

# Διορθώνοντας την πρεσβυπία με φακούς επαφής

## 1. Εισαγωγή

Είναί ευρέως αποδεκτό ότι η πρεσβυπία αποτελεί μία «πάθηση» με καθολικό χαρακτήρα. Σημαντικά αυξημένος επιπολασμός της πρεσβυπίας παρατηρείται στις χώρες της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας. Η πρεσβυπία το 2013 επηρέαζε σχεδόν 1,7 δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, αριθμός ο οποίος αναμένεται να προσεγγίσει τα 2,1 δισεκατομμύρια το 2020<sup>1</sup>.

Στη χώρα μας, ο μέσος όρος ηλικίας του πληθυσμού αυξάνεται -το 2011 ο αντίστοιχος αριθμός φτάνει τα 4,9 εκατομμύρια Έλληνες, δηλαδή το 45,5% του συνολικού πληθυσμού (πηγή ΕΛΣΤΑΤ). Αν τα παραπάνω στοιχεία συνδυαστούν με τις αυξημένες απαιτήσεις για κοντινή εργασία, λόγω του υψηλότερου επιπέδου μόρφωσης του πληθυσμού και της συνεχώς αυξανόμενης χρήσης των διαδραστικών συσκευών, αντιλαμβανόμαστε ότι υπάρχει μεγάλη ανάγκη καινοτόμων προϊόντων και τεχνικών για τη διόρθωση της πρεσβυπίας.

Σήμερα, για τη διόρθωση της πρεσβυπίας, εκτός από τη χρήση των πρεσβυπικών γυαλιών «ανάγνωσης» (readers) ή των πιο εργονομικά εξελιγμένων οφθαλμικών φακών προοδευτικής ισχύος (πολυεστιακών), σημαντικό ποσοστό του παραγωγικού πληθυσμού, κυρίως για αισθητικούς και εργονομικούς λόγους, στρέφεται σε λύσεις μερικής ή πλήρους «απεξαρτικοποίησης» από τη χρήση των γυαλιών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη καινοτόμων και υποσχόμενων προϊόντων για τους πρεσβύωπες.

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι η συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της πρεσβυπίας με φακούς επαφής.

## 2. Φακοί επαφής και πρεσβυπικά γυαλιά ανάγνωσης

Η μέθοδος αυτή ίσως αποτελεί την πιο απλή επιλογή για τους πρεσβύωπες που ήδη χρησιμοποιούσαν φακούς επαφής πριν την εμφάνιση της πρεσβυπίας. Στις περιπτώσεις αυτές προτείνεται η χρήση φακών επαφής μονής όρασης, με τη μακρινή διόρθωση, πάνω από τους οποίους χρησιμοποιούνται γυαλιά



Σωτήριος Πλαΐνης, MSc, PhD, FBCLA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Εργαστήριο Οπτικής και Όρασης (LOV), Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης.

<sup>2</sup> Contact-Lenses.gr, Ηράκλειο Κρήτης.

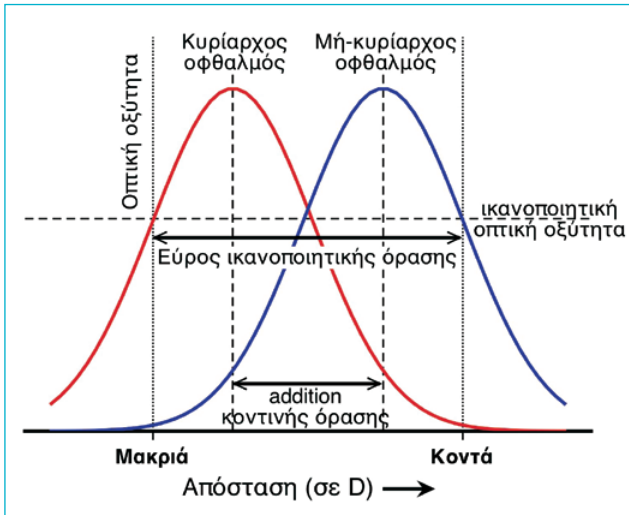
για κοντά, όπου απαιτείται. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χορηγηθούν γυαλιά για μεσαίες και κοντινές αποστάσεις, εάν υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις ενδιάμεσης όρασης (π.χ. εργασία σε Η/Υ ή σε περιβάλλον γραφείου).

Η επιλογή αυτή, αν και προσφέρει εξαιρετική όραση τόσο για μακρινές όσο και για κοντινές αποστάσεις, ίσως δεν ενθουσιάζει τους χρήστες φακών επαφής, οι οποίοι εξ' αρχής θέλουν να απαλλαγούν από τη χρήση των γυαλιών τους. Ωστόσο, η ταυτόχρονη χρήση γυαλιών για κοντινές αποστάσεις, σε συνδυασμό με τη χρήση φακών επαφής μονής όρασης, ίσως προτιμάται σε περιπτώσεις που οι λοιπές επιλογές διόρθωσης με φακούς επαφής δεν αποδίδουν αποτελεσματικά.

## 3. Μονο-όραση

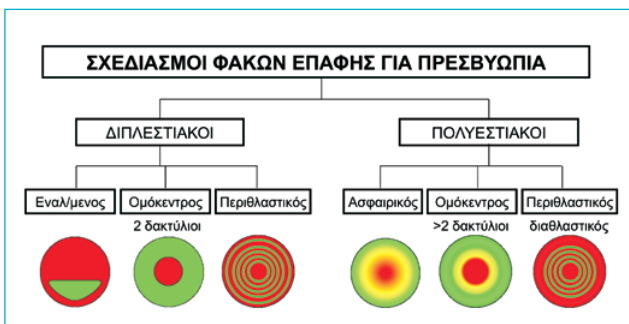
Η μονο-όραση συνιστά μία δημοφιλή, σε κάποιες αγορές, μέθοδο διόρθωσης της πρεσβυπίας, όπου το ένα μάτι (συνήθως το επικρατές) είναι διορθωμένο κατάλληλα για να προσφέρει μακρινή όραση και το άλλο για να προσφέρει κοντινή όραση. Η εφαρμογή της μεθόδου της μονο-όρασης συνιστάται σε περιπτώσεις διόρθωσης του διαθλαστικού σφάλματος με τη χρήση διαθλαστικών μέσων που τοποθετούνται στο επίπεδο του κερατοειδούς (π.χ. φακοί επαφής, ενδοκερατοειδικοί δακτύλιοι, διαθλαστική χειρουργική) ή πιο κοντά στο δεσμικό σημείο του οφθαλμού (π.χ. ενδοφακοί), καθώς η εφαρμογή της μεθόδου της μονο-όρασης με γυαλιά είναι πιθανόν να προκαλέσει άνισες πρισματικές δυνάμεις και επακόλουθη ανισοεικονία<sup>2</sup>.

Η μονο-όραση βασίζεται στην ικανότητα του εγκεφάλου να



**Εικόνα 1:** Η μονο-όραση βασίζεται στη χρήση του επικαλυπτόμενου βάθους εστίασης των δύο οφθαλμών προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική όραση σε ένα εύρος αποστάσεων<sup>4</sup>.

