

Αξιολόγηση της οπτικής συμπεριφοράς των πολυεστιακών φακών επαφής: η επίδραση της διόφθαλμης όρασης, της διαμέτρου της κόρης και των εγγενών οφθαλμικών εκτροπών.

Ντζιλέπης Γιώργος, MSc, οπτικός- οπτομέτρης

Πλαϊνής Σωτήρης, MSc, PhD, FBCLA¹

¹ Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης (IVO), Πανεπιστήμιο Κρήτης (www.ivo.gr).

Εισαγωγή

Δημογραφικές μελέτες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι σε λίγα χρόνια τα ηλικιωμένα άτομα θα αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού. Η επιβράδυνση της γήρανσης έχει επιτευχθεί με τη συμβολή σημαντικών βελτιώσεων στον τομέα της υγιεινής, της διατροφής και της ιατρικής περίθαλψης. Παρά τις παραπάνω εξελίξεις, η πρεσβυωπία, δηλαδή η βαθμιαία απώλεια της ικανότητάς μας να εστιάζουμε αντικείμενα σε κοντινές αποστάσεις, γνωστή ως ικανότητα προσαρμογής, γίνεται αισθητή στις παραγωγικές ηλικίες των 40-50 ετών. Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί χειρουργικές και μη, προσεγγίσεις που μπορούν να ικανοποιήσουν, δυνητικά, τις ανάγκες του πρεσβύωπα, μέσω αύξησης του βάθους πεδίου (depth -of-focus, DOF), η πιο αποτελεσματική προσέγγιση συνεχίζει να είναι η διόρθωση με τα «παραδοσιακά» πρεσβυοπικά γυαλιών ανάγνωσης ή με τους πιο εργονομικά εξελιγμένους πολυε-στιακούς οφθαλμικούς φακούς.

Η διόρθωση της πρεσβυωπίας με φακούς επαφής (ΦΕ) αποτελούσε ανέκαθεν μία μεγάλη πρόκληση, λόγω της δυσκολίας κατασκευής φακών με σχεδιασμούς, οι οποίοι να εξασφαλίζουν ταυτόχρονα ευκρινή όραση για κάθε απόσταση εργασίας. Οι τρέχουσες επιλογές περιλαμβάνουν:

- (1) Μονοεστιακούς φ.ε. που φέρουν τη μακρινή διόρθωση σε συνδυασμό με γυαλιά οράσεως που παρέχουν ευκρινή όραση για κοντά,
- (2) Μονο-όραση (monovision), με τον έναν φακό επαφής να προσδίδει τη μακρινή διόρθωση και τον έτερο φακό την κοντινή διόρθωση^{1,4},
- (3) Μία σειρά από σχεδιασμούς (όπως ο περιθλαστικός, ο διπλεστιακός, ο πολυεστιακός), οι οποίοι προσφέρουν «ταυτόχρονη» όραση, μέσω ενός ειδώλου στον αμφιβληστροειδή που προσφέρει ταυτόχρονα διόρθωση για διαφορετικές αποστάσεις.⁵⁻⁷

Παρά το γεγονός ότι οι κατασκευαστές των φ.ε. τα τελευταία χρόνια, παρήγαγαν έναν αξιοσημείωτο αριθμό σχεδιασμών φ.ε. για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, η πλειοψηφία των χρηστών (περίπου το 63%) εξακολουθούν να χρησιμοποιούν μονοεστιακούς φακούς. Οι σχεδιασμοί ταυτόχρονης όρασης αντιπροσωπεύουν μόνο το 29% των συνολικών εφαρμογών⁸. Κατά τη διόρθωση με τους φ.ε. ταυτόχρονης όρασης, οι ακτίνες φωτός διαπερνούν την κόρη για να σχηματίσουν το αμφιβληστροειδικό είδωλο του προς παρατήρηση μακρινού ή κοντινού αντικειμένου (διπλεστιακός σχεδιασμός), είτε πραγματοποιείται με μία ομαλή μετάβαση ισχύος από την μακρινή ως την κοντινή διόρθωση (πολυεστιακός σχεδιασμός).

Ως συνέπεια, κάθε περιοχή του αμφιβληστροειδούς λαμβάνει τόσο εστιασμένες όσο και αφεστιασμένες εικόνες. Είναι προφανές ωστόσο, ότι τα αφεστιασμένα είδωλα περιορίζουν την αντίθεση φωτεινότητας (contrast) του εστιασμένου ειδώλου, δημιουργώντας ένα αμφιβληστρο-ειδικό είδωλο μειωμένου contrast σε σχέση με εκείνο που δημιουργείται με έναν φακό μονής όρασης.

