atropine.

Patients and Methods 12 young adults (age: 24–45; 30,1 ± 5,7 years) were recruited to evaluate corrected distance visual acuity (CDVA), contrast sensitivity (CS; FrACT), glare sensitivity (Mesotest) under the influence of DIMS spectacle correction alone and combination therapy with 0,01 % atropine.

Results When looking through the central area of the DIMS lens, far vision does not decrease due to the influence of atropine; influence of glare and atropine leads to a reduction of CDVA by 0.10 logMAR. When forced to look through the DIMS

area, far vision is reduced by 0.09 logMAR due to the influence of atropine in the absence of glare; in the presence of glare, no further loss of visual acuity can be observed under the influence of atropine. Contrast vision with DIMS glasses is not altered by the effects of atropine. Concerning glare sensitivity, DIMS lenses did not show any visual impairment that would

be relevant to vision and road safety. Additional atropinization does not affect glare sensitivity.

Conclusion DIMS spectacle lenses are safe for participation in road traffic and do not relevantly impair traffic safety, neither alone nor under the acute influence of 0,01 % atropine.

Einleitung

Myopie (Kurzichtigkeit) führt, bedingt durch das Missverhältnis von Achslänge und Brechkraft des Auges, zu einer unscharfen Sicht in der Ferne. Dies wird meist durch ein übermäßiges Wachstum des Augapfels im Kindes- und Jugendalter verursacht. Physiologisch wächst der kindliche Augapfel, bis Emmetropie erreicht ist. Durch genetische Disposition und Umweltfaktoren [1] kann, meist beginnend im Schulkindalter, ein übermäßiges Augenlängenwachstum auftreten und eine progressive Myopie ist die Folge. Neben dem optisch meistens gut korrigierbaren Sehfehler erhöht die Myopie jedoch, abhängig von ihrem Schweregrad, auch das Risiko für schwerwiegende Augenerkrankungen, wie Netzhautablösung, myope Makulopathie, myope chorioidale Neovaskularisation oder Glaukom [2].

Ein gängiger Ansatz zur Hemmung der Myopieprogression ist die pharmakologische Intervention mit niedrig dosierten Atropin-Augentropfen. Die Wirkung von Atropin ist dosisabhängig und ebenso die damit verbundenen Nebenwirkungen [3], besonders die Licht- und Blendempfindlichkeit durch die mydriatisierende Wirkung von Atropin sowie eine Schwächung der Akkommodation. Die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft (DOG) empfiehlt in ihrer Stellungnahme von 2019 eine Therapie mit 0,01 % Atropin in einer regelmäßigen abendlichen Gabe vor dem Schlafengehen [4]. Dieses Dosis- und Therapieschema führt zwar am Folgetag noch zu messbaren Auswirkungen auf Pupillengröße und Akkommodation [5], wird aber dennoch gut vertragen [3]. Leider zeigt sich, dass Atropin in dieser nebenwirkungsarmen Dosis unter „real-life“-Bedingungen nicht immer die aus klinischen Studien zu erwartende Hemmung der Myopieprogression bewirkt [6]. Eine Erhöhung der Dosis auf 0,02 % oder 0,025 % zur Verbesserung der therapeutischen Wirksamkeit wird daher zurzeit diskutiert [7].

Neben dieser pharmakologischen Intervention gibt es auch optische Mittel, die sich bei der Therapie der Myopieprogression als wirksam gezeigt haben: Orthokeratologie-Kontaktlinsen, multifokale Kontaktlinsen [8, 9] sowie speziell zur Myopiebehandlung entwickelte Brillengläser mit peripherem Defokus [10–12]. Ein Beispiel dafür sind die Brillengläser mit DIMS-Technologie (defocus incorporated multiple segments). Basierend auf einem Einstärkenglas sind außerhalb einer freien zentralen Zone eine Vielzahl kleiner Pluslinsen in das Glas eingelassen, um in der Peripherie der Netzhaut einen zusätzlichen myopen Defokus zu erzeugen, was hemmend auf das übermäßige Augenlängenwachstum und damit auf die Myopieprogression wirken soll [12]. Durch die einfache Anwendung solcher therapeutischen Brillengläser gibt es kaum Einschränkungen in der Versorgung von Kindern. Trotz zeitweiser Wahrnehmung der defokussierenden Elemente im peri-

pheren Gesichtsfeld ist nach aktueller Studienlage bei den DIMS-Gläsern eine hohe Akzeptanz und gute Verträglichkeit gegeben [13, 14]. Ein anderes Glasdesign für myopiehemmende Brillengläser beruht auf hoch asphärischen Linsen in ringförmiger konzentrischer Anordnung auf einem Einstärkenglas [15].

Zur Verbesserung oder Intensivierung der Therapiewirkung wird die Möglichkeit diskutiert, optische Therapien und pharmakologische Intervention miteinander zu kombinieren. Eine höhere Therapieeffizienz findet sich z. B. bei der Kombination von Orthokeratologielinsen mit einer täglichen Verabreichung von 0,01 % Atropin-Augentropfen [16–18].