επεξεργάζεται το εστιασμένο αμφιβλυστροειδικό είδωλο του ενός ματιού, ενώ καταστέλλει το «ανεπιθύμητο», αφεστιασμένο αμφιβλυστροειδικό είδωλο του άλλου ματιού. Παρ' όλα αυτά, εάν το ADD δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό, τα επικαλυπτόμενα βάθη εστίας των δύο ματιών προσφέρουν επαρκή οξύτητα σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος αποστάσεων<sup>3</sup>. Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί το ωφέλιμο διοπτρικό εύρος αποδεκτής όρασης και να μην επηρεαστεί ιδιαίτερα η στερεοσκοπική όραση, η διαφορά στη δύναμη μεταξύ της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί (βλ. Εικόνα 1). Αυτό είναι δυνατό να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τόσο το θετικό όσο και το αρνητικό βάθος εστίασης για τον κάθε οφθαλμό (δηλαδή να αυξήσουμε, όσο αυτό είναι εφικτό, τη θετική δύναμη στον οφθαλμό στο οποίο θα εφαρμοστεί η μακρινή διόρθωση και την αρνητική διόρθωση στον οφθαλμό στο οποίο θα εφαρμοστεί η κοντινή διόρθωση).



**Εικόνα 2:** Σχεδιασμοί φακών επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Το κόκκινο, πράσινο και κίτρινο χρώμα αναπαριστούν περιοχές μακρινής, κοντινής και ενδιάμεσης διόρθωσης, αντιστοίχως. Οι σχεδιασμοί με ομόκεντρος δακτυλίου και με ασφαιρικό σχεδιασμό, που αναπαριστώνται, διαθέτουν τη μακρινή διόρθωση στην κεντρική τους περιοχή (σχεδιασμοί με την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή είναι επίσης διαθέσιμοι)<sup>9</sup>.

Ωστόσο, όταν το ADD είναι σχετικά υψηλό, υπάρχει δηλαδή σημαντική διαφορά στη διοπτρική δύναμη μεταξύ της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης με φακούς επαφής, συνήθως παρατηρείται σημαντική απώλεια στη στερεοσκοπική όραση, στο επίπεδο των 124arcmin<sup>5</sup> ή στα 200arcmin<sup>6</sup>, και επακόλουθη μείωση στη διόφθαλμη όραση.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μονο-όρασης περιλαμβάνουν: α) το μειωμένο κόστος για τον χρήστη (απαιτείται η χρήση φακών μόνης όρασης) και β) την ευκολία στην εφαρμογή (συνήθως αρκεί η αλλαγή της δύναμης του ενός μόνο φακού για όσους ήδη χρησιμοποιούν φακούς επαφής μόνης όρασης για μακριά, η οποία μπορεί να αλλάζει εύκολα κάθε φορά που μεταβάλλεται το ADD).

Η μονο-όραση φαίνεται να αποδίδει καλά σε αρκετές περιπτώσεις, με ποσοστά επιτυχίας να έχουν αναφερθεί μεταξύ 70% και 76%<sup>5</sup>. Η ηλικία των υποψηφίων και το ADD συνιστούν τους σπουδαιότερους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία της εφαρμογής, με τους νέους πρεσβύωπες και συνεπώς με τα χαμηλότερα ADD, να έχουν υψηλότερα ποσοστά επιτυχίας. Άλλοι παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα της εφαρμογής είναι το φύλο, με τις γυναίκες συχνά να έχουν μεγαλύτερο κίνητρο να χρησιμοποιήσουν φακούς επαφής και η ανοχή του υποψηφίου στη θόλωση, η οποία φαίνεται να επηρεάζεται από την προσωπικότητα και τον χαρακτήρα του υποψηφίου<sup>7</sup>.

Μία ποικιλία «τροποποιημένων» μεθόδων μονο-όρασης συχνά χρησιμοποιείται προκειμένου να προσφέρει καλύτερη απόδοση. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν την εφαρμογή του κυρίαρχου ματιού με έναν φακό μόνης όρασης (με τη μακρινή ή την κοντινή διόρθωση, αναλόγως με τις απαιτήσεις όρασης του υποψηφίου) και του άλλου ματιού με ένα πολυεστιακό φακό.

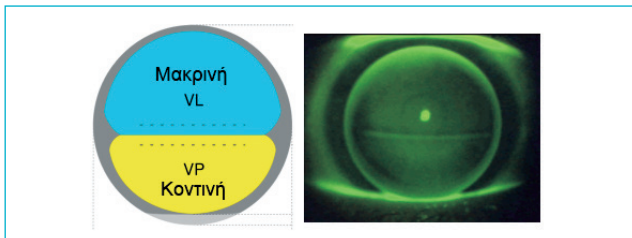
#### 4. Διπλεστικά και πολυεστιακοί φακοί επαφής

Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμοι στην αγορά διάφοροι σχεδιασμοί διπλεστικών-πολυεστιακών φακών οι οποίοι προσφέρουν διαφορετικές επιλογές στη διόρθωση της πρεσβυωπίας, τόσο σε αρχόμενα όσο και σε πιο προχωρημένα στάδια. Ωστόσο, όπως θα συζητηθεί πιο διεξοδικά παρακάτω, είναι συχνά δύσκολο να καθοριστεί εκ των προτέρων ποια από τις επιλογές αυτές θα προσφέρει το καλύτερο τελικό αποτέλεσμα στον υποψήφιο χρήστη. Οι σύγχρονοι φακοί που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας (βλ. Εικόνα 2), ενδέχεται να διαθέτουν σχεδιασμό που προσφέρει εναλλασσόμενη (alternating)\* ή ταυτόχρονη (simultaneous) όραση/είδωλο<sup>8</sup>.

\* Οι όροι «ταυτόχρονη όραση» και «εναλλασσόμενη όραση» χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία, αν και σύμφωνα με τα πρότυπα ISO (ISO, 2006) οι συγκεκριμένοι όροι έχουν αντικατασταθεί από τους «εναλλασσόμενο είδωλο» και «ταυτόχρονο είδωλο».

**4.1. Σχεδιασμοί εναλλασσόμενου ειδώλου (όρασης)**

Η εναλλασσόμενη όραση επιτυγχάνεται με τη χρήση διπλεσσιακών σκληρών αεροδιαπερατών (Gas Permeable, GP) φακών επαφής, οι οποίοι, όπως και οι διπλεσσιακοί οφθαλμικοί φακοί, διαθέτουν δύο σαφώς διαχωρισμένες περιοχές διαφορετικής διοπτρικής δύναμης, μία με τη μακρινή και μία με την κοντινή διόρθωση, τοποθετημένες στο ανώτερο και κατώτερο μέρος του φακού, αντιστοίχως (βλ. Εικόνα 3).



**Εικόνα 3:** Σχεδιασμός (αριστερά) και εικόνα φλουορεσκεϊνης του φακού στον οφθαλμό (δεξιά) ενός GP φακού που προσφέρει εναλλασσόμενο σχεδιασμό.

