



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΠΡΕΣΒΥΩΠΙΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:**

**ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΥ ΚΑΤΕΡΙΝΑ  
ΣΤΑΥΛΑ ΜΑΡΙΑΣΤΕΛΛΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: κ.ΤΟΓΙΑ ΜΑΡΙΑ**

**ΑΙΓΙΟ-2015**

## Περίληψη

Η πάροδος του χρόνου προκαλεί στον οφθαλμό μια πάθηση γνωστή ως πρεσβυωπία. Κανένας δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτήν την πάθηση της οποίας τα συμπτώματα ταλαιπωρούν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού που είναι άνω των 50 ετών. Το κυριότερο σύμπτωμα της πρεσβυωπίας είναι η απώλεια της ικανότητας εστίασης σε κοντινή απόσταση, μικρότερη του 1 μέτρου, με αποτέλεσμα οι εργασίες που απαιτούν κοντινή όραση να γίνονται αδύνατες.

Ο σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση των τρόπων αντιμετώπισης της πρεσβυωπίας με μη επεμβατικές μεθόδους. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη περιγραφή της ανατομίας του οφθαλμού και των θεωριών που έχουν αναπτυχθεί για τα αίτια εμφάνισης της πρεσβυωπίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αξιολογούνται οι οφθαλμικοί φακοί ως μέσο αντιμετώπισης της πρεσβυωπίας. Γίνεται αναφορά στα είδη οφθαλμικών φακών, μονοεστιακοί, διπλεστιακοί και πολυεστιακοί, και σύγκριση - εκτίμηση των κατηγοριών αυτών ως προς τις διαφορές τους και τις περιπτώσεις που ενδείκνυται η χρήση τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί αντίστοιχου περιεχομένου παρουσίαση και σύγκριση των φακών επαφής που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Επιπλέον παρουσιάζονται τόσο οι κατηγορίες βάσει των τεχνικών κατασκευής αλλά και των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς και οι κατηγορίες τους με βάση τις ακολουθούμενες τεχνικές διόρθωσης.

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση της τεχνικής μονο-όρασης η οποία μπορεί να υλοποιηθεί τόσο με τη χρήση φακών επαφής όσο και επεμβατικά και καθορίζεται σε ποιες περιπτώσεις αποτελεί τη βέλτιστη λύση για την αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας.

Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσης μελέτης τα οποία συνοψίζονται στην παραδοχή ότι δεν υπάρχει γενικά καλύτερη μέθοδος για την αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας. Κάθε περίπτωση ασθενούς, εξετάζεται με βάση πλήθος κριτηρίων και προτείνεται η ενδεδειγμένη ανά περίπτωση μέθοδος.

## Abstract

The passage of time will cause the eye a condition known as presbyopia. Nobody can escape from this disease whose symptoms afflict the majority of the population is over 50 years old. The main symptom of presbyopia is the loss of focusing ability in walking distance, less than 1 meter, so that tasks requiring near vision become impossible.

The purpose of this project was to evaluate the responses of presbyopia with non-invasive methods. Initially, in the first chapter, a brief description of the anatomy of the eye is taking place, and theories developed for the causes appearance of presbyopia are mentioned as well.

In the second chapter ophthalmic lenses are presented as means of addressing presbyopia. We are referred to the types of ophthalmic lenses, monofocal and multifocal and a comparison - assessment is made through these categories in order to highlight differences and emphasize their appropriate use.

In the next section follows a similar content presentation and comparison of contact lenses to correct presbyopia. Additionally both categories based on the technical construction and the materials that are used, are presented. Categories based on followed correction techniques, are also presented in this chapter.

A detailed presentation of the mono-vision technique is coming up at the fourth chapter. Mono-vision can be implemented both by the use of contact lenses and invasive and our purpose is to determine in what circumstances is an optimal solution for treating presbyopia.

Finally the conclusions of this study are presented, that are summarized on the assumption that there isn't generally a better method for treating presbyopia. Each patient case is examined on the basis of numerous criteria and appropriate case by case method is proposed.

## **Ευχαριστίες...**

*Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την κ. Μαρία Τόγια για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και για την καθοδήγηση που απλόχερα προσέφερε και προσφέρει.*

*Τις οικογένειες μας και ιδιαίτερα τις μητέρες μας για την ηθική συμπαράσταση που μας προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μας που ολοκληρώνεται με την εργασία αυτή  
....*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΙΑ

### Κεφάλαιο 1

<b>1.1 Ο οφθαλμός</b> .....	1
<b>1.2 Διαδικασία προσαρμογής</b> .....	4
<b>1.3 Πρεσβυωπία</b> .....	7
1.3.1 Φακικές θεωρίες.....	7
1.3.2 Έξωφακικές θεωρίες.....	8
1.3.3 Πολυπαραγοντικές θεωρίες.....	8
<b>1.4 Πρεσβυωπικός Πληθυσμός: μια συνεχώς αυξανόμενη καταναλωτική ομάδα</b> .....	9
<b>1.5 Αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας</b> .....	9
1.5.1 Μη επεμβατικές μέθοδοι.....	9
1.5.2 Επεμβατικές μέθοδοι.....	10

### Κεφάλαιο 2

<b>2.1 Οφθαλμικοί Φακοί</b> .....	12
<b>2.2 Προσδιορισμός της κοντινής διόρθωσης</b> .....	12
<b>2.3 Η κοντινή προσθήκη (addition)</b> .....	14
<b>2.4 Διπλεστιακοί φακοί</b> .....	14
2.4.1 Βασικά στοιχεία διπλεστιακών φακών.....	15
2.4.2 Τύποι διπλεστιακών.....	16
2.4.3 Οπτική αναπήδηση εικόνας στους διπλεστιακούς φακούς.....	17
2.4.4 Άλμα Εικόνας.....	19
2.4.5 Οπτική απόδοση διπλεστιακών φακών.....	20
2.4.6 Σύγκριση με τους παλαιούς φακούς.....	21
2.4.7 Προβλήματα από την χρήση των διπλεστιακών.....	21
<b>2.5 Τριπλεστιακοί φακοί</b> .....	22
2.5.1 Το Τριπλεστιακό Ενδιάμεσο Τμήμα.....	22
2.5.2 Τύποι τριπλεστιακών φακών.....	23
2.5.3 Οπτική απόδοση των τριπλεστιακών φακών.....	23
<b>2.6 Πολυεστιακοί Φακοί</b> .....	24
2.6.1 Κατασκευή του πολυεστιακού φακού.....	26
2.6.2 Εξέλιξη πολυεστιακών φακών.....	28

### Κεφάλαιο 3

<b>3.1 Διπλεστιακοί και πολυεστιακοί φακοί επαφής</b> .....	32
<b>3.2 Σχεδιασμοί εναλλασσόμενης όρασης</b> .....	33
<b>3.3 Σχεδιασμοί ταυτόχρονης όρασης</b> .....	34
3.3.1 Περιθλαστικός σχεδιασμός.....	35
3.3.2 Σχεδιασμός ομόκεντρων δακτυλίων.....	36
3.3.3 Ασφαιρικός σχεδιασμός.....	37
<b>3.4 Σκληροί διπλεστιακοί φακοί επαφής</b> .....	39
<b>3.5 Υδρόφιλοι πολυεστιακοί φακοί</b> .....	40
<b>3.6 Κέντρο κοντινής διόρθωση με περιφέρεια μακρινής διόρθωσης</b> .....	41
<b>3.7 Κέντρο μακρινής διόρθωσης με περιφέρεια κοντινής διόρθωσης</b> .....	43
<b>3.8 Πολλαπλές ζώνες μακρινής και κοντινής διόρθωσης</b> .....	45
<b>3.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πολυεστιακών φακών επαφής</b> .....	46

<b>Κεφάλαιο 4</b>	
<b>4.1 Μονο-όραση (monovision)</b>	47
<b>4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της Μονο-όρασης</b>	47
<b>4.3 Ανισομετροπία</b>	47
<b>4.4 Οφθαλμική κυριαρχία</b>	48
4.4.1 Κινητική και αισθητηριακή οφθαλμική κυριαρχία	49
4.4.2 Μέθοδοι για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού	49
<b>4.5 Ικανότητα καταστολής της θόλωσης</b>	50
<b>4.6 Διαθλαστικό σφάλμα</b>	51
<b>4.7 Ηλικία και φύλο υποψηφίου</b>	52
<b>4.8 Αποτελέσματα Μονο-όρασης στην λειτουργική όραση</b>	52
4.8.1 Διόφθαλμο βάθος εστίασης	52
4.8.2 Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα καταστολής της θόλωσης	52
4.8.3 Διόφθαλμη οπτική οξύτητα και ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης	53
4.8.4 Στερεοοπτική οξύτητα	53
4.8.5 Οπτικό πεδίο	53
<b>4.9 Χαρακτηριστικά κατάλληλου υποψήφιου για Μονο-όραση</b>	54
<b>4.10 Περιπτώσεις που η Μονο-όραση δεν είναι κατάλληλη επιλογή</b>	54
<b>4.11 Συμπεράσματα για τη Μονο-όραση</b>	54
<b>Κεφάλαιο 5</b>	
<b>5.1 Επιλογή του κατάλληλου φακού</b>	56
<b>5.2 Συμπεράσματα</b>	58
<b>Βιβλιογραφία</b>	59

## Εισαγωγή

Η πρεσβυωπία αποτελεί το συχνότερο πρόβλημα όρασης σε άτομα μέσης ηλικίας. Παρουσιάζεται σε όλα τα άτομα μετά την ηλικία των σαράντα - σαρανταπέντε ετών σαν αδυναμία εστίασης σε κοντινά αντικείμενα και εύκολης κόπωσης μετά από διάβασμα, ιδιαίτερα δε όταν δεν υπάρχει καλός φωτισμός. Η αιτιολογία της εμφάνισης της πρεσβυωπίας δεν είναι ακόμα απόλυτα εξακριβωμένη.

Θεωρείται ότι οφείλεται σε προοδευτική απώλεια της ελαστικότητας του κρυσταλλοειδούς φακού αλλά και στην αύξηση της διαμέτρου του φακού με την ηλικία. Η πρεσβυωπία παρουσιάζεται σε όλα τα άτομα ανεξάρτητα από το φύλο και τη διαθλαστική κατάσταση - εμμετροπία - μυωπία υπερμετροπία - αστιγματισμό. Η προσαρμογή της όρασής μας στις κοντινές αποστάσεις, σε αντίθεση με την μυωπία, την υπερμετροπία και τον αστιγματισμό, που είναι καταστάσεις στατικές και οφείλονται στο σχήμα και το μέγεθος του κάθε ματιού, είναι μια δυναμική και συνεχώς μεταβαλλόμενη λειτουργία του οφθαλμού. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η θεραπεία της πρεσβυωπίας δεν είναι τόσο εύκολη όσο εκείνη της μυωπίας, της υπερμετροπίας και του αστιγματισμού.

Όσον αφορά την αντιμετώπιση – διόρθωση της πρεσβυωπίας έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι είτε επεμβατικές είτε μη επεμβατικές. Η παρούσα εργασία ασχολείται με τη δεύτερη κατηγορία, δηλαδή τις μη επεμβατικές μεθόδους που δεν είναι παρά η χρήση οφθαλμικών φακών και φακών επαφής.