Θεωρητικά, ο εγκέφαλος επιλέγει το ακριβές- εστιασμένο είδωλο, ενώ ταυτόχρονα απορρίπτει το ανακριβές- αφεστιασμένο⁹. Ωστόσο στην πράξη, η αντίθεση του ακριβούς-εστιασμένου ειδώλου μειώνεται κατά την υπέρθεση του μη

ακριβούς- αφεστιασμένου ειδώλου^{6,10}. Οι πολυεστιακοί σχεδιασμοί περιλαμβάνουν μία προοδευτική, εκ περι-στροφής συμμετρική, διαβάθμιση της ισχύος από την κεντρική προς την περιφέρεια της οπτικής ζώνης του φ.ε. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ασφαιρικών επιφανειών, οι οποίες παρέχουν μεγαλύτερη διοπτρική ισχύ είτε στο κέντρο του φακού (centre-near) είτε στην περιφέρεια (centre-distance)¹⁰⁻¹⁴.

Οποιαδήποτε μεταβολή της ισχύος είναι ισοδύναμη της σφαιρικής εκτροπής. Στην πραγματικότητα, η πολυεστια-κότητα σε ένα μαλακό φ.ε. επιτυγχάνεται με την ενσω-μάτωση ελεγχόμενης σφαιρικής εκτροπής (αρνητική σφαιρική εκτροπή στους center-near σχεδιασμούς και θετική σφαιρική εκτροπή στους center- distance σχεδιασμούς). Αν και η ποιότητα του ειδώλου θεωρητικά μειώνεται από τη σφαιρική εκτροπή, έχει παρατηρηθεί μία χαρακτη-ριστική ανοχή στη θόλωση, η οποία διαφέρει μεταξύ των ατόμων και αυτό μπορεί να αποδοθεί σε εγγενείς οπτικούς παράγοντες, όπως το μέγεθος της κόρης,¹¹⁻¹⁹ οι υψηλής τάξης οφθαλμικές εκτροπές,^{12,20-22} η διόφθαλμη άθροιση²³, και τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε προσωπικότητας, όπως η ανοχή στη θόλωση²⁴ και η ενδεχόμενη ανυπομονησία²⁵.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εγγενής σφαιρική εκτροπή του οφθαλμού αποτελεί μία υψηλής τάξης οφθαλμική εκτροπή με καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των πολυε-στιακών φ.ε., καθώς ανάλογα με το πρόσημό της, μπορεί να ενισχύει ή να μειώσει την αποτελεσματικότητά τους. Η παρούσα μελέτη ερευνά για πρώτη φορά την επίδραση της διαμέτρου της κόρης, της εγγενούς οφθαλμικής σφαιρικής εκτροπής και της διόφθαλμης άθροισης, στην οπτική απόδοση των πολυεστιακών φ.ε. (MFCLs).

Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Δώδεκα νέοι εθελοντές (εννέα γυναίκες και τρεις άνδρες), με μέση ηλικία 27 ± 5 έτη (με εύρος 22-29 έτη), συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη. Τα κριτήρια αποκλεισμού περιλάμβαναν: (1) Βέλτιστη οπτική οξύτητα με διόρθωση, χειρότερη από 0.00 logMAR (ισοδυναμεί με 6/6, 10/10) σε κάθε οφθαλμό, (2) υπερμετρωπία μεγαλύτερη της 0.75 D, (3) μυωπία μεγαλύτερη από 6.00 D, (4) αστιγματισμό μεγαλύτερο της 0.50 D, (5) ανισομετρωπία μεγαλύτερη της 0.50 D, ανώμαλες φορίες και οποιοδήποτε ιστορικό κάποιων διαθλαστικής ή χειρουργικής επέμβασης. Το μέσο σφαιρικό ισοδύναμο ήταν -2.24 ± 2.12 D (με εύρος: +0.75 D ως -5.25 D). Οκτώ άτομα ήταν, έστω και περιστασιακά, χρήστες φ.ε.

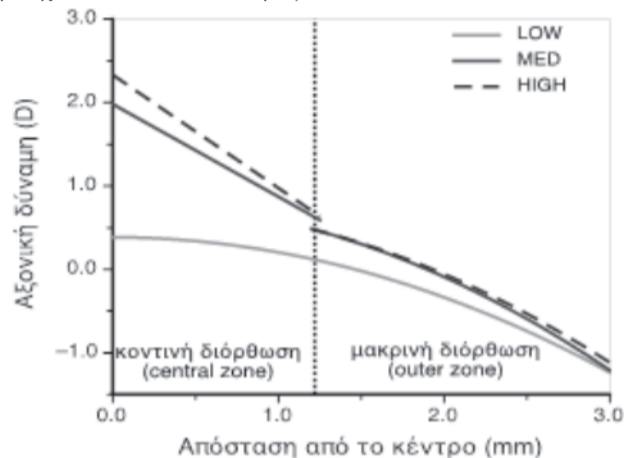
Φακοί επαφής

Στα πειράματα που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι ασφαιρικών πολυεστιακών φ.ε. (Air Optix Aqua Multifocal) οι οποίοι παρέχουν διόρθωση για χαμηλές (Low), μεσαίες (MED) και υψηλές (HIGH) απαιτήσεις για την κοντινή απόσταση. Αυτοί οι φακοί παρέχουν προοδευτικά μεγα-λύτερη δύναμη στο κέντρο του φ.ε. (σχεδιασμός center-near), προσφέροντας μία, εξαρτώμενη από τη διάμετρο της κόρης, αύξηση του DOF.