Dennoch soll vor allem bei der Kombination der Atropintherapie mit dem Tragen therapeutischer Brillengläser mit lokal defokussierenden Optiken wie den DIMS-Gläsern jegliche sicherheitsrelevante Beeinträchtigung ausgeschlossen werden, insbesondere bez. der Sicherheit der Kinder bei der Teilnahme im Straßenverkehr. Sehfunktionen, die sich als grundsätzlich relevant im Straßenverkehr erwiesen haben, sind Sehschärfe (v. a. Tagessehschärfe bei photopischer Adaptation), Gesichtsfeld, Dämmerungsehvermögen (mesopisches Sehen), Blendempfindlichkeit (v. a. unter mesopischen Bedingungen), Farbsehen, Augenstellung, Motilität und stereoskopisches Sehen [19]. Aus der Literatur war zu erwarten, dass bei DIMS-Gläsern gegenüber herkömmlichen Einstärkengläsern keine relevanten Einschränkungen in der skotopischen und photopischen Sehschärfe und in Bezug auf subjektive Einschränkungen im Gesichtsfeld, Farbsehen oder dem stereoskopischen Sehen auftreten [9, 13, 15, 20, 21]. Obwohl die zeitweilige Wahrnehmung der peripheren, defokussierenden Behandlungszone der DIMS-Brillengläser nicht als seheinschränkend angesehen wurde [13], könnte befürchtet werden, dass sich bei einer Kombinationstherapie mit Atropin, durch die atropinbedingte partielle Mydriasis, die mit erhöhter Blendempfindlichkeit und reduzierter Schärfentiefe einhergehen kann [5], die Kontrastempfindlichkeit verringern und die Blendempfindlichkeit unter mesopischen Bedingungen verstärken könnte.

In dieser Studie sollte daher für die Kombinationstherapie mit DIMS-Gläsern und niedrig dosiertem Atropin (0,01 %), die für das Sehen und die Sicherheit im Straßenverkehr relevanten Parameter untersucht werden.

Material und Methoden

Probandenkollektiv

Zur Berechnung der Stichprobengröße wurde G*Power (Version 3.1.9.4.) [22] verwendet. Mittels 2-seitigem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (α -Fehler: 0,05; Power: 95%) wurde für eine angenommene Visusänderung ein Mittelwert (MW) von 0,3 logMAR

und eine Standardabweichung (SD) $\pm 0,2$ logMAR, eine Stichprobengröße von mindestens 9 ermittelt. Die ethischen Grundsätze der Deklaration von Helsinki wurden befolgt, und die Untersuchung der Probanden erfolgte im Rahmen und im Umfang des von der Ethikkommission der ÄK Nordrhein unter Nr. 2018 124 positiv votierten Projekts. Die erhobenen Daten wurden bei Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen an Mitarbeitenden der Praxis erhoben und im Rahmen dieser Studie retrospektiv analysiert und ausgewertet. Daher liegt das Alter der Gruppe der Patienten höher als bei der generellen Zielgruppe für Maßnahmen zur Hemmung der Myopieprogression. Die 12 Probanden (Alter: 24–45 Jahre; $30,1 \pm 5,7$ Jahre) waren erfahren in der Durchführung von psychophysischen Tests und wiesen keinerlei okuläre Pathologien auf. Das sphärische Äquivalent der Probanden reichte von $-8,13$ dpt bis $+1,13$ dpt ($-2,84 \pm 2,35$ dpt).

Testbrillen und Atropin

In allen Tests wurden speziell an die aktuelle Sehstärke der Probanden angepasste Brillen mit DIMS-Brillengläsern (MiYOSMART, Hoya Lens, Thailand) verwendet. Diese Gläser weisen um einen zentralen „freien“ Einstärkenbereich herum einen ringförmigen Bereich auf, in dem eine Vielzahl kleiner Pluslinsen in das Glas eingelassen sind („DIMS-Bereich“), die bei normalem Blick geradeaus eine Vielzahl lokaler Defokussierungen in der Peripherie der Netzhaut des Auges erzeugen, die der Abbildung des Einstärkenglases überlagert sind. Aufgrund des Fertigungsbereiches der DIMS-Brillengläser wurde der hyperope Proband zunächst mit Kontaktlinsen auf Emmetropie korrigiert und erhielt eine Brille mit DIMS-Gläsern ohne zusätzliche Stärke auf dem Grundglas. Zur Atropinisierung wurde 0,01%iges Atropin (Berg Apotheke, Tecklenburg, Deutschland) verwendet.

Pupillografie

Zur Abschätzung der tatsächlichen Wirkung des Atropins bei diesen Probanden und mit der spezifischen Formulierung des verwendeten Atropins wurden in Vorversuchen die skotopische (< 3 lx) und photopische (> 100 lx) Pupillengröße beider Augen mit dem Myah (Topcon Corp., Japan) jeweils vor Atropingabe („0 h“), 60 min („1 h“), 4 h („4 h“) und 8 h („8 h“) nach Instillation des Atropins gemessen. Als Maß gilt es hier, die Pupillendynamik (Differenz zwischen skotopischer und photopischer Pupille) zu beurteilen, da eine verbleibende Pupillendynamik für eine geringe nachteilige Empfindung von Blendung und Akkommodationschwäche spricht.

Untersuchungsablauf

Vor Atropingabe („0 h“), d. h. nur mit den DIMS-Brillengläsern, und 1 h nach der zusätzlichen Instillation von Atropin („1 h“) wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Fernvisus mithilfe des Freiburg Visual Acuity and Contrast Tests (FrACT, SW Ver. 3.10.5) [23] mit und ohne Blendung, sowohl bei Blick geradeaus durch den defokusfreien zentralen Bereich als auch bei forciertem Blick explizit durch die defokussierende DIMS-Zone. Diese Messung wurde am rechten Auge durchgeführt.

- Kontrastempfindlichkeit (KE) mithilfe des Freiburg Visual Acuity and Contrast Tests (FrACT, SW Ver. 3.10.5) unter den gleichen Bedingungen wie oben genannt.
- Kontrastempfindlichkeit (KE) mittels Visual Function Analyzer (Stereo Optical, USA) nach dem F. A. C. T.-Protokoll (Functional Acuity Contrast Test) unter photopischen und mesopischen Bedingungen, jeweils mit und ohne Blendung (unter photopischen Bedingungen 135 lx, unter mesopischen Bedingungen 28 lx). Diese Messung wurde binokular durchgeführt.
- Dämmerungssehen und Blendempfindlichkeit mittels Mesotest (Oculus Optikgeräte, Wetzlar), der eine Blendquelle verwendet, die auf Pupillenebene 0,3 lx abstrahlt. Diese Messung wurde binokular durchgeführt.