Στόχος δεν είναι η απλή αναφορά των δυνατών τρόπων αλλά η ανάδειξη της πρεσβυωπίας ως ενός σύνθετου προβλήματος που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής όσον αφορά την αντιμετώπιση της. Αυτό που αναδεικνύεται με βάση την παρούσα μελέτη είναι πως δεν υπάρχει μια πανάκεια λύση, δεν υπάρχει δηλαδή μια μέθοδος αντιμετώπισης για όλες τις περιπτώσεις που θα μπορούσαμε να τη χαρακτηρίσουμε ως τη βέλτιστη δυνατή. Υπάρχει μόνο βέλτιστη μέθοδος κάθε περίπτωση ασθενούς η οποία διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση και εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο από τον οφθαλμίατρο που διαγιγνώσκει και συνταγογραφεί όσο και από τον εφαρμοστή – οπτικό ώστε να επιλεγεί η μέθοδος εκείνη, η οποία θα ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες, τις προσδοκίες και τον τρόπο ζωής του υποψηφίου χρήστη.

# Κεφάλαιο 1

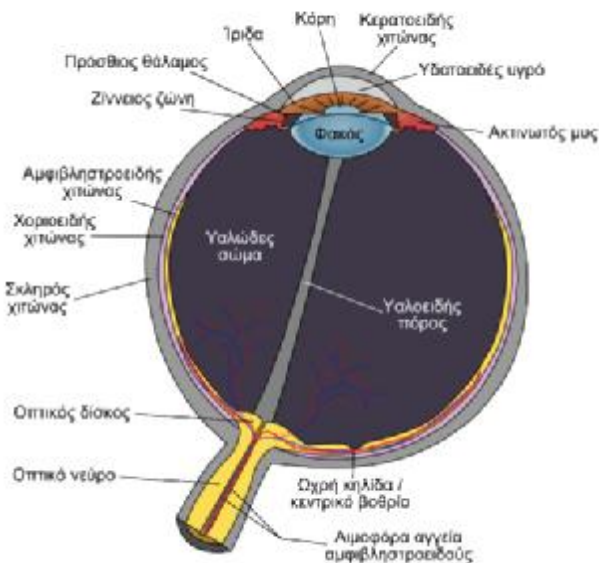
## 1.1 Ο οφθαλμός

Ο οφθαλμός είναι το όργανο του σώματος που προσφέρει στον άνθρωπο την κυριότερη αίσθηση για να αντιληφθεί το περιβάλλον του, την όραση. Η όραση ως αίσθηση είναι η διαδικασία συλλογής εικόνων και η μετατροπή τους σε κατάλληλο σήμα ώστε να μπορέσει να το επεξεργαστεί ο εγκέφαλος και να ενεργήσει αναλόγως. Γι' αυτό και ο οφθαλμός εκτελεί δυο πολύ σημαντικές λειτουργίες, την σωστή εστίαση των εικόνων στον φωτοευαίσθητο αμφιβληστροειδή, ώστε το είδωλο που σχηματίζεται σε αυτόν να είναι ευκρινές και την μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρικό σήμα (ηλεκτρικές ώσεις) ώστε αυτό να μεταφερθεί μέσω του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο για την περαιτέρω επεξεργασία.

Ο οφθαλμός βρίσκεται στην οφθαλμική κόγχη, μια οστέινη κοιλότητα ειδικά διαμορφωμένη ώστε να προσφέρει προστασία στο μεγαλύτερο μέρος του οφθαλμού από εξωτερικούς κινδύνους, στήριξη σε αυτόν και τους οφθαλμοκινητικούς μύες, διευρυμένο οπτικό πεδίο και δίοδο για το οπτικό νεύρο προς τον εγκέφαλο. Είναι σχεδόν σφαιρικός, με διάμετρο περίπου 23-24 mm και το μεγαλύτερο τμήμα του είναι αδιαφανές (περίπου τα 5/6), εκτός από ένα «παράθυρο» το οποίο επιτρέπει την είσοδο του φωτός εντός του οφθαλμού.

Βλέποντας τον οφθαλμό από έξω προς τα μέσα διακρίνονται οι εξής χιτώνες:

- Ο σκληρός χιτώνας, ο οποίος προσφέρει στήριξη και προστασία στα ενδότερα τμήματα του οφθαλμού, ώστε αυτά να συγκρατούνται στην θέση τους ακόμη και στις πιο απότομες κινήσεις του οφθαλμού και στους κραδασμούς.
- Ο χοριοειδής (ή ραγοειδής) χιτώνας, ο οποίος είναι αγγειοβρύθης και παρέχει  $O_2$  και άλλα θρεπτικά στοιχεία στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.
- Ο φωτοευαίσθητος αμφιβληστροειδής χιτώνας, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την συλλογή του φωτός και την μετατροπή του σε φωτεινό ερέθισμα (ηλεκτρικές ώσεις) το οποίο μεταφέρεται μέσω του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο.



Σχήμα 1.1: Σχηματικό διάγραμμα του ανθρώπινου ματιού.

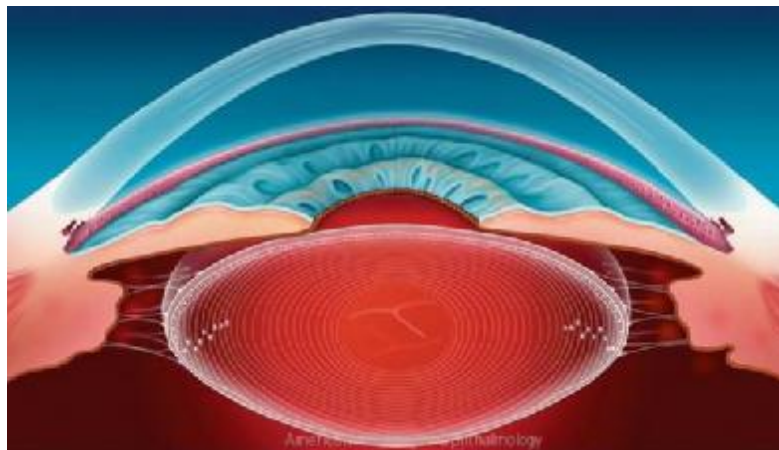
Στο πρόσθιο τμήμα του ο σκληρός χιτώνας αλλάζει δομή και μετατρέπεται στον κερατοειδή χιτώνα. Πίσω από τον κερατοειδή βρίσκεται η ίριδα, το έγχρωμο τμήμα του οφθαλμού, η οποία φέρει μία οπή στο κέντρο, την κόρη. Ακόμη πιο μέσα, πίσω από την ίριδα βρίσκεται το ακτινωτό σώμα και ο κρυσταλλοειδής φακός.

**Ο κερατοειδής χιτώνας** είναι διαφανής προκειμένου να επιτρέψει την είσοδο του φωτός εντός του οφθαλμού. Προσφέρει στον οφθαλμό το μεγαλύτερο μέρος της διαθλαστικής του ισχύος (40-45 από τις 60 συνολικά διοπτρίες του οφθαλμού), έχει διάμετρο 11 με 12 mm περίπου και αποτελείται από 5 ξεχωριστές στοιβάδες:

1. Επιθήλιο
2. Μembrάνη του Bowman
3. Στρώμα
4. Δεσκεμέτειος μεμβράνη
5. Ενδοθήλιο

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κερατοειδής είναι ανάγγειος και τρέφεται από το υδατοειδές υγρό στο οποίο θα γίνει αναφορά παρακάτω.

Η ίριδα με την κόρη είναι το φυσικό διάφραγμα του οφθαλμού. Αποτελεί τμήμα του χοριοειδούς χιτώνα και αυξομειώνει την διάμετρο της κόρης ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού με την βοήθεια του ακτινωτού διαστολέα μυ και του κυκλωτερή σφιγκτήρα μυ. Η ίριδα εκτείνεται από την ρίζα έως το κορικό χείλος και αφορίζει τον πρόσθιο από τον οπίσθιο θάλαμο.



Σχήμα 1.2: Στοιβάδες κερατοειδούς (Omer F. Yilmaz et al., *J Cataract Refract Surg* 2011)

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, ο πρόσθιος θάλαμος είναι αυτός που περιβάλλεται από την εσωτερική επιφάνεια του κερατοειδούς, την πρόσθια επιφάνεια της ίριδας και το κεντρικό τμήμα του προσθίου περιφακίου ενώ ο οπίσθιος εκείνος που περιβάλλεται από την οπίσθια επιφάνεια της ίριδας, το ακτινωτό σώμα, το πλευρικό και οπίσθιο περιφάκιο και το υαλοειδές σώμα.



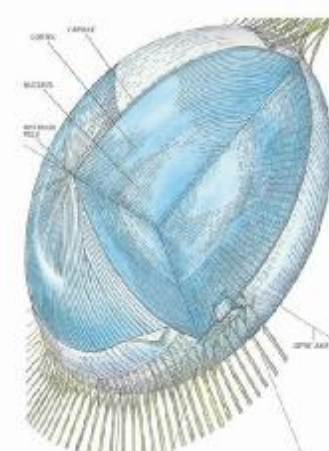
**Το ακτινωτό σώμα** εκτείνεται από την ρίζα της ίριδας έως την αρχή του αμφιβληστροειδούς (πριονωτή περιφέρεια) ενώ το σχήμα της τομής του είναι τριγωνικό. Αποτελεί και αυτός μέρος του χοριοειδούς χιτώνα του οφθαλμού και εκτελεί τρεις βασικές λειτουργίες:

1. Προσαρμογή.
2. Παραγωγή και την αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.
3. Παραγωγή συστατικών του υαλοειδούς και των ινών του Zinn.

Η προσαρμογή είναι εκείνη η λειτουργία η οποία κάνει ευκρινές το είδωλο στον αμφιβληστροειδή. Το ακτινωτό σώμα συμβάλλει σε αυτή την λειτουργία με την διαστολή και τη συστολή του ώστε να μεταβάλλει το σχήμα του κρυσταλλοειδούς φακού. Το υδατοειδές υγρό είναι αυτό που γεμίζει τον πρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο και είναι υπεύθυνο για την ενδοφθάλμια πίεση και την παροχή θρεπτικών συστατικών στον ανάγγειο κερατοειδή και τον κρυσταλλοειδή φακό.

- Το υαλοειδές σώμα είναι διαφανές και ζελατινοειδούς υφής και γεμίζει τον χώρο πίσω από τον κρυσταλλοειδή φακό έως τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.
- Η ζώνη του Zinn αποτελείται από ένα σύνολο λεπτών, ακτινοειδώς διατεταγμένων, διαφοροποιημένων κολλαγόνων ινών, που ξεκινούν από το επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος και καταλήγουν στο περιφάκιο, σε απόσταση κατά μέσο όρο 0,5 mm εκατέρωθεν του ισημερινού του φακού.

Ο κρυσταλλοειδής φακός είναι το προσαρμοστικό τμήμα του οφθαλμού. Βρίσκεται πίσω από την ίριδα και μπροστά από το υαλοειδές σώμα. Είναι διαφανής και εύκαμπτος, προσάπτεται στο ακτινωτό σώμα με τις ίνες της Ζιννείου ζώνης (ίνες του Zinn) και διαβρέχεται από το υδατοειδές υγρό. Αυτό είναι υπεύθυνο και για την παροχή θρεπτικών ουσιών σε αυτόν καθώς στερείται νεύρωσης και αγγείωσης. Η διαθλαστική του ισχύς είναι περίπου 15-20 διοπτρίες και η κύρια λειτουργία του είναι η σωστή εστίαση του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή. Αυτό επιτυγχάνεται με την μεταβολή του σχήματός του, η οποία γίνεται με τις εφελκυστικές τάσεις που ασκεί το ακτινωτό σώμα μέσω των ινών του Zinn και κατ' επέκταση αλλάζει και η διοπτρική του ισχύς. Το σχήμα του είναι αμφίκυρτο με την πίσω επιφάνεια να είναι πιο κυρτή από την πρόσθια.