Τα προφίλ της ισχύος παρουσιάζονται στο *Σχήμα 1*. Ο Low Add σχεδιασμός έχει ένα μοναδικό ασφαιρικό προφίλ (στο οποίο κυριαρχεί η 4th τάξης σφαιρική εκτροπή, στα 0.27), για τα 6 mm διαμέτρου κόρης^{14,26}. Τα προφίλ των MED και HI adds είναι πιο πολύπλοκα, καθώς στην κεντρική περιοχή (με διάμετρο 2.6 mm)



φέρουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα οι αλλαγές στην ισχύ να είναι πιο απότομες.



Σχήμα 1. Απεικονίζεται η σταδιακή αύξηση της δύναμης από την περιφερική προς την κεντρική οπτική ζώνη του φακού για τους τρεις σχεδιασμούς των MFCLs που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη. Οι συμπαγείς γραμμές αντιπροσωπεύουν την προσομοίωση των συναρτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν (Low add – συμπαγής γκρι γραμμή, Medium add – συμπαγής μαύρη γραμμή, High add – διακεκομμένη γραμμή). Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τους Vogt et al.²⁶ και Plainis et al.¹⁴

Πειραματική Διαδικασία

Η οπτική οξύτητα (Ο.Ο.) αξιολογήθηκε σε διαφορετικά επίπεδα αφεστίασης χρησιμοποιώντας θετικούς και αρνητικούς φακούς οράσεως (από +3.00 D ως -3.00 D, με βήμα 0.50 D), οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικό σκελετό σε απόσταση 13 mm. Οι χρήστες έφεραν την βέλτιστη σφαιροκυλινδρική διόρθωση για την μακρινή παρατήρηση. Το εύρος των αρνητικών φακών (0.00 D ως -3.00 D) επιλέχθηκε για την προσομοίωση της οπτικής συμπεριφοράς για μία σειρά αποστάσεων, ξεκινώντας από «μακριά» (με τη χρήση 0.00 D, και απόσταση οπτοτύπου στα 4 m) μέχρι «κοντά» (με τη χρήση -3.00 D, και απόσταση οπτοτύπου 32 cm). Οι θετικοί φακοί χρησιμοποιήθηκαν για την διερεύνηση των πιθανών αλλαγών στην Ο.Ο. σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά τη χρήση των αρνητικών φακών, καθώς υπάρχει η άποψη ότι η βέλτιστη οπτική απόδοση για μακριά και κοντά προκύπτει αυξάνοντας κατ' ελάχιστο τη θετική ισχύ της συνταγής. Μετρώντας την ΟΟ κατά την εφαρμογή μίας σειράς φακών δημιουργείται ένα προφίλ απόδοσης της Ο.Ο. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση κυκλοπληγίας (μία σταγόνα κυκλοπεντολάτης 1%), ώστε να επιτευχθεί η μυδρίαση της κόρης, με διάμετρο μεγαλύτερη των 6 mm, και η παράλυση της προσαρμογής.

Η Ο.Ο. καταγράφηκε αρχικά με τη βέλτιστη σφαιροκυλινδρική διόρθωση, χωρίς ΦΕ και κατόπιν με κάθε έναν από τους τρεις τύπους ΦΕ, οι οποίοι φέρουν μηδενική διόρθωση για μακριά, ενώ στο κέντρο φέρουν το αντίστοιχο addition. Τα παραπάνω πραγματοποιήθηκαν θέτοντας επιπλέον παράγοντες: **i)** τη χρήση τεχνητής κόρης διαμέτρου 3 mm και 6 mm, οι οποίες τοποθετήθηκαν στον δοκιμαστικό σκελετό, και **ii)** την καταγραφή της μονόφθαλμης (συγκε-κρίμενα του κυρίαρχου οφθαλμού) και της διόφθαλμης παρατήρησης. Οι φακοί επαφής εφαρμόστηκαν 30 min πριν από την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η σταθεροποίηση του φακού.

Η Ο.Ο. καταγράφηκε με τη χρήση διαγραμμάτων logMAR (Precision Vision)²⁷ σε απόσταση 4.0 m. Η φωτεινότητα του οπτοτύπου ήταν περίπου 160 cd m⁻². Ο κυρίαρχος οφθαλμός προσδιορίστηκε παρακινώντας τον συμμετέχοντα να παρατηρήσει ένα στόχο μέσω μίας οπής σε κόλλα A4, την οποία κρατούσε με τα δύο του χέρια μακριά από σώμα του. Κατά την καταγραφή της μονόφθαλμης Ο.Ο., ο μη κυρίαρχος οφθαλμός καλύπτονταν με ειδικό κάλυπτρο.