Η κίνηση των φακών κατά την αλλαγή της θέσης του βλέμματος καθορίζει την απόδοσή τους. Στην ευθεία βλεμματική θέση ο οπτικός άξονας διέρχεται μέσα από την περιοχή της μακρινής διόρθωσης, εξασφαλίζοντας καλή μακρινή όραση, ενώ κατά το κατέβασμα του βλέμματος (π.χ. κατά την ανάγνωση), ο φακός με τη βοήθεια των βλεφάρων κινείται προς τα πάνω και ο οπτικός άξονας διέρχεται πλέον μέσα από την περιοχή της κοντινής διόρθωσης, εξασφαλίζοντας καλή κοντινή όραση. Όταν η εναλλαγή της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης, κατά την αλλαγή της βλεμματικής θέσης, γίνεται με επιτυχία, οι φακοί αυτοί προσφέρουν εξαιρετική όραση για μακριά και κοντά. Σε κάποιες περιπτώσεις (τριπλοεσσιακοί φακοί), ένα πρόσθετο τμήμα που περιλαμβάνει τη διόρθωση και για ενδιάμεσες αποστάσεις ενσωματώνεται στον σχεδιασμό<sup>10</sup>.

Ο σχεδιασμός αυτός συναντάται πλέον αποκλειστικά σε αεροδιαπερατούς φακούς, καθώς απαιτείται επαρκής (~ 1,5 με 2,5mm) προς τα πάνω κίνηση του φακού κατά το κατέβασμα του βλέμματος, στην κοντινή εργασία. Παράλληλα, η υψηλή μεταβιβαστικότητα σε οξυγόνο των αεροδιαπερατών (GP) φακών, συγκριτικά με τους συμβατικούς μαλακούς φακούς υδρογέλης, εξασφαλίζει την καλή φυσιολογία του κερατοειδούς, περιορίζοντας σημαντικά τις επιπλοκές που σχετίζονται με την υποξία.

**4.2. Σχεδιασμοί ταυτόχρονου ειδώλου (όρασης)**

Στους φακούς με σχεδιασμούς ταυτόχρονου ειδώλου οι ακτίνες φωτός διέρχονται ταυτόχρονα μέσα από περιοχές που προσφέρουν μακρινή και κοντινή διόρθωση (διπλεσσιακός σχεδιασμός) και ενδεχομένως διόρθωση για ένα σημαντικό εύρος ενδιάμεσων αποστάσεων (πολυεσσιακός σχεδιασμός) και εστιάζονται όλες μαζί στον αμφιβληστροειδή, ανεξαρτήτως της βλεμματικής κατεύθυνσης. Συνεπώς, όταν το μάτι εστιάζει σε ένα μακρινό αντικείμενο, τότε φωτεινές

ακτίνες εισέρχονται στην κόρη, τόσο από περιοχές μακρινής όσο και κοντινής διόρθωσης και αντιστοίχως, όταν το μάτι εστιάζει σε ένα κοντινό αντικείμενο, τότε φωτεινές ακτίνες εισέρχονται και πάλι στην κόρη, τόσο μέσα από τις ζώνες της μακρινής, αλλά και της κοντινής διόρθωσης.

Ως συνέπεια, σε κάθε περίπτωση σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή (i) ένα εστιασμένο (ευκρινές) είδωλο και (ii) αρκετά αφεστιασμένα (θολά) είδωλα. Είναι προφανές ωστόσο, ότι τα αφεστιασμένα είδωλα περιορίζουν την αντίθεση φωτεινότητας (contrast) του εστιασμένου ειδώλου, δημιουργώντας ένα αμφιβληστροειδικό είδωλο μειωμένου contrast σε σχέση με εκείνο που δημιουργείται με έναν μονοεσσιακό φακό<sup>11</sup>, ιδιαίτερα στις υψηλές χωρικές συχνότητες (λεπτομέρειες μιας εικόνας)<sup>12</sup>.

Η μείωση της αντίθεσης φωτεινότητας εξαρτάται από τη σχετική αναλογία του φωτός που συμμετέχει στη δημιουργία του ευκρινούς αμφιβληστροειδικού ειδώλου και του φωτός που συμμετέχει στη δημιουργία των αφεστιασμένων ειδώλων. Η αναλογία αυτή διαφοροποιείται με τις μεταβολές στη διάμετρο της κόρης, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού ή αναλόγως με τις δραστηριότητες του ατόμου<sup>13</sup>. Συνεπώς, κάθε αλλαγή στη διάμετρο της κόρης θα επηρεάζει τη μακρινή και κοντινή όραση που προσφέρει ο φακός (με εξαίρεση τους φακούς με περιθλαστικό σχεδιασμό, όπως θα δούμε παρακάτω), έτσι ώστε καθεμία διάμετρος της κεντρικής ζώνης του φακού να είναι η βέλτιστη για μία συγκεκριμένη διάμετρο κόρης.

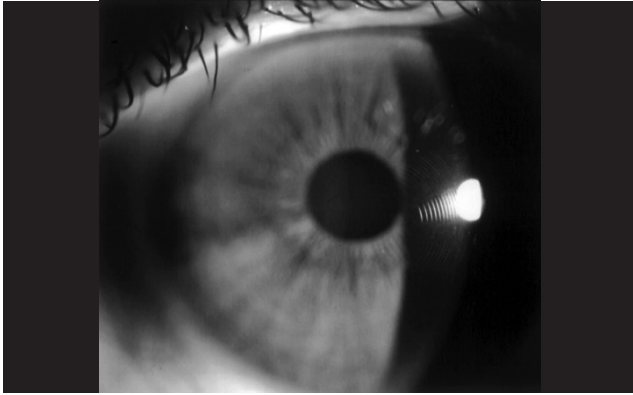
Ωστόσο, η απόδοση των φακών με ταυτόχρονο σχεδιασμό ενδέχεται να επηρεάζεται, επίσης, από τις εκτροπές υψηλής τάξης του οφθαλμού, όπως η σφαιρική εκτροπή<sup>14,15</sup>. Καθίσταται, λοιπόν, σαφές ότι η αποτελεσματικότητα κάθε φακού με ταυτόχρονο σχεδιασμό καθορίζεται από την αύξηση που προσδίδει στο βάθος εστίασης σε σχέση με τον μη-διορθωμένο οφθαλμό.

Οι διπλεσσιακοί/πολυεσσιακοί φακοί ταυτόχρονου σχεδιασμού κατατάσσονται σε τέσσερις υποκατηγορίες: α) σε φακούς με περιθλαστικό σχεδιασμό, β) σε φακούς με ομόκεντρους δακτυλίους ή έκκεντρον, γ) σε φακούς με ασφαιρικό σχεδιασμό, δ) σε φακούς με γραμμικό ή άλλον σχεδιασμό.