Σχήμα 1.3: Κρυσταλλοειδής φακός, ανατομία και ίνες Ζιννείου ζώνης

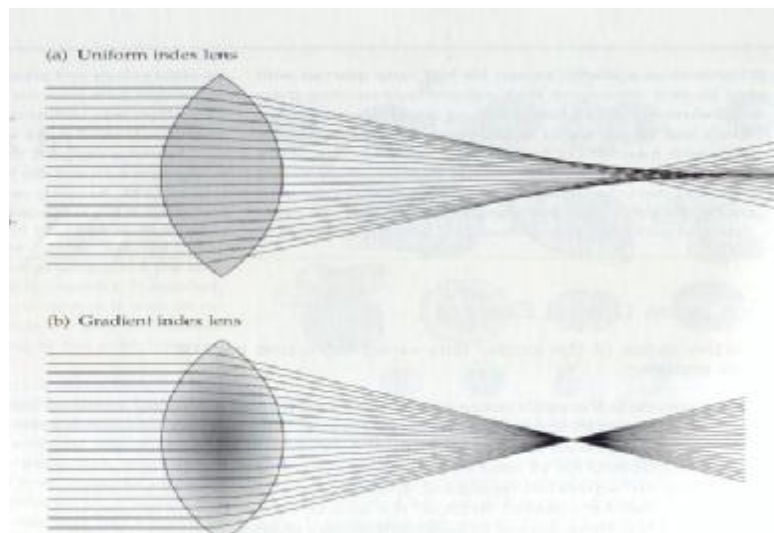
Ανατομικά ο φακός αποτελείται σε τρία μέρη:

**1.** Το περιφάκιο. Είναι μια ελαστική, παχιά, διαφανή κάψα που περιβάλλει τον φακό. Διακρίνεται στο πρόσθιο και οπίσθιο περιφάκιο. Το πρόσθιο περιφάκιο είναι η βασική μεμβράνη του φακικού επιθηλίου.

**2.** Το επιθήλιο του φακού. Βρίσκεται στην οπίσθια επιφάνεια του προσθίου περιφακίου (εντός του περιφακίου). Είναι μονόστιβο κυβοειδές επιθήλιο και εκτείνεται μέχρι τον ισημερινό. Από αυτό γεννώνται οι φακαίες ίνες του κρυσταλλοειδούς φακού. Το οπίσθιο περιφάκιο στερείται επιθηλίου.

**3.** Η ιδίως ουσία του φακού. Αποτελείται από το σύνολο των φακικών ινών. Τα κύτταρα του επιθηλίου επιμηκυνόμενα με την πάροδο της ηλικίας σχηματίζουν τις φακαίες ίνες, που συνιστούν την ουσία του φακού. Αυτή μπορεί να διακριθεί σε δύο μοίρες: α) τον κεντρικό πυρήνα και β) τον περιφερικό φλοιό, που περιβάλλει τον πυρήνα.

Ο φλοιός του κρυσταλλοειδούς φακού αποτελείται από πολλούς λεπτούς φλοιούς (όπως το εσωτερικό ενός κρεμμυδιού), το οποίο προσδίδει στον φακό έναν μεταβαλλόμενο δείκτη διάθλασης κατά μήκος της ακτίνας του. Δηλαδή κεντρικά στον πυρήνα ο δείκτης διάθλασης του φακού είναι σταθερός και μειώνεται καθώς κινούμαστε ακτινικά στον φλοιό προς τον ισημερινό. Αυτή η αλλαγή του δείκτη διάθλασης του φακού έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή και συνεχή διάθλαση των εισερχόμενων ακτινών στον οφθαλμό, μειώνοντας τις σφαιρικές εκτροπές (spherical aberration) και συμμετέχει έτσι στην βελτίωση της ποιότητας των αντιλαμβανόμενων εικόνων από τον οφθαλμό.



Σχήμα 1.4: Κρυσταλλοειδής φακός με (a) σταθερό δείκτη διάθλασης, (b) μεταβαλλόμενο δείκτη διάθλασης

## 1.2 Διαδικασία προσαρμογής

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ο ρόλος του κρυσταλλοειδούς φακού είναι η διατήρηση ευκρινούς ειδώλου στον αμφιβληστροειδή. Έτσι, όταν ο οφθαλμός παρατηρεί έναν μακρινό στόχο, ο ακτινωτός μυς χαλαρώνει και αυξάνει την διάμετρό του, οι ίνες της Ζιννείου ζώνης τεντώνονται και ασκούν εφελκυστικές τάσεις στο περιφάκιο του κρυσταλλοειδούς φακού. Αυτός, ακολουθώντας τις τάσεις εφελκυσμού, αυξάνει την περίμετρό του, μειώνει το πάχος

του και οι επιφάνειές του (πρόσθια και οπίσθια) γίνονται πιο επίπεδες, δηλαδή η ακτίνα καμπυλότητάς τους αυξάνεται. Σε αυτή την γεωμετρία ο κρυσταλλοειδής φακός έχει την μικρότερη διοπτρική του ισχύ και εστιάζει σε μακρινούς στόχους.

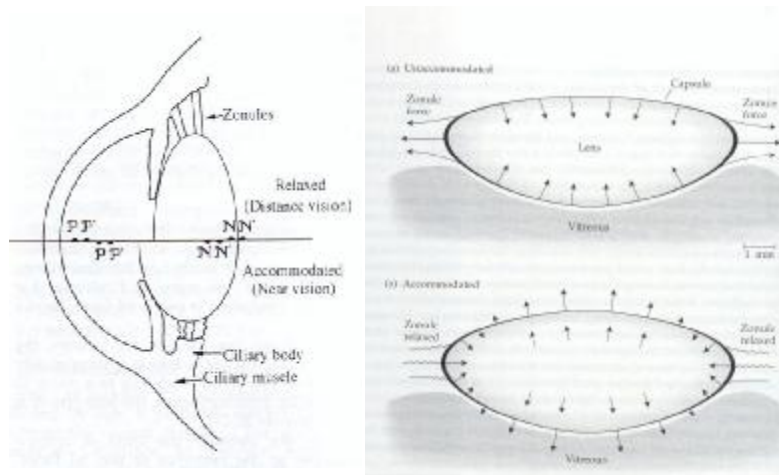
Προκειμένου να επιτευχθεί εστίαση σε έναν κοντινό στόχο θα πρέπει να γίνουν τρεις διαφορετικές ενέργειες:

1. Μύση της κόρης, δηλαδή μείωση της διαμέτρου της, προκειμένου το κοντινό αντικείμενο να εστιαστεί ευκρινώς στον αμφιβληστροειδή.
2. Σύγκλιση των οφθαλμών, ώστε και οι δυο οφθαλμοί να παρατηρούν τον ίδιο στόχο.
3. Προσήλωση – Εστίαση – Προσαρμογή του οφθαλμού.

Η παραπάνω αλληλουχία ενεργειών καλείται και «Τριάδα της κοντινής όρασης».

Η γνώση που υπάρχει σήμερα σχετικά με τον μηχανισμό προσαρμογής στηρίζεται στη θεωρία του Helmholtz (Volume 1 of the Handbuch der Physiologischen Optik, 1856). Κατά την διαδικασία της προσαρμογής, όταν ο οφθαλμός χρειάζεται να εστιάζει από ένα μακρινό στόχο σε ένα κοντινό, το ακτινωτό σώμα συσπάται και προκαλεί χαλάρωση των ινών της Ζιννείου ζώνης. Έτσι ο φακός παίρνει το φυσιολογικό του σχήμα, δηλαδή γίνεται σφαιρικότερος. Αυξάνει το πάχος του στο κέντρο, οι ακτίνες καμπυλότητας των επιφανειών του μειώνονται και οι επιφάνειες του γίνονται πιο κυρτές κατά την προσαρμογή, αλλά η πρόσθια επιφάνεια αυξάνει σε κυρτότητα πάντα περισσότερο από την οπίσθια (λόγω της ύπαρξης του υαλοειδούς).

Όμως, οι αλλαγές της κυρτότητας δεν είναι αρκετές για να δικαιολογήσουν πλήρως την αλλαγή στην διοπτρική ισχύ του φακού. Επίσης, η αύξηση του πάχους του φακού οδηγεί σε μια μείωση στη συνολική διοπτρική ισχύ του οφθαλμού. Κατά την προσαρμογή όμως η πρόσθια επιφάνεια του φακού μετατοπίζεται προς τα εμπρός (προς την ίριδα). Έτσι η επιπλέον ισχύς που δημιουργείται προέρχεται από την πρόσθια μετακίνηση του φακού κατά περίπου 0,2 mm, μειώνοντας ταυτόχρονα και το βάθος του προσθίου θαλάμου (προφανώς όποια οπίσθια μετακίνηση εμποδίζεται από το υαλώδες σώμα). Η μείωση της απόστασης μεταξύ του κερατοειδή χιτώνα και του φακού οδηγεί στην αύξηση της ισχύος που προκύπτει από τον συνδυασμό κερατοειδή - φακού. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι πιθανόν η κατανομή του δείκτη διάθλασης του κρυσταλλοειδή φακού να συνεισφέρει στην αύξηση της συνολικής ισχύος του φακού κατά την προσαρμογή.



Σχήμα 1.5: Κρυσταλλοειδής φακός, τάσεις και χαρακτηριστικά σημεία σε κατάσταση χαλάρωσης (άνω) και σε προσαρμογή (κάτω)

Οι παραπάνω μεταβολές προκαλούν με την σειρά τους αύξηση της διαθλαστικής ικανότητας του κρυσταλλοειδούς φακού και κατά συνέπεια και του οφθαλμού.

Για λόγους πληρότητας θα πρέπει να αναφέρουμε και την θεωρία που παρουσίασε ο Schachar το 1992. Σύμφωνα με την θεωρία του Schachar, κατά τη διάρκεια της προσαρμογής (εστίαση του οφθαλμού σε ένα κοντινό στόχο), η σύσπαση του ακτινωτού σώματος συντελεί στην αύξηση (και όχι την μείωση, σύμφωνα με την περιγραφή του Helmholtz) της τάσης των ινών της ζιννείου ζώνης που προκαλεί «επιπέδωση» της περιφέρειας του φακού και αύξηση της καμπυλότητας στο κέντρο των επιφανειών του. Αυτή η θεωρία όμως καταρρίφθηκε αργότερα (Glasser and Kaufman, 1999) από in vivo μελέτες που έγιναν σε πιθήκους και απέδειξαν ότι το ακτινωτό σώμα και ο φακός μετακινούνται μακριά από τον σκληρό χιτώνα κατά την προσαρμογή, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η διάμετρος του φακού.

Ο μηχανισμός «ερέθισμα - ανταπόκριση» που ενεργοποιεί την διαδικασία της προσαρμογής δεν έχει πλήρως κατανοηθεί. Δηλαδή, δεν έχει διευκρινισθεί πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος γνωρίζει σε ποια κατεύθυνση θα γίνει η μεταβολή του δείκτη διάθλασης όταν ο οφθαλμός έχει ένα θολό είδωλο ως ερέθισμα, παρόλο που υπάρχουν ενδείξεις ότι στον μηχανισμό αυτό πρωτεύοντα ρόλο έχουν οι χρωματικές εκτροπές.