Dazu wurden auf einem kalibrierten Farb-LCD-Bildschirm mit 58 cm Bildschirmdiagonale (ColorEdge CS230, Eizo, Japan) in einem Abstand von 2 m für den Fernvisus als Optotypen Landolt-Ringe und für die KE verschiedene orientierte Sinusgitter bei 3 und 6 Zyklen/Grad („cycles per degree“, cpd) dargeboten.

Die verwendete Punkt-Blendlichtquelle (38 lx auf Pupillenebene, 5 mm LED, 10000 mcd) befand sich am oberen Rand des LCD-Schirms. Zur Bestimmung von Fernvisus und KE beim Blick ausschließlich durch den DIMS-Bereich des Glases wurde zunächst der Kopf der Probanden während der Messungen in einer Kinnstütze fixiert. Durch Verschieben des LCD-Bildschirms um 21° seitwärts (d. h. bei gegebenem Sehabstand um 78 cm nach links) wurde der Blick durch den nasalen peripheren DIMS-Bereich erzwungen [21]. Trat bei der Blickauslenkung auch eine Kopfbewegung des Probanden auf, so wurde diese stets durch den Untersucher korrigiert.

Alle Messungen fanden in einem abgedunkelten Raum (Raumhelligkeit < 15 lx) ohne Störlichtquellen statt.

Zur statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurden sowohl der Kolmogorov-Smirnov-Test als auch eine mehrfaktorielle ANOVA mit Matlab (Mathworks Inc., USA, Version: R2021b) durchgeführt.

Ergebnisse

Atropinwirkung auf die Pupille

Die in den Vorversuchen unter skotopischen und photopischen Bedingungen ermittelten Pupillengrößen und die resultierende Pupillendynamik sind in ► **Abb. 1** dargestellt. Die Pupillendynamik betrug vor der Atropinisierung $2,59 \pm 0,52$ mm, 1 h nach 0,01% Atropin $1,97 \pm 1,08$ mm ($p < 0,05$), nach 4 h $1,35 \pm 0,83$ mm ($p < 0,001$) und nach 8 h $1,81 \pm 0,69$ mm ($p < 0,01$).

Dämmerungssehen und Blendempfindlichkeit

Die Ergebnisse der am Mesotest durchgeführten Untersuchungen sind ► **Abb. 2** zu entnehmen.

Ohne Blendung konnten alle Probanden die Optotypen bis zu einem Kontrast von 1:2,7, was einer logarithmierten KE (logCS) von 0,2 entspricht, sicher erkennen. 11 der Probanden (92%) erkannten außerdem die Optotypen des schwächsten Kontrastes von 1:2 (0,3 logCS); 1 Proband (8%) erkannte die Optotypen dieses Kontrastes nicht.

Auch unter Blendung konnten alle Probanden die Optotypen bis zu einem Kontrast von 1:2,7 erkennen. Neun (75%) der Probanden erkannten außerdem die Optotypen des niedrigsten Kontrastes von 1:2; 3 Probanden (8%) erkannte die Optotypen dieses Kontrastes nicht.

Unter zusätzlicher Atropinisierung erkannten ohne Blendung weiterhin alle Probanden die Optotypen bis zu einem Kontrast von 1:2,7. 11 Probanden (92%) erkannten zusätzlich die Optotypen des schwächsten Kontrastes von 1:2 korrekt; 1 Proband (8%) erkannte die Optotypen dieser Kontraststufe nicht.

Unter Atropinisierung und Blendung erkannten weiterhin alle Probanden die Optotypen bis zu einem Kontrast von 1:2,7. Neun Probanden (75%) erkannten ebenfalls die Optotypen des Kontrastes 1:2; 3 Probanden (25%) erkannten die Optotypen dieses Kontrastes nicht.

Fernvisus (FrACT)

In ▶ **Tab. 1** und **Tab. 2** sind der mittlere Fernvisus (logMAR) mit SD für den Blick durch den „zentralen Bereich“ und Blick durch „DIMS-Bereich“ aufgetragen; jeweils ohne Atropin sowie unter Atropinisierung ohne bzw. mit Einfluss von Blendung.

Ohne Blendung reduziert sich der Fernvisus beim Blick durch den DIMS-Bereich gegenüber dem Geradeausblick durch den zentralen Bereich des Glases signifikant um 0,24 logMAR ($p < 0,001$); unter Atropinisierung reduziert sich der Fernvisus signifikant um 0,27 logMAR ($p < 0,001$; ▶ **Tab. 1**).

Beim Geradeausblick reduziert die zusätzliche Atropinisierung den Fernvisus nicht signifikant; beim Blick durch den DIMS-Bereich reduziert die zusätzliche Atropinisierung den Fernvisus um 0,09 ($p < 0,05$).

Unter zusätzlichem Blendeinfluss zeigt sich eine signifikante Reduktion des Fernvisus beim Blick durch den DIMS-Bereich gegenüber dem Geradeausblick um 0,25 logMAR ($p < 0,001$); unter Atropinisierung reduziert sich der Fernvisus signifikant um 0,17 logMAR ($p < 0,001$; ▶ **Tab. 2**).

Beim Geradeausblick reduziert die zusätzliche Atropinisierung den Fernvisus um 0,10 logMAR ($p < 0,01$); beim Blick durch den DIMS-Bereich reduziert die zusätzliche Atropinisierung den Fernvisus nicht signifikant.