**4.2.1. Περιθλαστικός σχεδιασμός**

Οι φακοί επαφής με περιθλαστικό σχεδιασμό είναι σχεδιασμένοι για να παρέχουν διπλεσσιακότητα σε όλη την έκταση της οπτικής ζώνης του φακού (βλ. Εικόνα 4). Περιλαμβάνουν έναν σχεδιασμό ο οποίος διαθέτει «ομόκεντρες», τύπου Fresnel, κλιμακωτές αυλακώσεις, οι οποίες διασφαλίζουν ότι η μακρινή διόρθωση παρέχεται από τη βάση (έδρα) του φακού και η κοντινή διόρθωση παρέχεται από το περιθλαστικό προφίλ<sup>16,17</sup>. Προσεγγιστικά, η κατανομή του φωτός μεταξύ των μακρινών και των κοντινών εστιών είναι ανεξάρτητη από την κορική διάμετρο, με τη μακρινή και την κοντινή διόρθωση να είναι αποτελεσματικές σε όλη την ωφέλιμη επιφάνεια του φακού.

Σε ένα τυπικό περιθλαστικό διπλεσσιακό φακό το 40% ►



**Εικόνα 4:** Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός φακού με περιθλαστικό σχεδιασμό. Οι πολλαπλοί ομόκεντροι δακτύλιοι που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του περιθλαστικού σχεδιασμού είναι εμφανείς στην πρόσθια επιφάνεια του φακού.

του φωτός που διέρχεται από την κόρη συμβάλλει στη δημιουργία των μακρινών ειδώλων και ένα επιπλέον 40% του φωτός συμβάλλει στη δημιουργία των κοντινών ειδώλων. Το επιπλέον 20% του φωτός περιθλάται σε ανεπιθύμητες «αποστάσεις» (16%) ή διαχέεται (4%), οδηγώντας σε σημαντική μείωση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης και σε λάμψεις σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού<sup>11</sup>. Ο βασικός διπλεσιακός σχεδιασμός μπορεί να τροποποιηθεί για να συμπεριλάβει ένα περιθλαστικό προφίλ και μία διαθλαστική επιφάνεια μέσα στην οπτική ζώνη, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι φακοί με περιθλαστικό σχεδιασμό μπορεί να ενσωματώνουν μια επεξεργασία η οποία ονομάζεται απόδυση (arodization), κατά την οποία το ύψος των δακτυλίων ελαττώνεται σταδιακά από το κέντρο προς την περιφέρεια του φακού, με σκοπό την ομαλοποίηση του περιθλαστικού προφίλ.

Οι φακοί επαφής με περιθλαστικό σχεδιασμό δεν διατίθενται πλέον στην αγορά για δύο βασικούς λόγους. Καταρχήν, αν και οι φακοί με συμβατικό περιθλαστικό σχεδιασμό έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι η απόδοσή τους είναι ανεξάρτητη από τη διάμετρο της κόρης, το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι πως ένα σημαντικό ποσοστό φωτός δεν συνεισφέρει στη δημιουργία του μακρινού ή του κοντινού ειδώλου, αλλά χάνεται, με συνέπεια σημαντική μείωση στο contrast και την ποιότητα όρασης. Παράλληλα, το κόστος κατασκευής φακών με περιθλαστικό σχεδιασμό είναι ιδιαίτερα υψηλό, γεγονός το οποίο καθιστά αδύνατη τη διάθεσή τους, δεδομένου ότι σήμερα στην παγκόσμια αγορά μαλακών φακών επαφής συναντά κανείς σχεδόν αποκλειστικώς φακούς συχνής αντικατάστασης. Αντιθέτως, αρκετοί πολυεστιακοί ενδοφακοί στην αγορά σήμερα έχουν ως βάση περιθλαστικούς σχεδιασμούς.

**4.2.2. Σχεδιασμός ομόκεντρων δακτυλίων (ζωνών)**

Οι φακοί με ομόκεντρους δακτυλίους ενσωματώνουν μία μικρής διαμέτρου κεντρική κυκλική ζώνη, η οποία διαθέτει τη μακρινή ή την κοντινή διόρθωση, και η οποία περιβάλλεται από έναν ή περισσότερους δακτυλίους που διαθέτουν την κοντινή

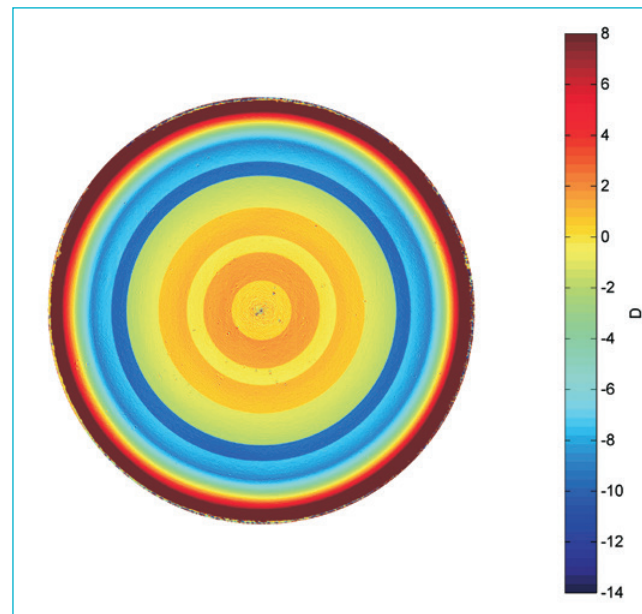
ή τη μακρινή διόρθωση, αντιστοίχως. Εάν υπάρχουν αρκετοί δακτύλιοι που περιβάλλουν την κεντρική ζώνη, τότε αυτοί διαθέτουν εναλλάξ τη μακρινή και την κοντινή διόρθωση.

Φακοί με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων είναι διαθέσιμοι σε αεροδιαπερατά (GP) ή σε μαλακά υλικά. Σε κάποιες περιπτώσεις, η διάμετρος της κεντρικής ζώνης μπορεί να επιλεγεί καταλλήλως έτσι ώστε να ενισχυθεί η μακρινή ή η κοντινή όραση, σύμφωνα με τις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε χρήστη (βλ. Εικόνα 5).

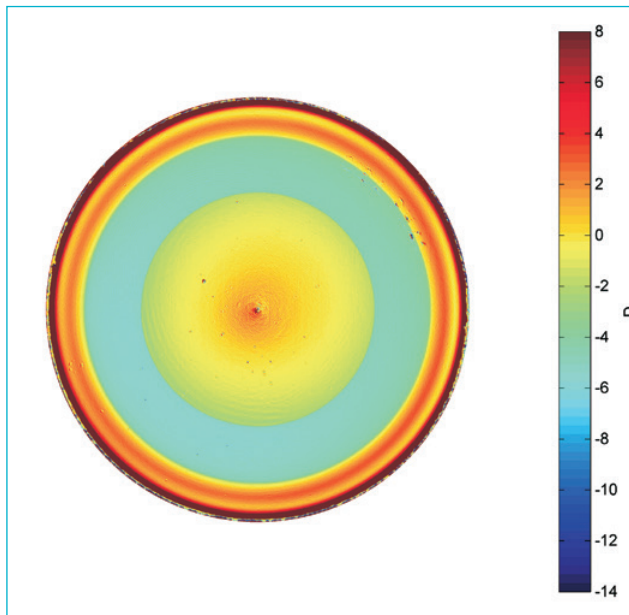
Κάποιοι από τους πρώτους φακούς με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων, οι οποίοι εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται, διαθέτουν δύο σαφώς διακριτές ζώνες μακρινής και κοντινής διόρθωσης και χαρακτηρίζονται ως διπλο-ομόκεντροι. Όπως με όλους τους σχεδιασμούς ταυτόχρονης όρασης, έτσι και στους φακούς με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων απαιτείται καλή επικέντρωση και μικρή κινητικότητα κατά τους βλεφαρισμούς<sup>19</sup>. Η απόδοση των φακών με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων επηρεάζεται από την κορική διάμετρο και τις συνθήκες φωτισμού, καθώς αυτές επηρεάζουν σημαντικά το «ισοζύγιο» μεταξύ μακρινής και κοντινής όρασης.