Το μέτωπο κύματος των μονοχρωματικών εκτροπών του οφθαλμού του εκάστοτε συμμετέχοντα υπολογίστηκε κατόπιν κυκλοπληγίας με το εκτροπόμετρο i-Trace. Οι συντελεστές Zernike καταγράφηκαν (κατά OSA²⁸) ως την 6^η τάξη για διάμετρο κόρης των 6 mm, δίνοντας έμφαση στον συντελεστή της σφαιρικής εκτροπής (C₄⁰) του κυρίαρχου οφθαλμού κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

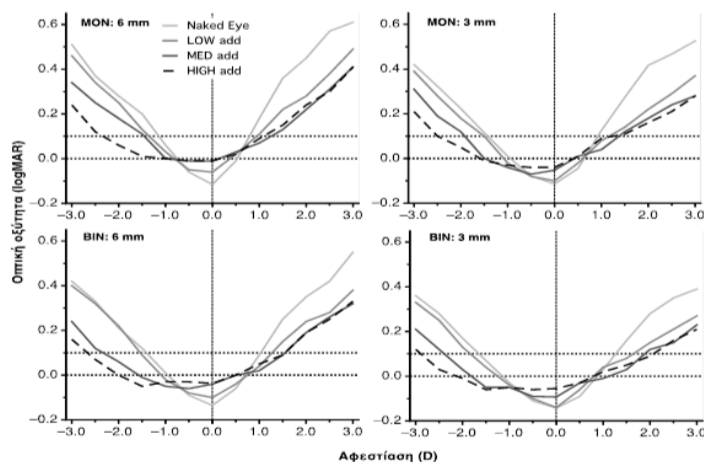
Αποτελέσματα

Το Σχήμα 2 παρουσιάζει τη μέση οπτική συμπεριφορά κατά την εφαρμογή, και μη, των προαναφερθέντων ΦΕ κατά τη μονόφθαλμη και διόφθαλμη παρατήρηση, με τη χρήση τεχνητής κόρης των 3 mm και 6 mm.

Η Ο.Ο. στα χαμηλά επίπεδα αφεστίασης (όπου προσομοιώνεται με την συμπεριφορά κατά τη μακρινή παρατήρηση) παρουσιάστηκε καλύτερη χωρίς τη χρήση των ΦΕ, αν και η Ο.Ο. κατά την εφαρμογή των ΦΕ καταγράφηκε καλύτερη από 0.00 logMAR (καλύτερη από 10/10). Στα υψηλότερα επίπεδα αρνητικής αφεστίασης (όπου προσομοιώνεται η παρατήρηση των ενδιάμεσων και κοντινών αντικειμένων) η Ο.Ο. ήταν σαφώς καλύτερη κατά τη χρήση των ΦΕ ('High' > 'Med' > 'Low' > naked eye). Επιπλέον, η Ο.Ο. ήταν πάντα καλύτερη με τη χρήση της τεχνητής κόρης των 3 mm συγκριτικά με αυτή των 6 mm όπως και κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση συγκριτικά με τη μονόφθαλμη. Όπως ήταν αναμενόμενο, η Ο.Ο. κατά την εφαρμογή των πολυεστιακών ΦΕ μειώθηκε δραματικά κατά τη χρήση θετικών δοκιμαστικών φακών συγκριτικά με τη χρήση των αντί-στοιχων αρνητικών.

Τα παραπάνω επιβεβαιώθηκαν με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου *Repeated Measures 3-way ANOVA* (διάμετρος τεχνητής κόρης x κατάσταση παρατήρησης x επίπεδο αφεστίασης). Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της οπτικής οξύτητας και

- της διαμέτρου της τεχνητής κόρης (3mm και 6 mm) ($p < 0.001$),
- του τρόπου παρατήρησης (μονόφθαλμα- διόφθαλμα) ($p = 0.001$).



Σχήμα 2. Απεικονίζονται οι μέσες τιμές της ΟΟ (σε κλίμακα logMAR) συναρτήσεως του επιπέδου αφεστίασης κατά τη χρήση τεχνητής κόρης των 3 και 6 mm, κατά τη μονόφθαλμη (κυρίαρχος οφθαλμός) και τη διόφθαλμη παρατήρηση, στις τέσσερις προαναφερθείσες περιπτώσεις («γυμνός» οφθαλμός, low, medium και high addition πολυεστιακοί ΦΕ). Οι διακεκομμένες γραμμές αντιστοιχούν στα κριτήρια ικανοποιητικής Ο.Ο. (0.0 logMAR και 0.1 logMAR) που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του DOF.

Κατά τη σύγκριση της οπτικής οξύτητας με δύο εκ των παραπάνω παραγόντων, της διαμέτρου της τεχνητής κόρης και του τρόπου παρατήρησης, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.013$). Ομοίως και κατά τη σύγκριση αυτής με τον τρόπο παρατήρησης και το επίπεδο αφεστίασης (την «απόσταση») ($p = 0.008$). Η επίδραση της οπτικής οξύτητας στο συνδυασμό των

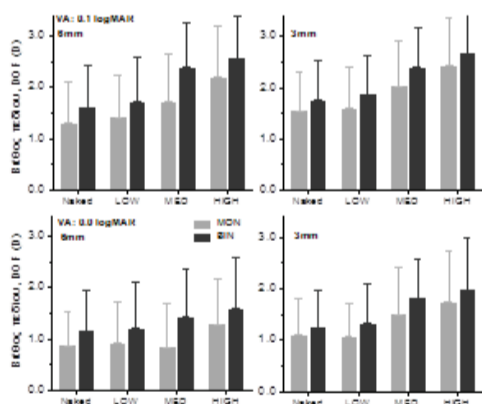
τριών προαναφερθέντων παραγόντων εμφανίστηκε οριακά μη στατιστικά σημαντική ($p = 0.06$).