Σε ένα οφθαλμό σε κατάσταση ηρεμίας, όπου η εστίαση γίνεται στο άπειρο, η διαθλαστική ισχύς του φακού είναι περίπου 19 διοπτρίες. Σε έναν οφθαλμό σε κατάσταση προσαρμογής σε απόσταση 10 cm από την πρόσθια επιφάνεια του κερατοειδούς, η διαθλαστική ισχύς του κρυσταλλοειδούς φακού είναι περίπου 30 διοπτρίες.

### 1.3 Πρεσβυωπία

Η πρεσβυωπία είναι η πάθηση κατά την οποία ο οφθαλμός χάνει την δυνατότητα εστίασης σε κοντινά αντικείμενα με την πάροδο του χρόνου. Είναι μία πάθηση η οποία ξεκινά από τα πρώτα χρόνια της ζωής του ανθρώπου και εξελίσσεται, γίνεται όμως αντιληπτή περίπου στη μέση ηλικία (45-55). Το αποτέλεσμα είναι να πραγματοποιούνται δύσκολα οι εργασίες που απαιτούν κοντινή εστίαση (όπως διάβασμα, εργασία σε υπολογιστή κλπ).



Σχήμα 1.6: Φυσιολογική όραση (αριστερά) και πρεσβυωπική όραση (δεξιά)

Οι μυωπικοί οφθαλμοί έχουν ένα προτέρημα ως προς την πρεσβυωπία, καθώς είναι ήδη εστιασμένοι σε ένα κοντινό σημείο όταν ο οφθαλμός είναι σε χαλάρωση. Οι μύωπες που έχουν περίπου 2 βαθμούς μυωπία, είναι εστιασμένοι σε απόσταση 0,5 μέτρα περίπου από τον κερατοειδή, με αποτέλεσμα αυτοί οι άνθρωποι να μην «αισθάνονται» την πρεσβυωπία και να μπορούν να βλέπουν καλά σε κοντινή απόσταση απλά αφαιρώντας τα οπτικά τους βοηθήματα (γυαλιά – φακοί επαφής).

Η πρεσβυωπία έχει γίνει πεδίο μελέτης και έρευνας από τον 17ο αιώνα και μέχρι σήμερα είναι ακόμη ένας τομέας που προκαλεί το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων. Αυτό κυρίως συμβαίνει διότι η πρεσβυωπία είναι μία πάθηση που προκαλείται απλώς από την πάροδο του χρόνου και κανείς δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτήν. Οπότε όλοι οι άνθρωποι άνω των 45 – 50 υποφέρουν από αυτήν, εκτός αν είναι μύωπες όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οπότε τα συμπτώματα της πρεσβυωπίας δεν γίνονται αντιληπτά.

Οι θεωρίες που έχουν μελετηθεί και προταθεί χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες:

#### 1.3.1 Φακικές θεωρίες

Οι φακικές θεωρίες έχουν να κάνουν με τις όποιες ηλικιακές αλλαγές υφίσταται ο φακός. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω κατά την διάρκεια τη προσαρμογής οι ίνες της Ζιννείου ζώνης χαλαρώνουν και το ελαστικό περιβάκιο επανέρχεται στο φυσιολογικό του σχήμα. Όπως παρατηρήθηκε (Fincham, 1937) οι κρυσταλλοειδείς φακοί που αφαιρούνταν in vitro από ηλικιωμένους ανθρώπους άλλαζαν ελάχιστα το σχήμα τους σε σχέση με τους φακούς που

προέρχονταν από νεαρούς ανθρώπους, όταν αφαιρούταν το περιφάκιο. Αυτό συμβαίνει διότι οι φακαίες ίνες που δημιουργούνται από το επιθήλιο (στην έσω επιφάνεια του προσθίου περιφακίου) επικάθονται πάνω στις παλαιές, οι οποίες δεν μπορούν από κάπου να διαφύγουν. Έτσι ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός των ινών πληρεί τον όγκο του περιφακίου, αυτές συγκολλούνται μεταξύ τους και δημιουργείται μια «σκλήρυνση» της ιδίου ουσίας του φακού. Αυξάνεται το πάχος του φακού, το βάρος του και ο όγκος του, ο φακός γίνεται πιο σφαιρικός και πιο άκαμπτος. Επίσης, από άλλες μελέτες (Fisher 1973, Glasser and Campbell 2000) παρατηρήθηκε ότι τόσο η ελαστικότητα του φακού όσο και η ελαστικότητα του περιφακίου μειώνονται με την πάροδο του χρόνου. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι φακικές θεωρίες υποστηρίζουν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της μείωσης της προσαρμοστικής ικανότητας οφείλεται σε μεταβολές στην ελαστικότητα του φακού και του περιφακίου.

### 1.3.2 Εξωφακικές θεωρίες

Αυτές οι θεωρίες περιγράφουν τις μεταβολές που συμβαίνουν εκτός του φακού. Αυτές είναι οι ηλικιακές αλλαγές που συμβαίνουν στο ακτινωτό σώμα, τη Ζίνναιο ζώνη, το υαλοειδές σώμα, την ίριδα, το χοριοειδή και το σκληρό χιτώνα. Πολλές μελέτες έχουν γίνει για να περιγράψουν αυτές τις αλλαγές με σημαντικότερη ίσως αυτή του Schachar το 1996. Μια άλλη θεωρία της πρεσβυωπίας βασίζεται στην ηλικιακή αλλαγή της γεωμετρίας της σύνδεσης των ινών της Ζίνναιο ζώνης με τον φακό (γνωστή ως γεωμετρική θεωρία Koretz JF, Handelman GH, 1983). Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, λόγω της αύξησης του όγκου (και του πάχους) του φακού και της πρόσθιας και προς τα έσω μετατόπισης του ακτινωτού μυ με την ηλικία, μειώνεται το διάστημα μεταξύ του φακού και του ακτινωτού μυ. Ως αποτέλεσμα αλλάζει η γωνία προσκόλλησης των ινών στον ισημερινό του φακού με συνέπεια να μειώνεται η ικανότητα των ινών να ασκούν δυνάμεις τάνυσης στον φακό. Η μείωση των δυνάμεων τάνυσης οδηγούν στην αυξανόμενη καμπυλότητα του φακού και στον περιορισμό της προσαρμογής. Η ίδια θεωρία προτείνει ως κύριο αιτιολογικό παράγοντα της πρεσβυωπίας την αύξηση του μεγέθους του φακού χαρακτηρίζοντας τις φακικές αλλαγές ως το αποτέλεσμα παρά την αιτία της πρεσβυωπίας. Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν πειραματικά αποτελέσματα που να υποστηρίζουν τη γεωμετρική θεωρία. Επίσης έχει αποδειχθεί πως οι αλλαγές στην φυσιολογία του ακτινωτού μυ (αν και υφίστανται) παίζουν πολύ μικρό ρόλο στην πρεσβυωπία και συμβαίνουν σε μεγάλες ηλικίες (Pardue MT, Sivak JG).

### 1.3.3 Πολυπαραγοντικές θεωρίες

Οι λεγόμενες πολυπαραγοντικές θεωρίες συνδυάζουν τις παραπάνω θεωρίες προκειμένου να μπορέσουν να εξηγήσουν την πρεσβυωπία. Παρόλα αυτά δεν έχει μέχρι σήμερα διευκρινισθεί αν οι μεταβολές στον ακτινωτό μυ και τον κρυσταλλοειδή φακό συμβαίνουν ταυτόχρονα ή οι μεν είναι συνέπεια των δε. Στον ανθρώπινο οφθαλμό, ο φακός χάνει την ελαστικότητα του, ενώ η κίνηση του ακτινωτού μυός κατά την διάρκεια της προσαρμογής μειώνεται με την πάροδο της ηλικίας. Είναι πιθανό ότι ο κρυσταλλοειδής φακός γίνεται λιγότερο ελαστικός διότι ο ακτινωτός μυς χάνει την δυνατότητα του να αλληλεπιδράσει με αυτόν. Επίσης είναι πιθανό ότι η κίνηση του ακτινωτού μυός μειώνεται από την αδυναμία μεταβολής του κρυσταλλοειδούς φακού λόγω μειωμένης ελαστικότητας του. Είναι επίσης πιθανό ότι όλες οι ηλικιακές μεταβολές που αναφέρθηκαν προηγουμένως να συμβαίνουν ταυτόχρονα υποδηλώνοντας μία ενιαία «αποτυχία του συστήματος προσαρμογής» (Dubbelman M, Van der Heijde GL, Weeber HA).

Τελικά με τα μέχρι σήμερα στοιχεία, οι πρωταρχικές μεταβολές που συντελούν στην εμφάνιση της πρεσβυωπίας είναι η μείωση της ελαστικότητας του κρυσταλλοειδούς φακού και η μειωμένη δυνατότητα κίνησης του ακτινωτού μυός.

#### **1.4 Πρεσβυοπικός Πληθυσμός: μια συνεχώς αυξανόμενη καταναλωτική ομάδα**

Κάθε ενήλικας κάποια στιγμή θα γίνει πρεσβύωπας και, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ευρώπης είναι μεγάλης ηλικίας, το κομμάτι αυτό της αγοράς φαίνεται να αποτελεί μια μεγάλη ευκαιρία για τους οπτικούς.

Η πρεσβυωπία είναι ένα φυσικό επακόλουθο της διαδικασίας της γήρανσης, η οποία ξεκινά από την ηλικία των 40 και συμβαίνει σε όλους. Για τους επαγγελματίες οπτικούς, οι πρεσβύωπες αποτελούν ένα μέρος της αγοράς που θα συνεχίσει να αυξάνεται συνεχώς. Οι προοδευτικοί φακοί είναι η βασική λύση για τη φυσιολογική αυτή αλλαγή – ιδιαίτερα αφού η γκάμα των προϊόντων για τους πρεσβύωπες μεγαλώνει διαρκώς.

Η αγορά αυτή φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης είναι μεγάλης ηλικίας. Αυτό σημαίνει ότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι παρουσιάζουν τα πρώτα σημάδια της πρεσβυωπίας, ενώ το ίδιο γεγονός δίνει στους οπτικούς μια υπόσχεση για καινούργιους πελάτες. Επίσης, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε τις αυξανόμενες ανάγκες για προστασία των ανθρώπων που έχουν ήδη προσβληθεί από πρεσβυωπία.

Οι πωλήσεις που έχουν σχέση με την αγορά γυαλιών πρεσβυωπίας έχουν λαμπρό μέλλον καθώς, δεδομένης της αύξησης του μέσου όρου ζωής, οι πρεσβύωπες θα συνεχίζουν να αντικαθιστούν τα γυαλιά τους για μια περίοδο πολλών χρόνων. Οι πρεσβύωπες που φοράνε για πρώτη φορά γυαλιά δέχονται πολύ πιο εύκολα τους νέους φακούς αντί για τους διπλεστιακούς, οι οποίοι παραμένουν πρώτοι στις πωλήσεις σε πελάτες πιο ηλικιωμένους που έχουν συνηθίσει το προϊόν αυτό και δεν είναι διατεθειμένοι να το αλλάξουν.