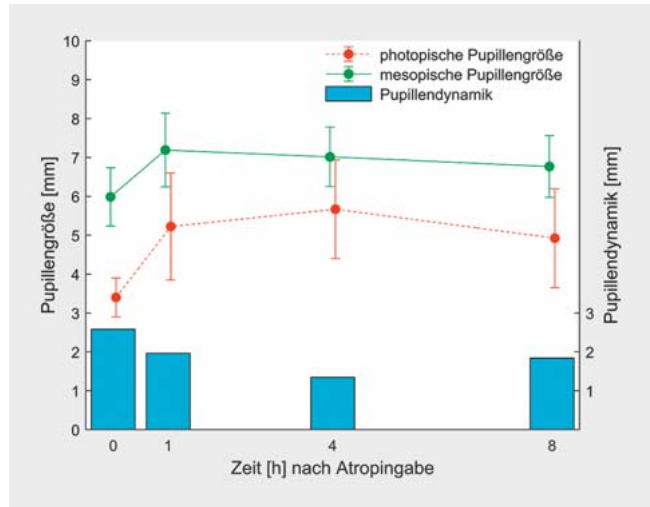
Kontrastempfindlichkeit (FrACT)

▶ **Tab. 3** und **Tab. 4** zeigen die Kontrastempfindlichkeiten (logCS) für die 4 untersuchten Bedingungen für die Ortsfrequenzen 3 und 6 cpd.

Bei der Ortsfrequenz von 3 cpd wird die KE bei Blick durch den DIMS-Bereich gegenüber dem Geradeausblick nicht erkennbar beeinflusst (ohne Atropin); die Atropinisierung führt bei diesem Vergleich zu einer Reduktion der KE um 0,16 logCS ($p < 0,01$).

Die KE beim Geradeausblick verringert sich durch Atropineinwirkung nicht signifikant; die KE bei Blick durch den DIMS-Bereich erfährt eine Reduktion von 0,22 logCS ($p < 0,001$).

Bei der Ortsfrequenz von 6 cpd wird die KE bei Blick durch den DIMS-Bereich gegenüber dem Geradeausblick, sowohl ohne als auch unter Atropineinwirkung um 0,09 logMAR signifikant vermindert (ohne Atropin um 0,35 logCS, $p < 0,001$; mit Atropin um 0,38, $p < 0,001$).



▶ **Abb. 1** Einfluss der akuten Atropinisierung mit 0,01% Atropin auf Pupillendynamik (Balkendiagramm) und Pupillengröße (Fehlerbalken) über die Zeit (vor Atropingabe [0 h] bzw. 45–60 min [1 h], 4 h und 8 h nach Atropingabe).

Mesotest				
Kontraststufe	1:23	1:5	1:2,7	1:2
nur DIMS				
ohne Blendung	100%	100%	100%	92%
mit Blendung	100%	100%	100%	75%
DIMS + 0,01% Atropin				
ohne Blendung	100%	100%	100%	92%
mit Blendung	100%	100%	100%	75%

▶ **Abb. 2** Prozentualer Anteil der Probanden, die mit DIMS-Gläsern die Kontraststufen am Mesotest erkannten, jeweils mit und ohne Blendung und jeweils ohne Atropinisierung; 1:23 entspricht dem höchsten einstellbaren Kontrast, 1:2 dem geringsten Kontrast. (Das Sehen eines Kontrastes von 1:23 ist die Anforderung für Führerscheinklasse B.)

Es ist kein Einfluss des Atropins auf die KE erkennbar, weder bei zentralem Blick noch beim Blick durch den DIMS-Bereich.

Kontrastempfindlichkeit (Visual Function Analyzer)

Bei der Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit mit dem Visual Function Analyzer nach dem F.A.C.T.-Protokoll zeigt sich keine statistisch signifikante und klinisch relevante Beeinflussung der KE mit DIMS-Gläsern durch die Atropinisierung, auch nicht unter Blendung (▶ **Abb. 3**). Tendenziell ist unter Atropin eine Steigerung der Kontrastempfindlichkeit bei mesopischen Bedingungen, sowohl mit als auch ohne Blendung zu finden.

► **Tab. 1** Fernvisus (angegeben in logMAR in Mittelwert ± SD) bei zentralem Blick und Blick durch den DIMS-Bereich, jeweils mit und ohne Atropin und jeweils ohne Blendung; n. s. = nicht signifikant. Beispiel zur Interpretation: Ein Unterschied von + 0,1 logMAR von „zentral“ zu „DIMS-Bereich“ entspricht einem Visusabfall um 1 Stufe.

ohne Blendung	Fernvisus [logMAR] (MW ± SD)			
	ohne Atropin		mit Atropin	
	zentral	DIMS-Bereich	zentral	DIMS-Bereich
	- 0,06 ± 0,15	0,18 ± 0,12	0,00 ± 0,13	0,27 ± 0,05
	p < 0,001		p < 0,001	
	n. s.			
	p < 0,05			

► **Tab. 2** Fernvisus (angegeben in logMAR in Mittelwert ± SD) bei zentralem Blick und Blick durch den DIMS-Bereich, jeweils mit und ohne Atropin und jeweils unter Blendung; n. s. = nicht signifikant. Beispiel zur Interpretation: Ein Unterschied von + 0,1 logMAR von „zentral“ zu „DIMS-Bereich“ entspricht einem Visusabfall um 1 Stufe.

mit Blendung	Fernvisus [logMAR] (MW ± SD)			
	ohne Atropin		mit Atropin	
	zentral	DIMS-Bereich	zentral	DIMS-Bereich
	- 0,01 ± 0,16	0,24 ± 0,17	0,09 ± 0,18	0,26 ± 0,16
	p < 0,001		p < 0,001	
	p < 0,01			
	n. s.			