**4.2.3. Ασφαιρικοί – διπλοασφαιρικοί σχεδιασμοί**

Οι φακοί με ασφαιρικό σχεδιασμό διαθέτουν μία σταδιακή, περιστροφικά συμμετρική, διακύμανση της διοπτρικής ισχύος από το κέντρο προς την περιφέρεια της οπτικής ζώνης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση έστω μίας ασφαιρικής επιφάνειας, η οποία συνήθως είναι κωνοειδής και δημιουργεί σταδιακά



**Εικόνα 5:** Χαρακτηριστικό παράδειγμα «χάρτη ισχύος» ενός φακού επαφής με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων. Παρατηρείστε τη θετική στο κέντρο ισχύ, σε σχέση με την περιφέρεια, και τη βαθμιαία αλλαγή της δύναμης εντός των δακτυλίων. Η οπτική ζώνη εκτείνεται μέχρι τα όρια του πράσινου χρώματος (τα κεντρικά 7-8mm της διαμέτρου του φακού)<sup>18</sup>.



**Εικόνα 6:** Χαρακτηριστικό παράδειγμα «χάρτη ισχύος» ενός φακού επαφής με ασφαιρικό σχεδιασμό. Παρατηρείστε τη βαθμιαία αλλαγή της ισχύος με την κοντινή διόρθωση να επιτυγχάνεται στην κεντρική περιοχή. Η οπτική ζώνη εκτείνεται μέχρι τα όρια του πράσινου χρώματος (τα κεντρικά 7-8mm της διαμέτρου του φακού)<sup>18</sup>.

μεγαλύτερη ισχύ είτε στο κέντρο (center-near), είτε στην περιφέρεια της οπτικής ζώνης του φακού (center-distance).

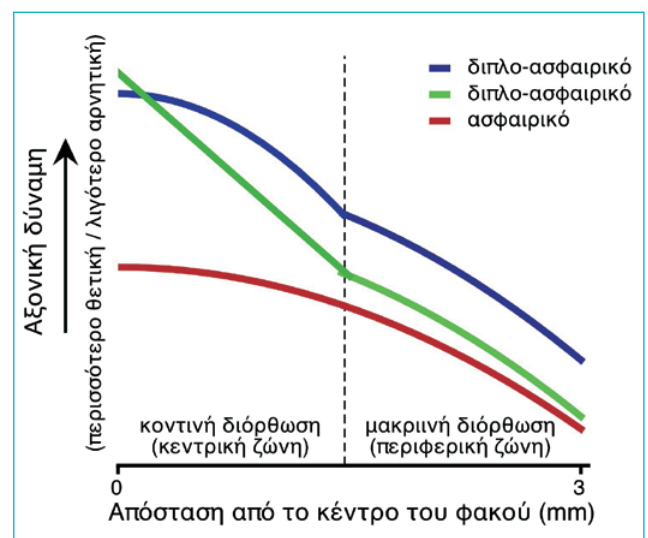
Ο ασφαιρικός σχεδιασμός συναντάται τόσο σε ημίσκληρους αεροδιαπερατούς (GP), όσο και σε μαλακούς φακούς επαφής. Η ασφαιρικότητα της επιφάνειας και το προφίλ της δύναμης καθορίζονται από τον βαθμό της απόκλισης από μία σφαιρική επιφάνεια, ο οποίος μπορεί να προσδιοριστεί από την τιμή της εκκεντρότητας (eccentricity), η οποία περιγράφει τον ρυθμό μεταβολής της καμπυλότητας της επιφάνειας σε σχέση με την απόσταση από τον άξονα του φακού<sup>11,20</sup>. Συνεπώς, μεταβάλλοντας ο κατασκευαστής την τιμή της εκκεντρότητας μπορεί να προσφέρει διαφορετικές τιμές ADD, με υψηλότερες τιμές εκκεντρότητας να παρέχουν υψηλότερες τιμές ADD και καλύτερη κοντινή όραση.

Η σταδιακή αυτή μεταβολή που αναφέρθηκε παραπάνω αντιστοιχεί εξ ορισμού στη σφαιρική εκτροπή. Σε γενικές γραμμές, οι πολυεστιακοί φακοί διαθέτουν υψηλότερα επίπεδα σφαιρικής εκτροπής σε σχέση με εκείνα που συναντώνται στους φακούς μονής όρασης, προκειμένου να είναι σε θέση να προσφέρουν πολυεστιακότητα, αυξάνοντας το βάθος εστίας για τον χρήστη. Ως συνέπεια, η πολυεστιακότητα επιτυγχάνεται ενσωματώνοντας ελεγχόμενη αρνητική σφαιρική εκτροπή στους φακούς με την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή (center-near) (βλ. Εικόνα 6)<sup>18</sup> και ελεγχόμενη θετική σφαιρική εκτροπή στους φακούς με την κοντινή διόρθωση στην περιφέρεια της οπτικής ζώνης (center-distance). Αυτή η διακύμανση στη δύναμη είναι πιθανό να προκαλέσει μείωση στην ευκρίνεια του αμφιβληστροειδικού ειδώλου σε σχέση με την ευκρίνεια που επιτυγχάνεται με έναν αντίστοιχο

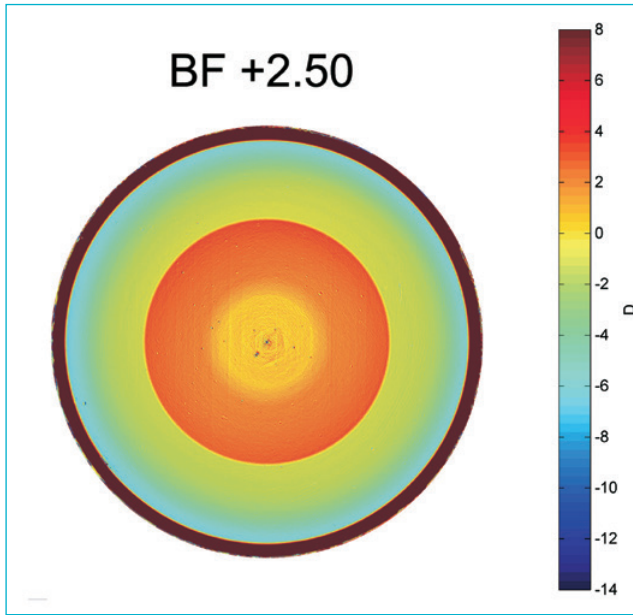
φακό μονής όρασης, με τη μείωση αυτή να είναι ανάλογη με την τιμή της εκκεντρότητας και της σφαιρικής εκτροπής.