#### **1.5 Αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας**

Εφόσον η πρεσβυωπία είναι μια πάθηση από την οποία οι περισσότεροι άνθρωποι κάποια στιγμή θα υποφέρουν, έχουν αναπτυχθεί πολλοί τρόποι και διαδικασίες προκειμένου να αντιμετωπιστεί. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι όλες οι διαδικασίες και όλα τα μέσα αντιμετώπισης, αυτό που διορθώνουν είναι το διαθλαστικό σφάλμα το οποίο δημιουργεί η πρεσβυωπία και όχι αυτή καθ' εαυτή την πάθηση. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί κάποιος τρόπος να αποτραπεί η εξέλιξη της πρεσβυωπίας.

##### **1.5.1 Μη επεμβατικές μέθοδοι**

**Οφθαλμικοί φακοί :** Μπορούν να προσαρμοστούν σε σκελετούς γυαλιών και να είναι μονοεστιακοί, διπλεστιακοί ή πολυεστιακοί, αναλόγως με την θέληση του εκάστοτε ανθρώπου.

**Φακοί επαφής:** Μπορούν επίσης να δημιουργηθούν φακοί επαφής (μονοεστιακοί, διπλεστιακοί ή πολυεστιακοί) ώστε να μην υπάρχει ανάγκη χρήσης γυαλιών. Βέβαια αυτό σημαίνει ότι ίσως χρειάζονται γυαλιά για τις μακρινές παρατηρήσεις.

### 1.5.2 Επεμβατικές μέθοδοι

**Monovision:** Η διαδικασία Monovision στην ουσία είναι η διόρθωση του μη επικρατούντος οφθαλμού σε κοντινή απόσταση (40 – 60 cm, απόσταση διαβάσματος) και του επικρατούντος οφθαλμού σε μακρινή απόσταση (>6 m). Αυτή η διόρθωση πριν εφαρμοστεί πρέπει πρώτα να εξεταστεί εάν ο ασθενής την ανέχεται και δεν έχει προβλήματα ζάλης, έλλειψης ισορροπίας και προσανατολισμού. Έτσι ο ασθενής πρώτα περνάει από ένα τεστ ανοχής και στη συνέχεια αποφασίζει εάν θα συνεχίσει στην διόρθωση Monovision. Αυτή η διόρθωση μπορεί να γίνει και μη επεμβατικά με φακούς επαφής, όπου ο ένας διορθώνει κοντά και ο άλλος μακριά. Όμως τα τελευταία χρόνια μπορεί να γίνει και επεμβατικά με ενδοφακούς, ενθέματα και με τεχνικές εφαρμογών Laser όπως το Excimer Laser και το Femtosecond Laser.

**Intraocular Lenses (IOL) – Ενδοφθάλμιοι φακοί :** Οι ενδοφθάλμιοι φακοί δημιουργήθηκαν προκειμένου να αντικαθιστούν τον κρυσταλλοειδή φακό του οφθαλμού όταν αυτός πρέπει να αφαιρεθεί. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις καταρράκτη κυρίως αλλά ταυτόχρονα μπορούν να διορθώσουν και την πρεσβυωπία. Γι' αυτόν το λόγο, υπάρχει μεγάλη εξέλιξη στους ενδοφακούς: μονοεστιακοί, διπλεστιακοί, πολυεστιακοί, προσαρμοστικοί ενδοφακοί από διάφορα είδη πολυμερικών υλικών και σιλικόνων. Η διαδικασία ένθεσης γίνεται μέσω μιας μικρής τομής στον κερατοειδή. Γίνεται τομή και ρήξη του πρόσθιου περιφακίου (πρόσθια καυσολόρηξη) και τεμαχισμός του καταρρακτικού φακού σε μικρά κομμάτια με χρήση υπερήχων. Στη συνέχεια γίνεται αναρρόφηση του τεμαχισμένου φακού και ένθεση του ενδοφακού μέσω ειδικού συριγγίου, το οποίο εισάγει τον φακό αναδιπλωμένο και μετά αυτός παίρνει το κανονικό του σχήμα. Τα τελευταία χρόνια για την τομή στον κερατοειδή και τον τεμαχισμό του κρυσταλλοειδούς φακού γίνεται χρήση Femtosecond Laser το οποίο προσφέρει μεγάλη ακρίβεια και άνεση σε όλη την χειρουργική διαδικασία.

**Σκληρικά ενθέματα και σκληρικές τομές :** Μια ακόμη μέθοδος που στηρίζεται πάνω στις θεωρίες του Schachar είναι τα σκληρικά ενθέματα και οι τομές στον σκληρό χιτώνα προκειμένου να αποκατασταθεί η σωστή λειτουργία του ακτινωτού σώματος με τον κρυσταλλοειδή φακό.

**PresbyLasik:** Οι εφαρμογές των Excimer Lasers είναι πλέον πολύ γνωστές και διαδεδομένες στον χώρο της διαθλαστικής χειρουργικής. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε μια σειρά επεμβάσεων διόρθωσης αμετροπιών όπως μυωπία, πρεσβυωπία και αστιγματισμός με σχεδόν αλάνθαστα αποτελέσματα. Τα ίδια Lasers μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διορθώσουν την πρεσβυωπία σε συνδυασμό με την τεχνική Monovision. Ο μη επικρατών οφθαλμός διορθώνεται σε κοντινή απόσταση για μικρή διάμετρο κόρης και σε μακρινή απόσταση για μεγάλη διάμετρο, ενώ ο επικρατών είναι διορθωμένος για μακριά (είτε με χρήση φακού επαφής είτε με εφαρμογή Laser εφόσον χρειάζεται διόρθωση).

**IntraCOR (Intrastromal presbyopia Correction):** Μια νέα μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για την διόρθωση της πρεσβυωπίας είναι η ονομαζόμενη IntraCOR. Σε αυτήν τη μέθοδο γίνεται εφαρμογή παλμών Femtosecond Laser εντός του στρώματος του κερατοειδούς (του μη επικρατούντος οφθαλμού) σε διάταξη ομόκεντρων δακτυλίων με κέντρο τον άξονα της όρασης. Αυτές οι ενδοκερατοειδικές τομές χαλαρώνουν τον κερατοειδή ο οποίος λόγω της ενδοφθάλμιας πίεσης σπρώχνεται ελάχιστα προς τα έξω, δημιουργώντας ένα μυωπικό φαινόμενο στον οφθαλμό. Είναι μια αμφιλεγόμενη τεχνική καθώς αν ο ασθενής για τον οποιοδήποτε λόγο δεν είναι ευχαριστημένος από το αποτέλεσμα της επέμβασης, δεν υπάρχει τρόπος διόρθωσης του αποτελέσματος αυτού.



**Ενδοκερατοειδικά ενθέματα :** Τα ενδοκερατοειδικά ενθέματα είναι μια καινούργια μέθοδος αντιμετώπισης των διαθλαστικών προβλημάτων που προκαλεί η πρεσβυωπία. Αυτά τα ενθέματα τοποθετούνται στο στρώμα του κερατοειδούς (σε βάθος 200 – 400 μm) και με κέντρο τον άξονα όρασης ή την γραμμή όρασης που περνά από το κέντρο της κόρης. Έχουν διάμετρο περίπου 3 mm και πάχος μεταξύ 30 – 40 μm. Τοποθετούνται στον μη επικρατών οφθαλμό (monovision) και χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τα περιθλαστικά και τα διαθλαστικά ενθέματα. Τα περιθλαστικά ενθέματα είναι αυτά τα οποία είναι φτιαγμένα από υλικό που δεν διαθλά το φως και φέρουν μια μικρή οπή (pinhole) στο κέντρο τους. Αυτά στηρίζονται στο φαινόμενο της περίθλασης του φωτός μέσω της μικρής κόρης εισόδου που έχουν. Όπως είναι γνωστό από την οπτική, μικρή κόρη εισόδου δημιουργεί μεγάλο βάθος πεδίου οπότε ο οφθαλμός είναι προσαρμοσμένος τόσο σε κοντινούς στόχους όσο και σε μακρινούς. Τα διαθλαστικά ενθέματα είναι στην ουσία θετικοί φακοί οι οποίοι διαθλούν το φως και έχουν τους αντίστοιχους βαθμούς που χρειάζεται ο ασθενής ώστε να μπορεί να διαβάσει και να εργάζεται σε κοντινή απόσταση.

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Οφθαλμικοί Φακοί

Οι οφθαλμικοί φακοί μαζί με τους φακούς επαφής είναι η συνηθέστερη μέθοδος διόρθωσης των διαθλαστικών σφαλμάτων του οφθαλμού. Ο σχεδιασμός των εμπορικά διαθέσιμων οφθαλμικών φακών διαφέρει ανάλογα με την επιθυμητή διόρθωση. Οι περισσότεροι φακοί που κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο είναι οργανικοί. Στο ευρύ κοινό αναφέρονται και ως πλαστικοί. Οι οργανικοί φακοί επικράτησαν των κρυστάλλινων λόγω μεγαλύτερης ασφάλειας και ανθεκτικότητας. Μειονεκτήματά είναι το μεγαλύτερο πάχος και η μεγαλύτερη ευκολία στις χαραγές, τα οποία αντιμετωπίστηκαν με διάφορες τεχνικές. Τέτοιες είναι οι αντιχαρακτικές επιστρώσεις και η λέπτυνση. Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζονται φακοί με διαφορετικό δείκτη διάθλασης που δίνει μικρότερο πάχος στις ίδιες διοπτρίες.

Η οπτική διόρθωση της πρεσβυωπίας, φυσικά, γίνεται με θετικούς φακούς που αναπληρώνουν την πρόσθετη θετική διαθλαστική δύναμη που απαιτείται για κοντά και που η ανεπαρκούσα προσαρμογή δεν μπορεί να προσφέρει.

Το πρόσθετο θετικό σφαιρώμα μπορεί να δοθεί είτε με τη μορφή ξεχωριστών γυαλιών για κοντά, είτε με τη μορφή διπλοεστιακών ή πολυεστιακών γυαλιών.

### 2.2 Προσδιορισμός της κοντινής διόρθωσης

Όσον αφορά τον προσδιορισμό του πρόσθετου θετικού σφαιρώματος για κοντά, στους ασθενείς με πρεσβυωπία, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε στην μακρινή διόρθωση όλων, ανεξαιρέτα των ασθενών, το διοπτρικό ισοδύναμο της απόστασης εργασίας π.χ. για απόσταση 33 mm, + 3,0 D. Η τακτική αυτή θα εξασφάλιζε σίγουρα καλή κοντινή όραση και θα απάλλαζε τον ασθενή από αλλαγές των γυαλιών του κατά την πρόοδο της πρεσβυωπίας του. Ωστόσο, μια τέτοια τακτική δεν είναι σωστή για τους παρακάτω λόγους:

- Η άνετη όραση για κοντά δεν εξασφαλίζεται μόνο με την εστίαση στον αμφιβληστροειδή της εικόνας του αντικειμένου, αλλά και με την κατάλληλη σύγκλιση των αξόνων της όρασης. Μια πλήρης κατάργηση της προσαρμογής ακολουθούμενη από κατάργηση και της προσαρμοστικής σύγκλισης μπορεί να ακολουθηθεί από συμπτώματα κοπιωπίας.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το πρόσθετο θετικό σφαιρώμα για κοντά, τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση των προσαρμοστικών εφεδρειών του ατόμου και τόσο πιο περιορισμένο το εύρος της απόστασης μπροστά από τα μάτια του μέσα στο οποίο μπορεί να δει καθαρά. Αν λοιπόν ο ασθενής έχει ακόμα προσαρμοστικές εφεδρείες δεν υπάρχει λόγος να τις στερηθεί πρώιμα.
- Η χορήγηση τόσο ισχυρών φακών σε μία δόση μπορεί να μη γίνει καλά ανεκτή, ιδίως αν ο ασθενής φοράει για πρώτη φορά γυαλιά.