► **Tab. 3** Mittelwert ± SD der Kontrastempfindlichkeit (logCS) bei Geradeausblick durch den zentralen Bereich des Glases und bei Blick durch den DIMS-Bereich, jeweils mit und ohne Atropin und für die Ortsfrequenzen von 3 cpd. n. s. = nicht signifikant.

Ortsfrequenz 3 cpd	Kontrastempfindlichkeit [logCS] (MW ± SD)			
	ohne Atropin		mit Atropin	
	zentral	DIMS-Bereich	zentral	DIMS-Bereich
	2,23 ± 0,11	2,19 ± 0,17	2,13 ± 0,20	1,97 ± 0,24
	n. s.		p < 0,01	
	n. s.			
	p < 0,001			

Diskussion

Diese Studie dient der Evaluation von verschiedenen Sehfunktionen beim Tragen von DIMS-Brillengläsern zur Hemmung der Myopieprogression, insbesondere in der Kombination mit niedrig dosiertem Atropin (0,01%).

In einer vorausgehenden Studie mit jungen Erwachsenen konnte gezeigt werden, dass der Geradeausblick durch den zentralen, defokusfreien Bereich der DIMS-Brillengläser, der einer Einstärkenkorrektur entspricht, keine Visusreduktion hervorruft

[21]; Voraussetzung dafür ist eine korrekte Zentrierung der Brillengläser. Beim Blick durch den Behandlungsbereich des DIMS-Glases wurde eine Visusminderung um 0,3 logMAR gefunden [21]; dies entspricht etwa einem sphärischen Defokus von 0,5 bis 0,75 dpt. Dieser beschriebene Visusabfall konnte in der vorliegenden Studie genau bestätigt werden. Diese für + 3,50 dpt Defokus geringe Visusminderung ist durch die Konfiguration der DIMS-Brillengläser zu erklären. Die auf der Vorderfläche der DIMS-Gläser angeordneten Pluslinsen sind im Durchmesser deutlich kleiner (1 mm) als die Pupillengröße des Auges, sodass das einfallende

► **Tab. 4** Mittelwert \pm SD der Kontrastempfindlichkeit (logCS) bei Geradeausblick durch den zentralen Bereich des Glases und bei Blick durch den DIMS-Bereich, jeweils mit und ohne Atropin und für die Ortsfrequenzen von 6 cpd; n. s. = nicht signifikant.

Ortsfrequenz 6 cpd	Kontrastempfindlichkeit [logCS] (MW \pm SD)			
	ohne Atropin		mit Atropin	
	zentral	DIMS-Bereich	zentral	DIMS-Bereich
	1,94 \pm 0,22	1,59 \pm 0,27	1,84 \pm 0,37	1,46 \pm 0,33
	p < 0,001		p < 0,001	
	n. s.			
			n. s.	

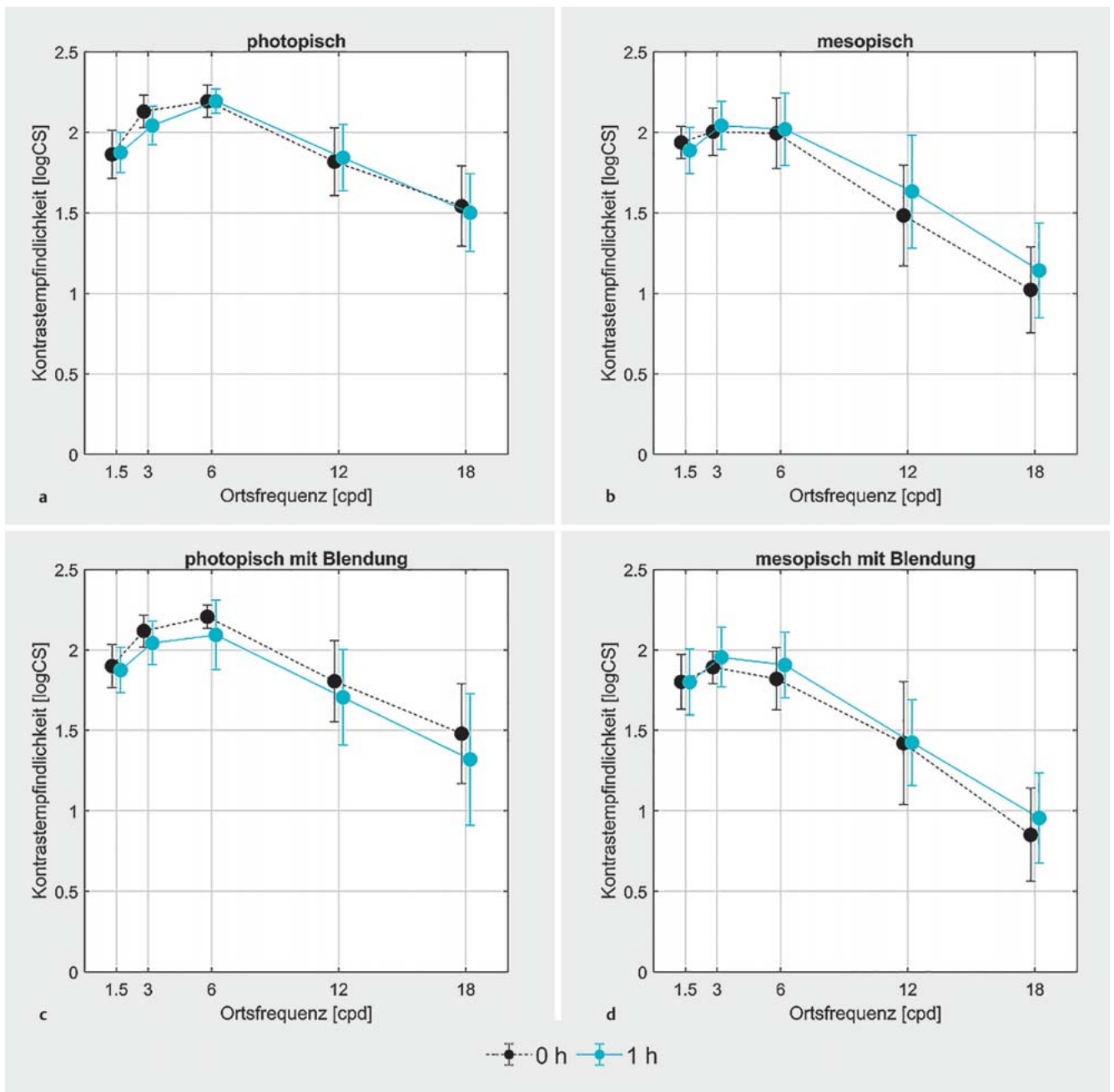
Lichtstrahlenbündel immer eine Kombination aus Lichtstrahlen, die zum einen nur durch das Einstärkenbrillenglas und zum anderen in jedem Fall durch mehr als 1 Linse gebrochen werden [20]. In einer Studie mit 20 Kindern wurde eine geringere Visusreduktion durch die Behandlungszone der DIMS-Gläser gemessen (0,06 log-MAR) [13]. Dies lässt vermuten, dass Kinder im Vergleich zu den freiwilligen Erwachsenen eine schnellere Adaptation aufweisen und weniger stömpfindlich auf Defokus sind. Lam et al. konnten zeigen, dass Sehfunktionen durch DIMS-Brillengläser im Vergleich zu Einstärkengläsern nicht eingeschränkt sind und dass sich die Sehleistung im Laufe von 2 Jahren, sowohl mit DIMS- als auch mit Einstärkengläsern verbessert [10]. In der Praxis hat sich diese Visusminderung in der Peripherie des Glases als nicht klinisch relevant herausgestellt: In einer bisher unveröffentlichten, von den Autoren durchgeführten systematischen Befragung von 54 mit DIMS-Brillengläsern behandelten Kindern wurden nach spätestens 14 Tagen Eingewöhnungszeit keine subjektive Einschränkungen der Sehschärfe mehr berichtet, wobei sich die ursprünglich berichteten Sehprobleme ausschließlich auf das Lesen in der Nähe beschränkten; in keinem Fall wurde eine Beeinträchtigung beim Sehen in der Ferne oder im Straßenverkehr berichtet. Hierbei ist zu erwähnen, dass randomisierte Studien mit DIMS-Brillengläsern im europäischen Raum noch ausstehend sind.