Ωστόσο, παρά την ενδεχόμενη μείωση της ευκρίνειας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, εξαιτίας της προκαλούμενης σφαιρικής εκτροπής, οι φακοί προσφέρουν αυξημένο βάθος εστίας. Εάν ο ασφαιρικός σχεδιασμός προσδίδει αρνητική σφαιρική εκτροπή, όσο μικρότερη είναι η διάμετρος της κόρης κατά την κοντινή όραση, τόσο πιο βελτιωμένη θα είναι η ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Αυτό ισχύει για σχετικά χαμηλές ή μέσες τιμές ADD (χαμηλές ή μέσες τιμές εκκεντρότητας), με τις πιο υψηλές τιμές ADD να προκαλούν σε κάποιες περιπτώσεις μη αποδεκτή μείωση της ποιότητας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Για τον λόγο αυτόν, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερα ADD έχουν σχεδιαστεί διπλο-ασφαιρικές επιφάνειες στις οποίες η διακύμανση της δύναμης δεν είναι συνεχής, με την κεντρική περιοχή (~2,5mm σε διάμετρο) στους φακούς με κέντρο για κοντά να εμφανίζει υψηλότερες τιμές εκκεντρότητας και κατά συνέπεια μεγαλύτερη αρνητική σφαιρική εκτροπή σε σχέση με το περιφερικό τμήμα του φακού (βλ. Εικόνα 7)<sup>21</sup>.

Προκειμένου να επιτευχθεί ευκρινής ταυτόχρονη όραση με (ημίσκληρους και μαλακούς) πολυεστιακούς φακούς ασφαιρικού σχεδιασμού, απαιτείται καλή επικέντρωση και σχετικά μικρή κινητικότητα κατά τους βλεφαρισμούς, προκειμένου οι ζώνες μακρινής και κοντινής διόρθωσης να βρίσκονται πάντα εντός των ορίων της κόρης. Η κακή επικέντρωση των φακών δημιουργεί μεγαλύτερο πρόβλημα στη μακρινή όραση και σε μικρότερης διαμέτρου κόρες. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι η απόδοση των φακών μπορεί να επηρεαστεί από την



**Εικόνα 7:** Μεταβολή της ισχύος ενός πολυεστιακού φακού ασφαιρικού σχεδιασμού σε σχέση με την απόσταση από το οπτικό κέντρο του (που αντιστοιχεί στην κοντινή διόρθωση). Σχετικά ικανοποιητική αύξηση του βάθους εστίας μπορεί να επιτευχθεί με μία ασφαιρική επιφάνεια (κόκκινη καμπύλη), ωστόσο, μεγαλύτερο βάθος εστίας επιτυγχάνεται μόνο με την κατασκευή διπλο-ασφαιρικών επιφανειών (μπλε και πράσινη καμπύλη).



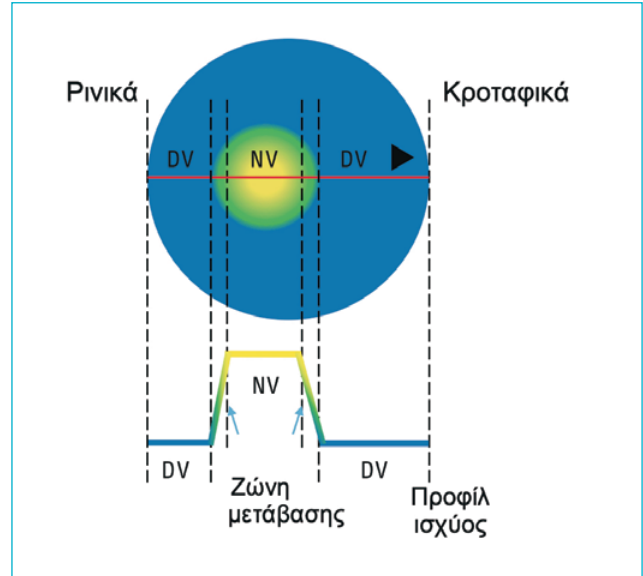
**Εικόνα 8:** Χαρακτηριστικό παράδειγμα «χάρτη ισχύος» ενός φακού επαφής με γραμμικό σχεδιασμό. Παρατηρείστε τη ζώνη διαμέτρου 3mm που παρουσιάζει τη μακρινή διόρθωση, με την ενδιάμεση και κοντινή διόρθωση να επιτυγχάνεται σταδιακά προς την περιφέρεια του φακού<sup>18</sup>.

αλληλεπίδραση της ελεγχόμενης σφαιρικής εκτροπής που εισάγεται στους φακούς ασφαιρικού σχεδιασμού, με τις εγγενείς οφθαλμικές εκτροπές του χρήστη<sup>14,22</sup>.

**4.2.4. Γραμμικοί σχεδιασμοί και έκκεντροι διπλεστικά σχεδιασμοί**

Οι φακοί με γραμμικούς σχεδιασμούς αποτελούν και αυτοί φακούς με ταυτόχρονο είδωλο, με τη διαφορά από τους παραπάνω ότι οι αλλαγές στην ισχύ του φακού γίνεται γραμμικά. Στην *Εικόνα 8* παρουσιάζεται η κατανομή της ισχύος ενός φακού με γραμμικό σχεδιασμό και κέντρο για μακριά (distance-centre), που χαρακτηριστικά εμφανίζει μια κεντρική ζώνη με διαμέτρου 3mm με τη «μακρινή» διόρθωση, μια ενδιάμεση δακτυλιοειδή ζώνη, όπου η ισχύς αυξάνεται σταδιακά (για ενδιάμεση όραση) και μια εξωτερική με την «κοντινή» διόρθωση. Παράγει επίσης κεντρικά κοντινά φακούς «N» με παρόμοιο σχεδιασμό.

Πιο πρόσφατα παρουσιάστηκε ένας καινοτόμος σχεδιασμός ταυτόχρονου ειδώλου, ο οποίος κατασκευάζεται με δύο εμφανείς περιοχές διαφορετικής ισχύος (διπλεστικός), με το κέντρο του φακού, που παρουσιάζει την κοντινή διόρθωση, να είναι χαρακτηριστικά αποκεντρωμένο ρινικά. Η καινοτομία αυτή βελτιστοποιεί την κοντινή όραση, ειδικά σε μικρού μεγέθους κόρες (που συνήθως παρουσιάζουν πρεσβυώπες μεγαλύτερων ηλικιών), ενώ η μακρινή όραση, όταν εξασφαλίζεται καλή επικέντρωση του φακού στον κερατοειδή, επηρεάζεται θεωρητικά λιγότερο από τις έκκεντρες αφεστιασμένες ακτίνες της κοντινής διόρθωσης.



**Εικόνα 9:** «Χάρτης ισχύος» ενός φακού επαφής με έκκεντρο διπλεστικό (ως επί το πλείστον) σχεδιασμό, με το κέντρο για κοντινή όραση να είναι αποκεντρωμένο ρινικά. Η αλλαγής της ισχύος μεταξύ των δύο ζωνών γίνεται σταδιακά και σχετικά απότομα, σε σχέση με την απόσταση από το οπτικό κέντρο του (που αντιστοιχεί στην κοντινή διόρθωση).