Ο καλύτερος τρόπος για τον προσδιορισμό του κοντινού σφαιρώματος είναι η υποκειμενική εξέταση. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσδιορισμού της διόρθωσης για κοντά, που είναι αντικειμενικοί ( δυναμική σκιασκοπία ), υποκειμενικοί ( με σταυροειδή κύλινδρο, διχρωματική δοκιμασία ) ή με υπολογισμούς ( προσδιορισμός του εύρους προσαρμογής και υπολογισμός του πρόσθετου σφαιρώματος που αφήνει το μισό του εύρους σε εφεδρεία ) κ.λ.π. Οι τρόποι αυτοί σπάνια χρησιμοποιούνται στην πράξη ενώ ο απλός υποκειμενικός τρόπος είναι απόλυτα ικανοποιητικός.

Το εύρος της όρασης είναι τόσο περιορισμένο, όσο ισχυρότερο είναι το πρόσθετο σφαίρωμα που έχει χορηγηθεί. Αυξομειώνοντας το σφαίρωμα κατά 0,25 D φέρνουμε το μέσο του εύρους στην επιθυμητή απόσταση εργασίας. Θα πρέπει να επισημάνουμε στο σημείο αυτό ότι:

- 1.** Δεν πρέπει να χορηγούνται πρεσβυωπικά γυαλιά όταν δεν υπάρχουν συμπτώματα. Όταν αποφασιστεί η χορήγησή τους, η επιλογή του ασθενέστερου πρόσθετου σφαιρώματος είναι συνήθως καλή επιλογή.
- 2.** Ένας υπερμέτρωπας που δεν χρειάζεται γυαλιά για μακριά, μπορεί να εμφανίσει συμπτώματα πρεσβυωπίας σε νεότερη ηλικία. Σε αυτόν τον ασθενή η χορήγηση της μακρινής διόρθωσης για κοντινή χρήση είναι η καλύτερη λύση.
- 3.** Το μέγεθος του κάτω τμήματος των διπλοεστιακών πρέπει να καθορίζεται από το ποσοστό του χρόνου που αφιερώνεται στην κοντινή εργασία. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το ποσοστό, τόσο ευρύτερο πρέπει να είναι το κάτω τμήμα.
- 4.** Αν υπάρχει σημαντικού βαθμού ανισομετρωπία, είναι προτιμότερο να δίνονται δύο ζεύγη γυαλιών ( για μακριά και για κοντά ) παρά διπλοεστιακά, γιατί η όραση από το κάτω τμήμα των γυαλιών, μακριά από τα οπτικά κέντρα, προκαλεί σημαντική πρισματική εκτροπή, που επειδή διαφέρει μεταξύ των δύο ματιών μπορεί να προκαλέσει κάθετη φορία με έντονα ενοχλήματα, ή διπλωπία.
- 5.** Οι ασθενείς της πρώτης πρεσβυωπικής ηλικίας, συχνά, αντιδρούν στη χρήση διπλοεστιακών γυαλιών για λόγους αισθητικούς και κοινωνικούς ( η διαχωριστική γραμμή προδίδει την ηλικία ). Η καλύτερη λύση για τις περιπτώσεις αυτές είναι η χορήγηση πολυεστιακών γυαλιών. Η χορήγηση των πρώτων πρεσβυωπικών γυαλιών σε τύπο πολυεστιακού έχει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι στη φάση αυτή το πρόσθετο σφαίρωμα για κοντά είναι μικρό και δίνεται η ευκαρία στον ασθενή να συνηθίσει τα γυαλιά αυτά πριν η πρόοδος της ηλικίας του απαιτήσει τη χορήγηση ισχυρότερων πρόσθετων σφαιρωμάτων.
- 6.** Η επιλογή του τύπου του διπλοεστιακού (flat – top ή round – top) έχει άμεση σχέση με τη μακρινή διόρθωση και πρέπει να αποβλέπει στην εξουδετέρωση (όπου αυτό είναι δυνατόν ) των δύο φαινομένων, του « οπτικού άλματος » και της « οπτικής παρεκτόπισης ».
- 7.** Αν η μακρινή διόρθωση είναι μυωπική, ο τύπος flat – top μειώνει και το οπτικό άλμα και την οπτική παρεκτόπιση και πρέπει να προτιμάται.
- 8.** Αν η μακρινή διόρθωση είναι υπερμετρωπική ο τύπος flat – top μειώνει το άλμα, αυξάνει, όμως, την παρεκτόπιση, ενώ ο τύπος round – top μειώνει την παρεκτόπιση, αυξάνει, όμως, το άλμα. Στην περίπτωση αυτή αντιμετωπίζουμε το δίλημμα, να ανεχθούμε την παρεκτόπιση, δίνοντας flat – top, ή να ανεχθούμε το άλμα δίνοντας round – top. Μια σωστή άποψη είναι ότι η παρεκτόπιση γίνεται καλύτερα ανεκτή, γιατί ο ασθενής μπορεί να προσαρμοστεί στη νέα φαινομενική θέση των πραγμάτων, ενώ η προσαρμογή στο οπτικό άλμα δεν είναι δυνατή.

### 2.3 Η κοντινή προσθήκη (addition)

Οι οπτικές ανάγκες ενός προσώπου απαιτούν συχνά διαφορετικές δυνάμεις φακών για τις διαφορετικές αποστάσεις. Αυτές οι αποστάσεις απαιτούν δυνάμεις φακών πέρα από αυτήν που παρέχεται στο σημαντικότερο μέρος του φακού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τροποποίησης ενός φακού σε ένα εντοπισμένο μέρος για μια συγκεκριμένη ανάγκη.

Αν δεν απαιτείται καμία διόρθωση για την μακρινή απόσταση, ο μόνος παράγοντας που εξετάζεται είναι η απαραίτητη δύναμη θετικών φακών. Εάν ο κομιστής έχει μια διόρθωση για την μακρινή απόσταση, η απαραίτητη δύναμη πρέπει να "προστεθεί" σε αυτή που φοριέται ήδη. Ως εκ τούτου και ο όρος κοντινή προσθήκη (addition). Η κοντινή προσθήκη αποτελείται συνήθως από ένα τμήμα που τοποθετείται στη χαμηλότερο μέρος του φακού. Για αυτόν τον λόγο αναφέρεται συχνά ως κοντινό τμήμα ή, με βραχυνόμενη μορφή, το **seg**. Η καθαρή δύναμη ως αποτέλεσμα του συνδυασμού του addition (add) και της δύναμης για την μακρινή απόσταση καλείται κοντινή δύναμη, ή κοντινό **Rx**.

Η δύναμη του add γράφεται με μορφή συνταγών, παραδείγματος χάριν, όπως:

**O.D. +1.00 D sph**

**O.S. +1.25 D sph**

**add O.U. 2.00 D**

Από αυτό γίνεται κατανοητό ότι και οι δύο φακοί πρόκειται να περιέχουν ένα κοντινό τμήμα του οποίου η δύναμη είναι δύο θετικές διοπτρίες περισσότερο από το μακρινό μέρος του φακού. Στο ανωτέρω παράδειγμα, δεδομένου ότι μια προσθήκη δίνεται στη μακρινή διόρθωση, η μετρημένη δύναμη μέσω του μακρινού τμήματος του δεξιού φακού είναι + 1.00 D sphere, και η μετρημένη δύναμη μέσω του κοντινού τμήματος είναι + 3.00 D sphere.

Πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, ένα παράδειγμα ενός συνδυασμού σφαιρο-κυλίνδρων μπορεί να εξεταστεί. Εάν ένας φακός έχει μια δύναμη για την μακρινή απόσταση + 2,00 -0,75 X 180 με ένα 2,00 D add, κατόπιν η πραγματική μετρημένη δύναμη μέσω της κοντινού τμήματος θα είναι + 4,00 -0,75 X 180. Η συνολική κοντινή δύναμη περιέχει ακόμα την ίδια δύναμη κυλίνδρων. Ανεξάρτητα αν το μακρινό τμήμα είναι θετικό ή αρνητικό στη δύναμη, το κοντινό τμήμα είναι ακόμα το αλγεβρικό άθροισμα της δύναμης για την μακρινή απόσταση και του add.

### 2.4 Διπλεστικαί φακοί

Όταν ένα άτομο απαιτεί διαφορετική διόρθωση για την μακρινή και την κοντινή όραση, οι δύο συνταγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα ζευγάρι γυαλιών, με την μορφή των διπλεστικαίων φακών.

Διπλεστικός καλείται ο φακός που προσφέρει ευκρινή όραση, για δύο σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από ένα πρεσβυωπικό μάτι, απλά και μόνο με την μετακίνηση του βλέμματος από την μακρινή στην κοντινή περιοχή του φακού.

Ο διπλεστικός φακός έχει δύο περιοχές (segments) διαχωρισμένες μεταξύ τους με την αντίστοιχη εστιακή δύναμη, για την ανάλογη απόσταση όρασης. περιοχή του φακού που

χρησιμοποιείται για την μακρινή όραση καλείται μακρινή περιοχή, ή DP και η περιοχή που χρησιμοποιείται για την κοντινή όραση καλείται περιοχή κοντινής όρασης ή περιοχή ανάγνωσης ή NP. Η μεγαλύτερη από τις δύο αυτές περιοχές αναφέρεται ως η μέγιστη περιοχή.

Οι διπλεστικά φακοί αποτελούνται από δύο μέρη, τον «ΚΥΡΙΟ ΦΑΚΟ», ο οποίος είναι το τμήμα της μακρινής όρασης (με εξαίρεση τα διπλεστικά άνω εστίας) και αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του φακού, στον οποίο είναι προσκολλημένο ένα συμπληρωματικό τμήμα (segment) φακού που αποτελεί την περιοχή της κοντινής όρασης, καταλαμβάνει μικρότερη περιοχή και καλείται «ΕΣΤΙΑ». Η διάμετρος της εστίας κυμαίνεται, ανάλογα με τον σκοπό και τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθούν τα διπλεστικά γυαλιά και δεν ξεπερνά τα 40 mm και η ισχύς της είναι η προσθήκη (addition ) που απαιτείται για την διάμεση ή την κοντινή όραση.

«Addition» ( ή πρόσθετη δύναμη για κοντά ) καλείται το μέγεθος της θετικής σφαιρικής δύναμης που προστίθεται στην διόρθωση της μακρινής όρασης για να δοθεί η ισχύς του κοντινού ή ενός ενδιάμεσου τμήματος. Όταν το τμήμα (segment) είναι ενσωματωμένο στην πρόσθια επιφάνεια ενός φακού, η εστιακή ισχύς της προσθήκης (Addition) μετριέται ως η διαφορά μεταξύ των πρόσθιων δυνάμεων κορυφής των μακρινών και των αντίστοιχων περιοχών του τμήματος (segment). Όταν το τμήμα (segment) είναι ενσωματωμένο στην οπίσθια επιφάνεια του φακού, η προσθήκη (Addition) μετριέται ως η διαφορά μεταξύ των οπίσθιων δυνάμεων κορυφής των μακρινών και των αντίστοιχων περιοχών του τμήματος (segment ).