Για την ποσοτικοποίηση της οπτικής απόδοσης σε όλα τα επίπεδα αφεστίασης (απόστασης), το βάθος πεδίου (DOF) υπολογίστηκε μέσω της καταγραφής της Ο.Ο. στα διάφορα επίπεδα αφεστίασης στο Σχήμα 2, για κριτήρια ικανοποιητικής όρασης τα 0.0 (6/6, 10/10) και 0.1 logMAR (6/7.5, 8/10). Για την επίτευξη αυτού, χρησιμοποιήθηκαν πολυώνυ-μα 2^{ου} βαθμού για την περιγραφή της καμπύλης (Ο.Ο. σε σχέση με αφεστίαση) του κάθε εξεταζόμενου με ή χωρίς την εφαρμογή των ΦΕ. Οι τιμές της Ο.Ο. για όλες τις περιπτώσεις (διάμετρος τεχνητής κόρης, τρόπος παρατήρησης, επίπεδο αφεστίασης) για τα δύο κριτήρια ικανοποιητικής όρασης απεικονίζονται στο Σχήμα 3.

Το μέσο DOF παρατηρήθηκε ευρύτερο για των τεχνητή κόρη μικρότερης διαμέτρου (3 mm) και κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση. Φάνηκε δε, να αυξάνεται κατά την αύξηση του addition των MFCLs.

Μέσω της στατιστικής ανάλυσης repeated measures 3-way ANOVA, οι τιμές του DOF, για κριτήριο ικανοποιητικής όρασης τα 0.1 logMAR, παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά με τη διάμετρο της κόρης ($p = 0.002$), τον τρόπο παρατήρησης ($p < 0.001$) και το addition ($p = 0.002$).

Για να διερευνηθεί η πιθανή επίδραση της σφαιρικής εκτροπής στην κοντινή όραση με τους φ.ε. (με διαφορετικό addition) η Ο.Ο. (κατά τη μονόφθαλμη παρατήρηση) για το επίπεδο αφεστίασης τις -3.00 D (που προσομοιώνει την όραση στα 32 cm) απεικονίστηκε συνάρτησε της σφαιρικής εκτροπής του κάθε εξεταζόμενου για 3 και 6 mm διαμέτρου κόρης (βλ. Σχήμα 4). Είναι εμφανές, ότι με τον centre-near σχεδιασμό των φ.ε. (όπου στο κέντρο κυριαρχεί η αρνητική σφαιρική εκτροπή), η αποτελεσματικότητα των φακών μειώνονταν, όσο πιο θετική ήταν η εγγενής σφαιρική εκτροπή. Αντιθέτως, οι συμμετέχοντες με αρνητική εγγενή σφαιρική εκτροπή παρουσίαζαν καλύτερη κοντινή όραση. Επιπλέον, δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ της Ο.Ο. και της μηδενικής αφεστίασης (που προσομοιώνει την οπτική απόδοση κατά τη μακρινή παρατήρηση).

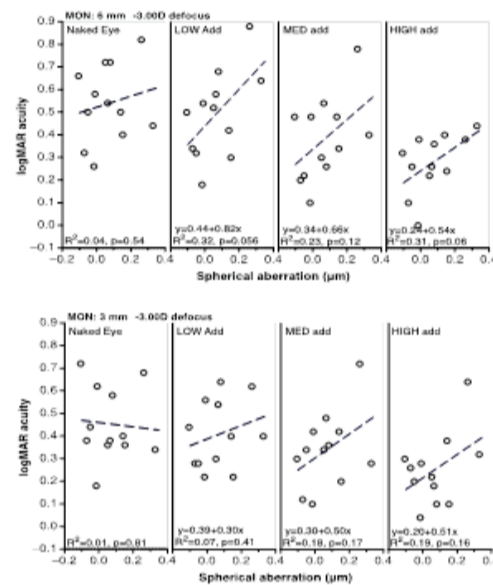


Σχήμα 3. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του βάθους πεδίου (DOF), για κριτήριο ικανοποιητικής όρασης τα 0.0 logMAR (6/6, κάτω διαγράμματα) και τα 0.1 logMAR (6/7.5, άνω διαγράμματα). Ο όρος 'Naked' αφορά την περίπτωση χωρίς διόρθωση, οι όροι 'Low', 'Medium' και 'High' αφορούν τους τρεις σχεδιασμούς των MFCLs. Οι ανοιχτές γκρι μπάρες αφορούν την μονόφθαλμη παρατήρηση, ενώ οι σκουρόχρωμες μπάρες την διόφθαλμη παρατήρηση. Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το ± 1 S.D.