Η αποκέντρωση στηρίζεται στο εύρημα ότι το κέντρο της κόρης μετατοπίζεται ρινικά τόσο σε συνθήκες υψηλού φωτισμού (όπου συνήθως χρησιμοποιούμε την κοντινή μας όραση, π.χ. ανάγνωση ενός βιβλίου), όσο και κατά την προσπάθεια προσαρμογής σε ένα κοντινό αντικείμενο<sup>29</sup>.

**5. Συζήτηση: επιλογή του κατάλληλου φακού**

Η απόδοση όλων των σχεδιασμών των φακών επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας φαίνεται κυρίως να εξαρτάται από το εύρος του βάθους εστίασης που παρέχουν, προκειμένου να αντισταθμίσει την απώλεια της προσαρμογής, σε σχέση με το βάθος της εστίασης της μη-διορθωμένης όρασης. Εκτός από τη μονο-όραση, το πραγματικό βάθος της εστίασης κατά τη διόρθωση με φακούς επαφής σχετίζεται κατά κύριο λόγο με τον σχεδιασμό του φακού, αλλά επίσης επηρεάζεται από σειρά άλλων παραγόντων, όπως το μέγεθος της κόρης, τις εγγενείς εκτροπές του οφθαλμού<sup>23</sup> και τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας του χρήστη, όπως η ανοχή στη θόλωση<sup>7</sup>.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει πιθανώς την αποδοχή και την επιτυχία των σχεδιασμών των φακών επαφής που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας είναι η προσαρμογή στη θόλωση, ένα νευρωνικής φύσεως χαρακτηριστικό της όρασης. Αυτό έχει διαφορετική φυσιολογική βάση στη διόρθωση με μονο-όραση σε σύγκριση με τους σχεδιασμούς ταυτόχρονης όρασης.

Στη μονο-όραση ο εγκέφαλος έχει να καταστείλει ένα από τα μη πανομοιότυπα είδωλα που σχηματίζονται στις ►

αντίστοιχες περιοχές στα δύο μάτια, με αποτέλεσμα μία μόνο από τις δύο εικόνες να γίνεται αντιληπτή, αναλόγως με την απόσταση των αντικειμένων. Στους σχεδιασμούς που προσφέρουν ταυτόχρονη όραση, ο εγκέφαλος ιδανικά πρέπει να επιλέξει ένα ερέθισμα που επεξεργάζεται από ένα νευρωνικό υποδεκτικό πεδίο (και στους δύο οφθαλμούς) και ταυτόχρονα να καταστείλει τα άλλα θολά ερεθίσματα που απεικονίζονται στο ίδιο αμφιβληστροειδικό πεδίο<sup>24</sup>. Υποθετικά, η ταυτόχρονη προβολή εστιασμένων και αφεστιασμένων εικόνων θα έπρεπε να υπονομεύει την ποιότητα της όρασης, ωστόσο πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι αυτοί οι φακοί είναι αρκετά αποτελεσματικοί<sup>25,26</sup>. Μία εξήγηση είναι ότι αντιληπτικές διαδικασίες, όπως η διόφθαλμη άθροιση<sup>27</sup>, μπορεί να βοηθήσουν στην καλύτερη επεξεργασία των αφεστιασμένων εικόνων. Αντιθέτως, αυτό το πλεονέκτημα δεν ισχύει στη διόρθωση με μονο-όραση, όπου το όφελος από την άθροιση των δύο ματιών είναι ελάχιστο.

Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η πρεσβυωπία συνοδεύεται από αρκετές αλλαγές στη φυσιολογία και ανατομία των οφθαλμικών δομών. Οι αλλαγές αυτές, οι οποίες ενδέχεται να καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία της εφαρμογής, θα πρέπει να εντοπιστούν και για τον λόγο αυτόν απαιτείται η λεπτομερής εξέταση της ποιότητας και της ποσότητας της δακρυϊκής στιβάδας, του βλεφαρικού ανοίγματος και της κορικής διαμέτρου, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού.

Εάν η ποιότητα των δακρύων δεν είναι ικανοποιητική, τότε ο υποψήφιος ίσως να μην μπορεί να χρησιμοποιεί τους φακούς του για αρκετές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παράλληλα, εάν η τάση του βλεφαρισμού είναι ασθενής ή το κάτω βλέφαρο βρίσκεται χαμηλά σε σχέση με το σκληροκερατοειδές όριο, αντενδείκνυται η χρήση ημίσκληρων αεροδιαπερατών φακών με εναλλασόμενο σχεδιασμό, καθώς δεν θα είναι εφικτή η επαρκής προς τα πάνω κίνηση του φακού κατά τη μετάβαση του βλέμματος από τη μακρινή προς την κοντινή περιοχή. Εάν η διάμετρος της κόρης σε κανονικές συνθήκες φωτισμού δωματίου είναι ιδιαίτερα μεγάλη (>5mm), κάτι που ωστόσο δεν συναντάται συχνά στους πρεσβύωπες, η χρήση φακών με ασφαιρικό σχεδιασμό δεν συστήνεται, εξαιτίας της θόλωσης που θα προκληθεί σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού<sup>28</sup>.

Αντιστοίχως, στην περίπτωση που η κορική διάμετρος είναι ιδιαίτερα μικρή (<3mm), και πάλι δεν συστήνεται η χρήση ασφαιρικών πολυεστιακών φακών, καθώς οι περιφερικές περιοχές της οπτικής ζώνης του φακού δεν θα βρίσκονται εντός του εύρους της κόρης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται περιορισμοί στη μακρινή ή την κοντινή όραση, αναλόγως με το εάν ο φακός έχει την κοντινή ή τη μακρινή διόρθωση τοποθετημένη στην κεντρική περιοχή.

Μετά, λοιπόν, από τη διεξοδική αξιολόγηση της καταλληλότητας του υποψηφίου χρήστη, ο εφαρμοστής οφείλει να