Spezielle Brillengläser zur Hemmung der Myopieprogression sind nicht die einzige Gattung von Brillengläsern, die mehrere Stärken innerhalb eines Glases anbieten: Die ältere Bevölkerung trägt häufig Brillen mit Progressivgläsern, die für die Teilnahme im Straßenverkehr als sicher eingestuft werden [24]. Im Vergleich zu Gleitsichtbrillengläsern haben DIMS-Brillengläser jedoch ein grundsätzlich anderes optisches Design. Da die DIMS-Pluslinsen in einem Deckungsverhältnis von weniger als ca. 50% in ein Einstärkenglas eingebettet sind, ist die Bildvergrößerung über die gesamte Fläche des Glases gleich, auch beim Blick durch den peripheren DIMS-Bereich. Progressivgläser hingegen haben, je nach Design, mehr oder weniger stark ausgeprägte unerwünschte optische Effekte, die sich auf der Glasoberfläche verändern und Sehfunktionen beeinflussen [25, 26]. Bezogen auf das optische Design der DIMS-Brillengläser können diese folglich ebenfalls als sicher für die Teilnahme im Straßenverkehr eingestuft werden.

Um die Therapieeffizienz der DIMS-Gläser in Einzelfällen noch zu verbessern, bietet sich eine Kombinationstherapie mit Atropin-Augentropfen an. Es könnte bei Eltern und behandelnden Augen-

ärzten jedoch die Befürchtung bestehen, dass die besonderen optischen Eigenschaften eines myopiehemmenden Glasdesigns durch eine Vergrößerung der Pupille und Verminderung der Pupillendynamik aufgrund der Atropineinwirkung, stärker hervortreten. Dadurch könnte insbesondere der defokussierende Behandlungsbereich („DIMS-Bereich“) der DIMS-Brillengläser verstärkt wahrgenommen werden und die Sehleistung in diesem Bereich, insbesondere auch unter Blendeinfluss, reduziert werden. Wir konnten in der vorliegenden Studie zeigen, dass auch unter Einfluss akuter Atropinwirkung mit Beeinträchtigung der Pupillenfunktion, wie sie bei der Myopietherapie mit niedrig dosiertem Atropin auftreten kann, die Sehfunktion mit den DIMS-Brillengläsern nicht klinisch relevant eingeschränkt ist. Bei Geradeausblick (zentral durch die DIMS-Brillengläser) konnte durch Atropinisierung weder eine statistisch signifikante noch eine klinisch relevante Visusänderung festgestellt werden. Bei Blick durch den DIMS-Bereich ist der Visus zwar generell vermindert, die Kontrastempfindlichkeit bei Ortsfrequenzen von 3 cpd und 6 cpd ist jedoch nicht beeinträchtigt. Diese Ortsfrequenzen sind zur groben Objekterkennung und zum sicherheitsrelevanten Sehen notwendig, vor allem im Straßenverkehr [27]. Auch bei höheren Ortsfrequenzen konnte in der Untersuchung mit dem Visual Function Analyzer keine Verminderung der Kontrastempfindlichkeit mit DIMS-Gläsern unter zusätzlichem Atropineinfluss gefunden werden. In dieser Untersuchung zeigt sich nach Atropinisierung tendenziell sogar eine verbesserte KE unter mesopischen Bedingungen, vermutlich bedingt durch die vergrößerte Pupille [28]. Die vorliegenden Ergebnisse bez. der Kontrastempfindlichkeit unter Atropineinfluss decken sich mit früheren Erkenntnissen: In einer Studie, die die Kurzzeit- und Langzeiteffekte von 0,01% Atropin auf KE untersucht hat, konnte keine signifikante Reduktion der KE festgestellt werden [18].