Συζήτηση

Η οπτική συμπεριφορά όλων των σχεδιασμών των φακών επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την αύξηση του βάθους πεδίου (DOF) που παρέχουν, ούτως ώστε να εξισορροπήσουν την απώλεια της προσαρμοστικής ικανότητας. Η παρούσα μελέτη δείχνει ότι η Ο.Ο. και το DOF βελτιώνεται κατά την χρήση των συγκεκριμένων πολυεστιακών ΦΕ ασφαιρικού σχεδιασμού, γεγονός που παρουσιάζεται πιο

έντονα σε μικρής διαμέτρου κόρες και κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση. Από την άλλη, η όραση με την βέλτιστη σφαιροκυλινδρική διόρθωση για τη μακρινή παρατήρηση, φαίνεται καλύτερη με τη χρήση μεγάλης διαμέτρου τεχνητής κόρης (6mm), όπως αναμενόταν. Επίσης, διαπιστώνεται ότι η αποτελεσματικότητα των φ.ε. ταυτόχρονης όρασης (με ασφαιρικό σχεδιασμό), εξαρτάται από την εγγενή οφθαλμική σφαιρική εκτροπή, με αποτέλεσμα ο συγκεκριμένος σχεδιασμός (centre-near) να προσφέρει καλύτερη κοντινή όραση σε ασθενείς που εμφανίζουν αρνητική εγγενή σφαιρική εκτροπή.



Σχήμα 4: Οπτική οξύτητα (logMAR) όλων των εξεταζόμενων στο επίπεδο αφεστίασης 3.0 D (ισοδύναμο απόστασης 32 εκατοστά) ως συνάρτηση της εγγενής σφαιρικής εκτροπής τους για 6 (άνω) και 3 mm (κάτω) κόρης.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να κατανοηθούν από την εξέταση των οπτικών αλλαγών που εμπλέκονται. Θεωρητικά, κατά την ταυτόχρονη παρατήρηση, εστιασμένων και μη αντικειμένων και κατ' επέκταση των ειδώλων τους που προβάλλονται στον αμφιβληστροειδή, η όραση θα πρέπει να μειώνεται καθώς μειώνεται η αντίθεση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου^{6,10}. Το γεγονός αυτό εξαρτάται από την αλληλεπίδραση της διαμέτρου της κόρης και του σχεδιασμού του φ.ε.^{7,11,19} Καθώς ο centre-near σχεδιασμός παρέχει υψηλότερη διοπτρική δύναμη στο κέντρο του (βλέπε Σχήμα 1), λόγω της αρνητικής σφαιρικής εκτροπής, αναμένεται να οδηγήσει στην ενίσχυση της Ο.Ο. για κοντά, όταν η διάμετρος της κόρης είναι μικρή, ειδικά όταν το addition είναι υψηλό.

Η καλύτερη οπτική απόδοση σε όλες τις συνθήκες επετεύχθη κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση. Είναι προφανές ότι οι διαδικασίες της αντίληψης, όπως η διόφθαλμη άθροιση, ενισχύουν την ικανότητα του εξεταζόμενου να ανέχεται πολλαπλά είδωλα, τα οποία προβάλλονται ταυτόχρονα στον αμφιβληστροειδή. Έχει αποδειχθεί ότι η διόφθαλμη παρατήρηση συμβάλλει και βελτιώνει την οπτική αντίληψη των θολών ειδώλων σε μεγαλύτερο βαθμό από τα εστιασμένα είδωλα.²³

Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη διόρθωση με τη μέθοδο monovision, κατά την οποία η συμμετοχή και των δύο οφθαλμών στην αντίληψη είναι ελάχιστη. Η οπτική βελτίωση κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση δεν είναι δυνατό να προβλεφθεί με τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων για την προσομοίωση της ποιότητας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

Η οπτική απόδοση για κοντά, η οποία σχετίζεται με το DOF, βρέθηκε ότι συσχετίζεται με τις εγγενείς οφθαλμικές εκτροπές του κάθε συμμετέχοντα. Για παράδειγμα, η οπτική απόδοση για κοντά περιορίστηκε από την εγγενή θετική σφαιρική εκτροπή κάποιων συμμετεχόντων καθώς αυτή μείωσε το addition του

centre- near φ.ε. Από την άλλη πλευρά, οι οφθαλμοί που εμφάνιζαν αρνητική σφαιρική εκτροπή παρουσίασαν καλύτερη οπτική απόδοση για κοντά. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με θεωρητικές και υπολογιστικές μελέτες,^{11,12,29-31} οι οποίες υποστηρίζουν ότι η αποτελεσματικότητα του κάθε ασφαιρικού MFCL μπορεί να καθοριστεί από την οφθαλμική σφαιρική εκτροπή του εκάστοτε ατόμου.