Όταν στη συνταγή υπάρχει κύλινδρος, τοποθετείται σύμφωνα με τον άξονα που έχει ορισθεί και σπάνια αλλάζει μοίρες από την μακρινή εστία προς την κοντινή. Το Addition παίρνει τιμές από + 0.75 DS ως + 3.50 DS.

#### **2.4.1 Βασικά στοιχεία διπλεστικών φακών**

Τα βασικά στοιχεία ενός διπλεστικού φακού είναι :

**A)** Ο κύριος φακός, που αφορά την μακρινή όραση και στον οποίο ένα ή περισσότερα τμήματα (segments) προστίθενται για να δημιουργήσουν έναν διπλεστικό ή πολυεστικό φακό.

**B)** Η Εστία ή segment, που αφορά την κοντινή όραση.

**Γ) d**, η διαχωριστική γραμμή (MN ), που είναι το όριο που διαχωρίζει δύο παράπλευρα τμήματα ενός διπλεστικού ή πολυεστικού φακού, δηλαδή την περιοχή της μακρινής όρασης, από την περιοχή της κοντινής όρασης και ανάλογα με το σχήμα του SEG, μπορεί να είναι καμπύλη ή ευθεία γραμμή.

**Δ) T**, η Κορυφή του SEG που είναι ένα ή περισσότερα σημεία επαφής της καμπύλης που σχηματίζει το ανώτερο όριο του τμήματος ( segment ) (φανταστικό εάν είναι κομμένο από ένα τόξο επανόδου ), με μια οριζόντια εφαπτόμενη πάνω στη διαχωριστική γραμμή, ή στην περίπτωση της ευθείας κορυφής του seg, το μέσο σημείο της ευθείας κορυφής. Αυτό εφαρμόζεται μόνο στο τμήμα ( segment ) του χαμηλότερου τμήματος του φακού.

## 2.4.2 Τύποι διπλεστικιών

### 1. Διάκριση ως προς την μέθοδο κατασκευής της εστίας

- Σχιστού τύπου – SPLIT
- Συγκολλημένα τύπου – CEMENTED
- Κρυφά συγκολλημένα τύπου KRYPTOK – CEMENTED
- Χωνευτά τύπου – FUSED
- Διαμορφωμένα χωνευτά τύπου – UNIVIS
- Διαμορφωμένα χωνευτά τύπου – PANOPTIC
- Συμπαγή διπλεστικά τύπου – SOLID ή μονοκόμματα (ONE – PIECE)
- Αόρατα συμπαγή (INVISIBLE SOLID)
- Ορατά συμπαγή (VISIBLE SOLID)
- Συμπαγή ευθείας γραμμής (STRAIGHT – LINE)
- Συμπαγή χωρίς ραφή (SEAMLESS)
- Πρισματικά διπλεστικά (PRISM – SEG)
- Διπλεστικά άνω εστίας – UPCURVE

### 2. Διάκριση ως προς το σχήμα της εστίας

- Τύπος KRYPTOK ή « ROUND – TOP »
- Τύπος EXECUTIVE
- Τύπος TILLYER
- Τύπος FLAT – TOP

### 3. Διάκριση ως προς το υλικό κατασκευής

Τα υλικά κατασκευής των οφθαλμικών φακών μπορούν να χωριστούν σε υλικά από γυαλί και υλικά από πλαστικό.

#### α. Οφθαλμικοί φακοί από γυαλί:

**Στεφανύαλος (crown glass):** Αποτελεί το τυπικό είδος γυαλιού για την κατασκευή οφθαλμικών φακών. Λόγω του χαμηλού δείκτη διάθλασης σε σχέση με άλλα υλικά (εκτός του CR39), οι φακοί από στεφανύαλο είναι παχύς και βαρείς, στη περίπτωση μεγάλων διορθώσεων. Η χρήση αυτού του υλικού έχει τελευταία περιοριστεί.

**Γυαλί με υψηλό δείκτη διάθλασης.** Κατασκευάστηκε για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του πάχους των ισχυρών φακών. Είναι διαθέσιμο σε 1.6, 1.7 και 1.8 δείκτες διάθλασης. Τα υλικά με υψηλό δείκτη διάθλασης μειώνουν το κεντρικό πάχος των θετικών φακών. Στους φακούς αυτούς, ωστόσο, χρησιμοποιείται οξείδιο του τιτανίου και έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από την στεφανύαλο. Έτσι, ένας φακός από γυαλί με υψηλό δείκτη διάθλασης μπορεί να είναι πολύ λεπτότερος και ταυτόχρονα βαρύτερος από ένα φακό από στεφανύαλο. Άλλο μειονέκτημα των φακών αυτών είναι ο χαμηλός αριθμός του Abbe, κάτι που συνεπάγεται μεγάλη χρωματική εκτροπή στην περιφέρεια στη περίπτωση υψηλών διορθώσεων. Για τους παραπάνω λόγους συνιστάται η τοποθέτηση των φακών αυτών σε μικρούς σκελετούς.

**Flint.** Παλαιότερος τύπος γυαλιού με υψηλό δείκτη διάθλασης. Κατασκευάζεται με προσθήκη οξειδίων του μολύβδου στο μίγμα του γυαλιού. Σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι

δεν είναι δυνατή η επεξεργασία για αύξηση της αντοχής του στη θραύση, όπως το γυαλί με οξειδία τιτανίου. Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο εργαστηριακά για προστασία των τεχνικών ακτινολογικών μηχανημάτων από τις ακτίνες X.

## **β. Οφθαλμικοί φακοί από πλαστικό**

**CR-39.** Το υλικό αυτό αποτελεί το τυπικό είδος πλαστικού για την κατασκευή οφθαλμικών φακών. Το CR-39 έχει πιο χαμηλό δείκτη διάθλασης από την στεφανύαλο και οι φακοί από αυτό το υλικό είναι παχύτεροι. Ωστόσο, το CR-39 έχει το μισό, περίπου, ειδικό βάρος από την στεφανύαλο, με αποτέλεσμα οι φακοί τελικά να έχουν το μισό, σχεδόν, βάρος.

Οι φακοί από CR-39 όπως και αυτοί από στεφανύαλο έχουν τους μεγαλύτερους αριθμούς Abbe από όλα τα υλικά οφθαλμικών φακών κάτι που μεταφράζεται σε μικρότερη χρωματική εκτροπή, κάτι που δεν έχει σημασία για φακούς με δύναμη χαμηλότερη από  $\pm 5.00 \pm 6.00D$ .

**Polycarbonate.** Το υλικό αυτό έχει μεγάλη αντοχή στη θραύση, υψηλό δείκτη διάθλασης (1.59) και χαμηλό ειδικό βάρος (1.20). Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν την κατασκευή πολύ λεπτών και ελαφρών φακών. Παρουσιάζει χαμηλό αριθμό Abbe και συνεπώς μεγαλύτερη περιφερική χρωματική εκτροπή από άλλα υλικά, που γίνεται αισθητή σε υψηλές διορθώσεις.

**Πλαστικά με υψηλό δείκτη διάθλασης.** Τα πλαστικά αυτά διατίθενται με δείκτες διάθλασης 1.54, 1.56, 1.58, 1.60 και 1.67. Έχουν πολύ χαμηλό ειδικό βάρος. Οι αριθμοί Abbe των υλικών αυτών ποικίλλουν. Όλα όμως έχουν χαμηλότερους αριθμούς Abbe από την στεφανύαλο και το CR-39 και υψηλότερους από το polycarbonate. Για τη κατασκευή θετικών φακών οι περισσότεροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν ασφαιρικές πρόσθιες επιφάνειες. Οι φακοί που προκύπτουν είναι ελαφρύτεροι και λεπτότεροι, λόγω του υψηλού δείκτη διάθλασης και του χαμηλού ειδικού βάρους. Ταυτόχρονα η ασφαιρική πρόσθια επιφάνεια επιτρέπει ένα λεπτότερο προφίλ του φακού κάτι που μειώνει τις περιφερικές εκτροπές των υψηλών θετικών φακών.

### **2.4.3 Οπτική αναπήδηση εικόνας στους διπλεστικούς φακούς**

«Αναπήδηση εικόνας» είναι η απότομη μετατόπιση του ειδώλου ενός αντικειμένου όταν το βλέμμα του διοπτροφόρου, ο οποίος χρησιμοποιεί διπλεστικούς φακούς, περνά από το τμήμα της μακρινής όρασης σε αυτό της κοντινής όρασης, μέσω της κορυφής του SEG στη διαχωριστική γραμμή και ο ασθενής αντιλαμβάνεται μια αναπήδηση της εικόνας προς τα πάνω.

Η αναπήδηση οφείλεται σε μια ξαφνική αλλαγή του πρισματικού φαινομένου στην διαχωριστική γραμμή και πιο συγκεκριμένα στην πρισματική δράση του seg στο σημείο αμέσως κάτω από τη διαχωριστική γραμμή. Η πρισματική δράση στο σημείο αυτό είναι ανάλογη της διαθλαστικής δύναμης του seg και της απόστασης του οπτικού του κέντρου από τη διαχωριστική γραμμή.

Όταν ο άξονας της όρασης μεταφέρεται από την μακρινή στην κοντινή εστία ενός διπλεστικού φακού, συναντά μια αλλαγή στο πρισματικό φαινόμενο εξαιτίας της εμφάνισης ενός πρίσματος σημαντικής δύναμης με τη βάση συνήθως προς τα κάτω ή και πάνω καθώς ο οφθαλμός περνά από την διαχωριστική γραμμή. Το seg δημιουργεί πρίσμα σε όλα τα σημεία

μέσα στην περιφέρειά του, με τη βάση αυτού του πρισματικού φαινομένου να βρίσκεται στο οπτικό κέντρο του seg, Os.

Εάν εξεταστεί ένας οφθαλμός, που βλέπει μέσα από το μακρινό τμήμα, καθώς χαμηλώνει το βλέμμα, ο οφθαλμός αυτός θα συναντήσει ένα συνεχώς αυξανόμενο πρισματικό φαινόμενο καθώς απομακρύνεται από το οπτικό κέντρο του μακρινού τμήματος. Όταν ο οφθαλμός εισέρχεται στο κοντινό τμήμα συναντά ξαφνικά ένα πρίσμα με βάση κάτω που δημιουργείται από το seg στην κορυφή του. Το αποτέλεσμα στον χρήστη είναι διπλό. Πρώτον, τα αντικείμενα που βρίσκονται πραγματικά σε μια διεύθυνση, παρουσιάζονται να βρίσκονται σε μια άλλη. Προφανώς έχουν αναπηδήσει σε μια νέα θέση. Δεύτερον, η διαχωριστική γραμμή του seg προκαλεί ένα δακτυλιοειδές σκότωμα μέσα στο οποίο τα αντικείμενα παραμένουν κρυμμένα έως ότου ο χρήστης μετακινήσει το κεφάλι του προκειμένου να αλλάξει την ζώνη στην οποία εμφανίζεται η αναπήδηση.

Το ποσό της αναπήδησης είναι το ποσό του πρισματικού φαινομένου που δημιουργείται από το seg στην διαχωριστική γραμμή του και εξαρτάται από τον τύπο του seg και την δύναμη του add. Επειδή το seg είναι πάντα θετικό και η «αναπήδηση» γίνεται συνήθως προς τα πάνω υπολογίζεται με τον κανόνα του Prentice.

$$\text{Jump} = R \cdot \text{Fadd}$$

Όπου:

R = η απόσταση σε cm από το γεωμετρικό κέντρο του seg έως την κορυφή του seg στην διαχωριστική γραμμή και

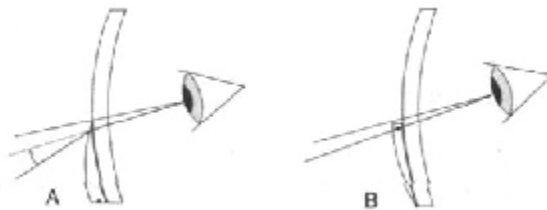
Fadd = η δύναμη του add.