Die hier mit dem Mesotest ermittelten Ergebnisse bez. Dämmerungssehen und Blendempfindlichkeit lassen unter dem Einfluss von Atropin und Blendung keine Einschränkungen im Straßenverkehr erwarten. Die durch die DOG vorgegebenen Mindestanforderungen für die Führerscheinklasse B wurden von diesem Probandenkollektiv zu keinem Zeitpunkt unterschritten [29]. Unter keiner der untersuchten Sehbedingungen kam es zu einer klinisch relevanten Visusminderung und im Mittel wurde die Visusstufe von 0,3 logMAR nicht unterschritten. Hieraus schließen wir, dass Brillengläser mit DIMS-Technologie auch in der Kombination mit



► **Abb. 3** Kontrastempfindlichkeit bei 1,5, 3, 6, 12 und 18 cpd, bestimmt bei 12 Probanden jeweils vor Atropinisierung (0 h) und ca. 60 min danach (1 h). a Unter photopischen Bedingungen. b Unter mesopischen Bedingungen. c, d Jeweils wie a und b, aber mit Blendung.

Atropin keine relevanten Einschränkungen im Straßenverkehr hervorrufen.

In jedem Fall bleibt anzumerken, dass das hier angewandte Paradigma einer äußerst artifizien und erzwungen ungünstigen Situation entspricht: Den geführten Blick durch peripheren DIMS-Bereich der DIMS-Gläser beim Test der Sehleistung wird es in der praktischen Realität so nicht geben. In einer realen Situation würde ein Brillenträger den Kopf in Richtung eines Objektes bewegen, um durch den freien zentralen Einstärkenbereich des DIMS-Glases zu schauen. Umgekehrt ist die Auflösung im peri-

pheren Gesichtsfeld so gering [13], dass die durch die Optik des DIMS-Bereiches hervorgerufene überlagerte Unschärfe beim Geradeausblick überhaupt nicht wahrgenommen wird. Das angewandte Paradigma betrifft lediglich den besonders ungünstigen Fall, dass ein ggf. sicherheitsrelevantes Objekt im peripheren Gesichtsfeld erst grob wahrgenommen wird, der Blick zu diesem Objekt gerichtet wird und dabei für einen kurzen Moment allein durch den DIMS-Bereich des Glases fällt, bevor die reflexartige Kopfbewegung dem Blick folgt, sodass der Blick erst dann wieder durch den defokusfreien zentralen Einstärkenbereich des DIMS-

Glases fällt. Durch die vorbeschriebene konstante Bildvergrößerung des zugrunde liegenden Einstärkenglases ist bei dem Blickvorgang „Blick zur Seite“ und der ausgelösten Reflexkaskade „Kopf folgt Blick“ [30], im Gegensatz zu Progressivgläsern mit veränderlicher Bildvergrößerung, keinerlei Sehbeeinträchtigung zu erwarten.

Schlussfolgerung

DIMS-Brillengläser stellen nach aktuellen Erkenntnissen keine Beeinträchtigung im Straßenverkehr dar. Auch in der Kombinationstherapie mit Atropin sind sicherheitsrelevante Sehfunktionen nicht beeinträchtigend verändert. Beim Blick durch die Behandlungszone der DIMS-Brillengläser ist der Visus zwar verringert, jedoch ist die Kontrastempfindlichkeit für sicherheitsrelevante Ortsfrequenzen nicht beeinträchtigt. Es ist außerdem zu erwähnen, dass es sich beim erzwungenen und starren Blick durch die Behandlungszone um einen höchst artifizielle Sehaufgabe handelt; in realen Szenarien ist ein Blick durch diesen Bereich eher kurz und wird durch Kopfbewegung ausgeglichen.

FAZITBOX

Bereits bekannt:

- Niedrig dosiertes Atropin und spezielle Brillengläser stellen gängige Methoden zur Hemmung der Myopieprogression dar.
- Bei nicht ausreichendem Therapieerfolg kann eine Kombination von Therapien sinnvoll sein.
- Mögliche negative optische und sinnesphysiologische Effekte der Kombinationstherapie und deren Einfluss auf die Sicherheit im Straßenverkehr sind bisher ungeklärt.

Neu beschrieben:

- In der Kombination von Brillengläsern mit DIMS-Technologie und 0,01% Atropin werden die zentralen Sehfunktionen nicht klinisch relevant eingeschränkt.
- Die kurzzeitig in der Peripherie wahrnehmbaren optischen Effekte beeinflussen die grobe Objekterkennung nicht.
- Eine Kombinationstherapie von DIMS und 0,01% Atropin ist als unbedenklich im Straßenverkehr anzusehen.

Interessenkonflikt

Hakan Kaymak ist als Berater für HOYA Lens Deutschland GmbH tätig.