Η Ο.Ο. παρατηρήθηκε ότι παρέμεινε ικανοποιητική (καλύτερη από 0.1 logMAR, που αντιστοιχεί σε 6/7.5, 8/10) ως το επίπεδο αφεστίασης του +1.00 D, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αν οι εξεταζόμενοι μπορούν να ανεχθούν μία ελαφρώς θολή εικόνα, η βέλτιστη κοντινή όραση μπορεί να επιτευχθεί με μικρή μείωση της μυωπικής (ή αύξηση της θετικής) διόρθωσης.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η καλή επικέντρωση και η σχετικά περιορισμένη κίνηση του φακού αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχή οπτική απόδοση των MFCLs. Κατά την αποκέντρωση του φακού, το αμφιβληστροειδικό είδωλο τροποποιείται σημαντικά και είναι όμοιο με αυτό που προκύπτει από τον πλάγιο αστιγματισμό.^{7,29} Το αποτέλεσμα της αποκέντρωσης είναι πιο έντονο κατά τη μακρινή παρατήρηση και σε μεγάλες διαμέτρους κόρης.¹⁰ Κατά την παρούσα μελέτη, δεν πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση των επιδράσεων της προσαρμογής στη θόλωση. Η λειτουργικό-τητα οποιουδήποτε σχεδιασμού φ.ε. ταυτόχρονης όρασης διέπεται από την προσαρμογή στη θόλωση, η οποία πραγματοποιείται σε ανώτερη επεξεργασία στον φλοιό.³² Αρκετοί συγγραφείς έχουν καταδείξει ότι η Ο.Ο. και η ευαισθησία αντίθεσης βελτιώνονται ύστερα από συγκε-κρμένη περίοδο θόλωσης.³²⁻³⁴ Οι Wang και Ciuffreda³⁵ έδειξαν ότι το DOF μπορεί να αυξηθεί ύστερα από παρατεταμένη περίοδο θόλωσης. Οι Jung και Kline³⁶ επίσης υποστηρίζουν ότι η ικανότητα των πρεσβύτερων να αναγνωρίζουν ένα θολό κείμενο περιλαμβάνει όχι μόνο τις οπτικές αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία, αλλά και την εμπειρία.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η απόδοση των ασφαιρικών πολυεστιακών φακών επαφής με τον centre-near σχεδιασμό ενισχύεται στην περίπτωση της μικρής κόρης και κατά τη διόφθαλμη παρατήρηση. Επιπλέον, ο συνδυασμός της οφθαλμικής σφαιρικής εκτροπής του χρήστη και του προφίλ εκτροπών που παρέχεται από τους πολυεστιακούς φ.ε. επηρεάζει την αποτελεσματικότητά τους.

Ιδανικά, οι MFCLs θα έπρεπε να παρουσιάζουν ένα εξατομικευμένο προφίλ για την εκπλήρωση των απαιτήσεων της κοντινής και μακρινής όρασης του εκάστοτε χρήστη φ.ε. Σημαντική θα ήταν η περαιτέρω έρευνα με τη χρήση προηγμένων συμπεριφοριστικών μεθόδων για την προσομοίωση της οπτικής συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων, όπως το διάβασμα, η οδήγηση και η χρήση φορητών συσκευών.

Να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη εργασία δημοσιεύτηκε στο Ophthalmic Physiological Optics 2013, 33, 42–50. doi: 10.1111/opo.12004.