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Fricke TR, Wilson D, Holden BA. Vision impairment due to uncorrected presbyopia. In: Pallikaris IG, Plainis S, Charman WN, editors. *Presbyopia: origins, effects and treatment*. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated; 2012. p. 3-9.
2. Evans BJ. Monovision: a review. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2007;27: 417-39.
3. Charman WN. Theoretical aspects of monovision contact lens correction. *Optician*. 1980;179: 9-22.
4. Kallinikos P, Santodomingo-Rubido J, Plainis S. Correction of presbyopia with contact lenses. In: Pallikaris IG, Plainis S, Charman WN, editors. *Presbyopia: origins, effects and treatment*. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated; 2012. p. 127-37.
5. Jain S, Arora I, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol*. 1996;40: 491-9.
6. Kirschen DG, Hung CC, Nakano TR. Comparison of suppression, stereoacuity, and interocular differences in visual acuity in monovision and acuvue bifocal contact lenses. *Optom Vis Sci*. 1999;76: 832-7.
7. Woods RL, Colvin CR, Vera-Diaz FA, Peli E. A relationship between tolerance of blur and personality. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51: 6077-82.
8. International Organization for Standardization I. *Ophthalmic Optics—Contact Lenses—Part 1: Vocabulary, classification and recommendations for labelling specifications*. Geneva 2006.
9. Kallinikos P, Plainis S. Φακοί Επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. *Οφθαλμολογικά Χρονικά*. 2011;21: 239-50.
10. Bennett ES. Innovations in gas permeable multifocal contact lenses. *Clin Optom*. 2010;2: 85-90.
11. 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.
12. Rajagopalan AS, Bennett ES, Lakshminarayanan V. Visual performance of subjects wearing presbyopic contact lenses. *Optom Vis Sci*. 2006;83: 611-5.
13. 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: 476-81.
14. Bakaraju RC, Ehrmann K, Ho A, Papas E. Inherent ocular spherical aberration and multifocal contact lens optical performance. *Optom Vis Sci*. 2010;87: 1009-22.
15. Martin JA, Roorda A. Predicting and assessing visual performance with multizone bifocal contact lenses. *Optom Vis Sci*. 2003;80: 812-9.
16. Cohen AL. Diffractive bifocal lens designs. *Optom Vis Sci*. 1993;70: 461-8.

επιλέξει τη μέθοδο εκείνη η οποία θα ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες, τις προσδοκίες και τον τρόπο ζωής του υποψηφίου. Παράλληλα, το μεγάλο κίνητρο του υποψηφίου για τη χρήση φακών επαφής αναμένεται να επηρεάσει θετικά το αποτέλεσμα της εφαρμογής.

Θα ήταν, άρα, σκόπιμο να αναφερθεί η επιλογή των φακών για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας πριν ο υποψήφιος χρήστης αρχίσει να αντιμετωπίζει προβλήματα με την κοντινή του διόρθωση, καθώς μια τέτοια προσέγγιση αναμένεται να ενισχύσει το κίνητρό του και να δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για τη μελλοντική εφαρμογή. Θα πρέπει να τονιστεί η σημασία των επαναληπτικών επισκέψεων, που ίσως απαιτηθούν, προκειμένου να βρεθεί ο καλύτερος συνδυασμός, εκείνος δηλαδή που θα προκαλέσει τον μικρότερο συμβιβασμό στη μακρινή, την ενδιάμεση ή την κοντινή όραση, αναλόγως πάντα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε υποψηφίου χρήστη.

Η αξιολόγηση της όρασης στις διάφορες αποστάσεις θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε όσο το δυνατόν πιο φυσικό περιβάλλον, προκειμένου να προσομοιαστούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι καθημερινές, συνήθεις δραστηριότητες του χρήστη. Για τον λόγο αυτόν δεν συνιστάται η χρήση του φορόπτερου, καθώς επίσης και ο έλεγχος της μονόφθαλμης όρασης κατά την επιδιάθλαση. Προτείνεται, λοιπόν, μετά το πέρας 15 περίπου λεπτών από την εφαρμογή, χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να σταθεροποιηθεί ο φακός και η όραση, να ζητηθεί από τον χρήστη να αξιολογήσει την όρασή του στις διάφορες αποστάσεις, κοιτάζοντας διόφθαλμα γύρω του στο εφαρμοστήριο, στην οθόνη του Η/Υ, στο κινητό του, στο ρολόι του, παρατηρώντας τις επι-

γραφές και τα σήματα στον δρόμο σε μακρινές αποστάσεις και διαβάζοντας μία εφημερίδα ή ένα περιοδικό.

Ο εφαρμοστής δεν θα πρέπει να ξεχνά την επιλογή της τροποποιημένης ή ενισχυμένης μονο-όρασης, καθώς επίσης και τη δυνατότητα περιστασιακής χρήσης ενός πρόσθετου ζευγαριού γυαλιών, εάν οι απαιτήσεις όρασης σε μια συγκεκριμένη απόσταση είναι ιδιαίτερα υψηλές.

Τέλος, απαιτείται η διατήρηση στο εφαρμοστήριο κασετινών με πλήρεις σειρές «δοκιμαστικών» φακών, με διαφορετικούς σχεδιασμούς, προκειμένου να καθίσταται δυνατή η άμεση δοκιμή και αξιολόγηση φακών σε υποψήφιους χρήστες.

## 6. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας όλα τα ανωτέρω, καθίσταται σαφές ότι σήμερα υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Η απώλεια της κοντινής και ενδιάμεσης όρασης στους πρεσβύωπες μπορεί να αντισταθμιστεί με επιτυχία με τη χρήση μαλακών και ημίσκληρων αεροδιαπερατών πολυεσθιακών φακών επαφής με σύγχρονους σχεδιασμούς, κατασκευασμένους από εξαιρετικής ποιότητας υλικά.

Δεδομένης, λοιπόν, της αδιαμφισβήτητης γήρανσης του πληθυσμού και της αδιάκοπης έρευνας που πραγματοποιείται, τόσο στα μεγάλα διεθνή ερευνητικά κέντρα, όσο και στα τμήματα έρευνας και τεχνολογίας των μεγάλων κατασκευαστών φακών επαφής, οι πολυεσθιακοί φακοί επαφής αναμένεται να εμφανίσουν τη μεγαλύτερη, σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες φακών επαφής, ανάπτυξη μέσα στην επόμενη δεκαετία. ■

17. Klein SA. Understanding the diffractive bifocal contact lens. *Optom Vis Sci.* 1993;70: 439-60.

18. Plainis S, Atchison DA, Charman WN. Power Profiles of Multifocal Contact Lenses and Their Interpretation. *Optom Vis Sci.* 2013.

19. Charman WN, Walsh G. Retinal image quality with different designs of bifocal contact lenses. *Journal of The British Contact Lens Association.* 1986;9: 13-9.

20. Charman WN, Walsh G. Retinal images with centred aspheric varifocal contact lenses. *Int Cont Lens Clinic.* 1988;15: 87-93.

21. Plainis S, Atchison DA, Charman WN. Commenting on "Using Power Profiles to Evaluate Aspheric Lenses". *Cont Lens Spectrum.* 2011;March/April 2011: 15-7.

22. 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.

23. 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: 1793-803.

24. Benjamin WJ. Simultaneous vision contact lenses: why the dirty window argument doesn't wash. *Int Cont Lens Clinic.* 1993;20: 239-42.

25. Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS. Visual comparison of multifocal contact lens to monovision. *Optom Vis Sci.* 2009;86: E98-105.

26. Woods J, Woods CA, Fonn D. Early symptomatic presbyopes--what correction modality works best? *Eye Contact Lens.* 2009;35: 221-6.

27. Plainis S, Petratou D, Giannakopoulou T, Atchison DA, Tsilimbaris MK. Binocular summation improves performance to defocus-induced blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011.

28. Bennett ES. Contact lens correction of presbyopia. *Clin Exp Optom.* 2008;91: 265-78.

29. Mathur A, Gehrman J, Atchison DA. Influences of luminance and accommodation stimuli on pupil size and pupil center location. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014 Apr 7;55(4):2166-72.