Literatur

- [1] Morgan IG, Wu P-C, Ostrin LA et al. IMI Risk Factors for Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 3. doi:10.1167/iovs.62.5.3
- [2] Saw S-M, Gazzard G, Shih-Yen EC et al. Myopia and associated pathological complications. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005; 25: 381–391. doi:10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x
- [3] Yam JC, Jiang Y, Tang SM et al. 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* 2019; 126: 113–124. doi:10.1016/j.ophtha.2018.05.029
- [4] Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V., Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft. Empfehlungen bei progredienter Myopie im Kindes- und Jugendalter: Stellungnahme von DOG und BVA. Stand Dezember 2018. *Ophthalmologie* 2019; 116: 340–345. doi:10.1007/s00347-019-0874-6
- [5] Kaymak H, Fricke A, Mauritz Y et al. Short-term effects of low-concentration atropine eye drops on pupil size and accommodation in young adult subjects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256: 2211–2217. doi:10.1007/s00417-018-4112-8
- [6] Kaymak H, Graff B, Schaeffel F et al. A retrospective analysis of the therapeutic effects of 0.01% atropine on axial length growth in children in a real-life clinical setting. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021; 1–10. doi:10.1007/s00417-021-05254-5
- [7] Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y et al. Three-Year Clinical Trial of Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: Continued Versus Washout: Phase 3 Report. *Ophthalmology* 2022; 129: 308–321. doi:10.1016/j.ophtha.2021.10.002
- [8] Cho P, Cheung SW. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53: 7077–7085. doi:10.1167/iovs.12-10565
- [9] Li SM, Kang MT, Wu SS et al. Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in school-aged children: a meta-analysis. *Ophthalmic Physiol Opt* 2017; 37: 51–59. doi:10.1111/opo.12332
- [10] Lam CSY, Tang WC, Tse DYY et al. Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 2020; 104: 363–368. doi:10.1136/bjophthalmol-2018-313739
- [11] Bao J, Yang A, Huang Y et al. One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Br J Ophthalmol* 2022; 106: 1171–1176. doi:10.1136/bjophthalmol-2020-318367
- [12] Kaymak H, Graff B, Neller K et al. Myopietherapie und Prophylaxe mit „Defocus Incorporated Multiple Segments“-Brillengläsern. *Ophthalmologie* 2021; 118: 1280–1286. doi:10.1007/s00347-021-01452-y
- [13] Lu Y, Lin Z, Wen L et al. The Adaptation and Acceptance of Defocus Incorporated Multiple Segment Lens for Chinese Children. *Am J Ophthalmol* 2020; 211: 207–216. doi:10.1016/j.ajo.2019.12.002
- [14] Lam CSY, Tang WC, Qi H et al. Effect of Defocus Incorporated Multiple Segments Spectacle Lens Wear on Visual Function in Myopic Chinese Children. *Trans Vis Sci Tech* 2020; 9: 11. doi:10.1167/tvst.9.9.11
- [15] Li X, Ding C, Li Y et al. Influence of Lenslet Configuration on Short-Term Visual Performance in Myopia Control Spectacle Lenses. *Front Neurosci* 2021; 15: 667329. doi:10.3389/fnins.2021.667329
- [16] Kinoshita N, Konno Y, Hamada N et al. Efficacy of combined orthokeratology and 0.01% atropine solution for slowing axial elongation in children with myopia: a 2-year randomised trial. *Sci Rep* 2020; 10: 12750. doi:10.1038/s41598-020-69710-8
- [17] Wan L, Wei C-C, Chen CS et al. The Synergistic Effects of Orthokeratology and Atropine in Slowing the Progression of Myopia. *J Clin Med* 2018; 7: 259. doi:10.3390/jcm7090259
- [18] Cheng Z, Mei J, Cao S et al. The Effects of 0.01% Atropine on Adult Myopes' Contrast Sensitivity. *Front Neurosci* 2021; 15: 624472. doi:10.3389/fnins.2021.624472
- [19] Lachenmayr B. Verkehrsophthalmologie. Fahreignungsbegutachtung im Straßenverkehr. *Ophthalmologie* 2006; 103: 425–443; quiz 444–445. doi:10.1007/s00347-006-1330-y
- [20] Jaskulski M, Singh NK, Bradley A et al. Optical and imaging properties of a novel multi-segment spectacle lens designed to slow myopia progression. *Ophthalmic Physiol Opt* 2020; 40: 549–556. doi:10.1111/opo.12725

- [21] Kaymak H, Neller K, Schütz S et al. Vision tests on spectacle lenses and contact lenses for optical myopia correction: a pilot study. *BMJ Open Ophthalmology* 2022; 7: e000971. doi:10.1136/bmjophth-2022-000971
- [22] Faul F, Erdfelder E, Lang A-G et al. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007; 39: 175–191. doi:10.3758/BF03193146
- [23] Bach M. The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007; 245: 965–971. doi:10.1007/s00417-006-0474-4
- [24] Chu BS, Wood JM, Collins MJ. The effect of presbyopic vision corrections on nighttime driving performance. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 4861–4866. doi:10.1167/iovs.10-5154
- [25] Schilling T, Ohlendorf A, Varnas SR et al. Peripheral Design of Progressive Addition Lenses and the Lag of Accommodation in Myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017; 58: 3319–3324. doi:10.1167/iovs.17-21589
- [26] Villegas EA, Artal P. Visual acuity and optical parameters in progressive-power lenses. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 672–681. doi:10.1097/01.opx.0000232818.37832.ee
- [27] Collin CA, McMullen PA. Subordinate-level categorization relies on high spatial frequencies to a greater degree than basic-level categorization. *Percept Psychophys* 2005; 67: 354–364. doi:10.3758/BF03206498
- [28] Karatepe AS, Köse S, Eğrilmez S. Factors Affecting Contrast Sensitivity in Healthy Individuals: A Pilot Study. *Turk J Ophthalmol* 2017; 47: 80–84. doi:10.4274/tjo.93763
- [29] Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft. Prüfung des Kontrast- oder Dämmerungssehens. *Ophthalmologe* 2011; 108: 1195–1198. doi:10.1007/s00347-011-2488-5
- [30] Zangemeister WH, Stark L. Gaze latency: Variable interactions of head and eye latency. *Exp Neurol* 1982; 75: 389–406. doi:10.1016/0014-4886(82)90169-8