Βιβλιογραφία

1. Charman WN. Theoretical aspects of monovision contact lens correction. *Optician* 1980; 179: 9–22.
2. Josephson JE, Erickson P, Back A et al. Monovision. *J Am Optom Assoc* 1990; 61: 820–826.
3. Evans BJ. Monovision: a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2007; 27: 417–439.
4. Nayeb-Hashemi N, Yu EY & Azar DT. Correction of presbyopia with monovision. In: *Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment* (Pallikaris IG, Plainis S & Charman WN, editors). SLACK Incorporated: New Jersey, 2012; pp. 143–149.
5. Bennett ES. Contact lens correction of presbyopia. *Clin Exp Optom* 2008; 91: 265–278.
6. Charman WN & Saunders B. Theoretical and practical factors influencing the optical performance of contact lenses for the presbyope. *J Brit Cont Lens Ass* 1990; 13: 67–75.
7. Kallinikos P, Santodomingo-Rubido J & Plainis S. Correction of presbyopia with contact lenses. In: *Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment* (Pallikaris IG, Plainis S & Figure 5. Monocular visual acuity (logMAR) at -3.00 D of defocus (upper graphs) and at best focus for distance (0.00 D, lower graph) as a function of the individual subject's fourth-order Zernike spherical aberration (C0 4 for a 6 mm pupil) for the three multifocal contact lens corrections.
8. S Plainis et al. Through-focus performance with multifocal CLs Charman WN, editors). SLACK Incorporated: New Jersey, 2012; pp. 127–137.
9. Morgan PB, Efron N & Woods CA. An international survey of contact lens prescribing for presbyopia. *Clin Exp Optom* 2011; 94: 87–92.
10. Benjamin WJ. Simultaneous vision contact lenses: why the dirty window argument doesn't wash. *Int Cont Lens Clinic* 1993; 20: 239–242.
11. Charman WN & Walsh G. Retinal images with centred aspheric varifocal contact lenses. *Int Cont Lens Clinic* 1988; 15: 87–93.
12. Bakaraju RC, Ehrmann K, Falk D, Ho A & Papas E. Optical performance of multifocal soft contact lenses via a singlepass method. *Optom Vis Sci* 2012; 89: 1107–1118.
13. Bakaraju RC, Ehrmann K, Ho A & Papas E. Inherent ocular spherical aberration and multifocal contact lens optical performance. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 1009–1022.
14. Lo'pez-Gil N, Castejo'n-Mocho'n JF, Benito A et al. Aberration generation by contact lenses with aspheric and asymmetric surfaces. *J Refract Surg* 2002; 18: S603–S609.
15. Plainis S, Atchison DA & Charman WN. Commenting on "Using Power Profiles to Evaluate Aspheric Lenses". *Cont Lens Spectrum* 2011; 15–17.
16. Legras R, Benard Y & Rouger H. Through-focus visual performance measurements and predictions with multifocal contact lenses. *Vision Res* 2010; 50: 1185–1193.
17. Mo'ntes-Mico' R, Madrid-Costa D, Radhakrishnan H, Charman WN & Ferrer-Blasco T. Accommodative functions with multifocal contact lenses: a pilot study. *Optom Vis Sci* 2011; 88: 998–1004.
18. Rajagopalan AS, Bennett ES & Lakshminarayanan V. Visual performance of subjects wearing presbyopic contact lenses. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 611–615.
19. Richdale K, Mitchell GL & Zadnik K. Comparison of multifocal and monovision soft contact lens corrections in patients with low-astigmatic presbyopia. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 266–273.
20. Bradley A, Abdul Rahman H, Soni PS & Zhang X. Effects of target distance and pupil size on letter contrast sensitivity with simultaneous vision bifocal contact lenses. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 476–481.
21. Plainis S & Pallikaris IG. Ocular monochromatic aberration statistics in a large emmetropic population. *J Mod Opt* 2008; 55: 759–772.
22. Porter J, Guirao A, Cox IG & Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2001; 18: 1793–1803.
23. Ruiz-Alcocer J, Madrid-Costa D, Radhakrishnan H, Ferrer-Blasco T & Mo'ntes-Mico' R. Changes in accommodation and ocular aberration with simultaneous vision multifocal contact lenses. *Eye Contact Lens* 2012; 38: 288–294.
24. Plainis S, Petratou D, Giannakopoulou T, Atchison DA & Tsilimbaris MK. Binocular summation improves performance to defocus-induced blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52: 2784–2789.
25. Woods RL, Colvin CR, Vera-Diaz FA & Peli E. A relationship between tolerance of blur and personality. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 6077–6082.
26. Laretzaki G, Plainis S, Vrettos I, Chrisoulakis A, Pallikaris I & Bitsios P. Threat and trait anxiety affect stability of gaze fixation. *Biol Psychol* 2011; 86: 330–336.
27. Vogt A, Bateman K, Green T & Reindel B. Using Power Profiles to Evaluate Aspheric Lenses. *Cont Lens Spectrum* 2011.
28. Plainis S, Tzatzala P, Orphanos Y & Tsilimbaris MK. A modified ETDRS visual acuity chart for European-wide use. *Optom Vis Sci* 2007; 84: 647–653.
29. Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT & Webb R. Report from the VSIA taskforce on standards for reporting optical aberrations of the eye. *J Refract Surg* 2000; 16: S654–S655.
30. Charman WN & Walsh G. Retinal image quality with different designs of bifocal contact lenses. *J Brit Cont Lens Ass* 1986; 9: 13–19.
31. Plakitsi A & Charman WN. Comparison of the depth of focus with the naked eye and with three types of presbyopic contact lens correction. *J Brit Cont Lens Ass* 1995; 18: 119–125.
32. Plakitsi A & Charman WN. Ocular spherical aberration and theoretical through-focus modulation transfer functions calculated for eyes fitted with two types of varifocal presbyopic contact lens. *Cont Lens Anterior Eye* 1997; 20: 97–106.
33. Mon-Williams M, Tresilian JR, Strang NC, Kochhar P & Wann JP. Improving vision: neural compensation for optical defocus. *Proc Biol Sci* 1998; 265: 71–77.
34. Cufflin MP, Mankowska A & Mallen EA. Effect of blur adaptation on blur sensitivity and discrimination in emmetropes and myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 2932–2939.
35. George S & Rosenfield M. Blur adaptation and myopia. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 543–547.
36. Wang B & Ciuffreda KJ. Foveal blur discrimination of the human eye. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005; 25: 45–51.
37. Jung GH & Kline DW. Resolution of blur in the older eye: neural compensation in addition to optics? *J Vis* 2010; 10: 7.