Η αναπήδηση ( jump ) μετριέται σε πρισματικές διοπτρίες ( Δ ).

Για ένα round – seg το R είναι η ακτίνα του. Έτσι για τα round – seg ο τύπος διαμορφώνεται σε :

$$\text{Jump} = \text{Ακτίνα του seg} \times \text{Fadd}$$

Το οπτικό άλμα είναι ανεξάρτητο από την μακρινή όραση, από την ισχύ του κύριου φακού και της θέσης του μακρινού οπτικού κέντρου. Η αναπήδηση αυξάνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από την κορυφή του seg έως το οπτικό του κέντρο. Στα διπλεστικά τύπου round – top, όπου το οπτικό κέντρο απέχει πολύ από την διαχωριστική γραμμή και η διάμετρός τους αυξάνεται, το οπτικό άλμα είναι σημαντικό, ενώ στα flat – top όπου το οπτικό κέντρο είναι πολύ κοντά στην διαχωριστική γραμμή, το οπτικό άλμα είναι αμελητέο.





## Σχήμα 2.1: Οπτικό άλμα

A. Σε διπλοεστιακά τύπου *round top* καθώς ο άξονας της όρασης διασχίζει τη διαχωριστική γραμμή συναντά ένα περιφερικό τμήμα του φακού του κάτω τμήματος που επειδή απέχει πολύ από το οπτικό κέντρο προκαλεί σημαντική πρισματική εκτροπή (με βάση κάτω) και αναπήδηση (οπτικό άλμα) της εικόνας προς τα πάνω.

B. Σε διπλοεστιακά τύπου *flat top* το οπτικό κέντρο του κάτω τμήματος είναι κοντά στη διαχωριστική γραμμή και το προκαλούμενο οπτικό άλμα είναι αμελητέο.

Προκειμένου να εξουδετερώσουμε την οπτική « αναπήδηση » ενός διπλεστικού είναι απαραίτητο το seg επεξεργαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε το οπτικό του κέντρο να βρίσκεται είτε πλησιέστερα στην διαχωριστική γραμμή ή, ακόμα καλύτερα, να συμπίπτει με την κορυφή του. Με αυτές τις προδιαγραφές έχουν κατασκευαστεί τα διπλεστικά «Executive» ή E - style, στα οποία έχει μειωθεί στο ελάχιστο η απόσταση Ομ και Οκ (οπτικό κέντρο για μακριά και οπτικό κέντρο για κοντά αντίστοιχα ).

Μια άλλη λύση είναι, το οπτικό κέντρο του κύριου φακού για μακρινή όραση Ομ, να μετακινηθεί λίγο προς τα πάνω, για να δημιουργηθεί ένα ποσό πρίσματος μέσα στην κοντινή εστία ίσο και αντίθετο από το πρίσμα, που πρέπει να εξαλειφθεί στην διαχωριστική γραμμή. Τα παντεταρισμένα αυτά διπλεστικά, που έχει γίνει προσπάθεια εξάλειψης της οπτικής αναπήδησης, ονομάζονται NO – JUMP BIFOCALS ή διπλεστικά χωρίς αναπήδηση και είναι διαθέσιμα από διάφορες πηγές.

### 2.4.4 Άλμα Εικόνας

Το τμήμα του seg ενός διπλεστικού φακού είναι όπως ένας μικρότερος φακός που έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με έναν κανονικό φακό μονής όρασης. Το διπλεστικό τμήμα είναι πραγματικά ένας μικρότερος φακός σε έναν μεγαλύτερο φακό. Όταν το seg είναι στρογγυλό, το οπτικό κέντρο του seg θα είναι ακριβώς στη μέση του seg. Παραδείγματος χάριν, εάν το seg είναι κύκλος 22 χιλ., το οπτικό κέντρο του seg θα είναι 11 χιλ. από την κορυφή του seg.

Δεν είναι όλα τα seg είναι στρογγυλά, εντούτοις, μερικά διαμορφώνονται με το ανώτερο τμήμα να κόβεται έτσι ώστε η ανώτερη διαχωριστική γραμμή είναι πιο κοντά στο οπτικό κέντρο του seg. Είναι επίσης δυνατό να κατασκευαστεί ένα seg έτσι ώστε το οπτικό κέντρο είναι ακριβώς πάνω στην ανώτερη γραμμή. Ο τύπος του seg που επιλέγεται εξαρτάται από την επαγγελματική οπτική απαίτηση του κομιστή.

Μια αξιοπρόσεχτη εκτροπή της μορφής του seg προκύπτει από τη θέση του οπτικού κέντρου του seg σε σχέση με την ανώτερη άκρη του seg. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, όσο πιο μακριά από το οπτικό κέντρο κοιτάζει το μάτι, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η πρισματική επίδραση.

Όταν ο κομιστής χαμηλώσει τα μάτια του ενώ φοράει έναν φακό μονής όρασης, δοκιμάζει μια αυξανόμενη πρισματική επίδραση όσο τα μάτια απομακρύνονται από το οπτικό κέντρο. Εάν ο φακός είναι ένας διπλεστικός, το seg περιέχει επίσης μία πρισματική επίδραση, η αξία της οποίας εξαρτάται από τη θέση του οπτικού κέντρου του seg. Κατά το πέρασμα των συνόρων του seg, το πρίσμα που προκαλείται από το μακρινό τμήμα αλλάζει ξαφνικά από το ποσό πρίσματος που προκαλείται από το τμήμα του seg. Αυτή η απότομη αλλαγή στην πρισματική επίδραση αναγκάζει τα αντικείμενα να μετατοπιστούν ξαφνικά από τη θέση που

εμφανίστηκαν στην αρχή να έχουν, ακριβώς όταν παρατηρήθηκαν μέσω του μακρινού τμήματος του φακού.

Αυτή η ξαφνική μετατόπιση της εικόνας καθώς η διπλεστική γραμμή διασχίζεται είναι γνωστή ως άλμα εικόνας. Το ποσό άλματος εικόνας για ένα δεδομένο τύπο διπλεστικού είναι ανεξάρτητο από τη δύναμη στο μακρινό τμήμα και μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον κανόνα Prentice ( $\Delta = cF$ ).

#### 2.4.5 Οπτική απόδοση διπλεστικών φακών

Η ισχύς των επιφανειών που επιλέγονται για τον κύριο φακό και καθορίζουν την μορφή του διπλεστικού, είναι αυτές που παράχουν την καλύτερη μορφή για την μακρινή όραση. Οι οφθαλμοί απαιτούν την καλύτερη οπτική οξύτητα στην μακρινή όραση. Οι διαδικασίες ανάγνωσης δεν είναι ακριβείς και αν είναι αναγκαία η παρατήρηση λεπτομερειών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγεθυντικός φακός για κοντινή όραση. Η οπτική απόδοση του διπλεστικού εξαρτάται από τον τύπο διπλεστικού, τις λεπτομέρειες του seg, από την μορφή του μακρινού τμήματος και από ποιά επιφάνεια έχει ενσωματωθεί το seg.

Το πραγματικό add, που παρέχεται από τον διπλεστικό φακό, ποικίλλει κατά μήκος του seg. Αφού ο όρος add έχει να κάνει με ζωνιαία φαινόμενα ενός διπλεστικού φακού, είναι δύσκολη η παροχή ενός συγκεκριμένου ορισμού.

Το κοντινό τμήμα ενός διπλεστικού φακού προσδιορίζεται από το add, γι' αυτό, στην μελέτη της οπτικής απόδοσης του κοντινού τμήματος, είναι χρήσιμος ο προσδιορισμός της απόκλισης του add από την ιδανική τιμή του.

Είναι καλύτερα, το seg να ενσωματωθεί στην μεγαλύτερη επιφάνεια του φακού. Αυτή είναι η κυρτή επιφάνεια στην περίπτωση θετικών μακρινών συνταγών και η κοίλη επιφάνεια στην περίπτωση των αρνητικών συνταγών. Αυτός ο κανόνας γίνεται ακόμα πιο σημαντικός καθώς το μακρινό τμήμα αυξάνει σε ισχύ. Είναι δυνατή η επίτευξη στρογγυλών seg στην κυρτή επιφάνεια, όπως συνηθίζεται για τα οργανικά διπλεστικά, καθώς και στην κοίλη επιφάνεια, όπως στα ανόργανα.

Τα διαμορφωμένα seg είναι διαθέσιμα σε κρύσταλλο είτε, κανονικά, στην κυρτή είτε στην κοίλη επιφάνεια. Ο τύπος executive είναι διαθέσιμος με το seg στην κυρτή ή στην κοίλη επιφάνεια. Η καλύτερη οπτική απόδοση στο κοντινό τμήμα παρέχεται από την ποικιλία διπλεστικών χωρίς αναπήδηση όπως το Executive.

Το executive είναι ένας φακός κοντινής όρασης στον οποίο έχει προστεθεί ένα αρνητικό τμήμα για την μακρινή όραση. Όταν το κοντινό τμήμα είναι αρνητικό σε ισχύ, όσο πιο υψηλό είναι το add τόσο πιο ασθενές γίνεται το κοντινό τμήμα. Τα σφάλματα εκτός αξόνων του executive είναι μικρότερα, σε σχέση με τα άλλα διπλεστικά, καθώς αυξάνεται το add.

Λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές που εμφανίζονται στην απόδοση της κοντινής όρασης των διπλεστικών σχεδίων, εάν το seg είναι ενσωματωμένο στην κυρτή ή κοίλη επιφάνεια, μπορούν να προβλεφθούν τα προβλήματα που θα προκύψουν, εάν ένα άτομο αλλάζει ένα σχέδιο για κάποιο άλλο, χωρίς να έχει γίνει ρύθμιση στο add, με σκοπό να αντισταθμιστεί η διαφορά στην απόδοση.

#### **2.4.6 Σύγκριση με τους παλαιούς φακούς**

Όταν ένα άτομο που φορά αυτήν την περίοδο διπλεσσιακούς φακούς, προμηθεύεται με νέα διπλεσσιακά, η θέση του seg είναι πιο συγκεκριμένα υποδειγμένη. Εάν η θέση του προηγούμενου seg είναι ικανοποιητική, οι καινούργιοι φακοί μπορούν να τοποθετηθούν στην ίδια θέση σχετικά με τις γραμμές της όρασης.

Εάν ένα άτομο είναι δυσαρεστημένο, η δυσαρέσκειά του θα δείξει την απαραίτητη αλλαγή στη θέση. Εάν τα διπλεσσιακά ήταν " πάντα στην μέση ", το ύψος του seg ήταν πάρα πολύ ψηλά. Εάν το ύψος του seg ήταν πάρα πολύ χαμηλά, ο κομιστής θα παραπονεθεί για την ακαμψία του λαιμού του που προκαλείται με τη σταθερή κλίση του κεφαλιού.

Οποιαδήποτε αλλαγή που γίνεται, εντούτοις, πρέπει να γίνει μέσω των ίδιων τεχνικών που περιγράφονται για τους νέους πολυεστιακούς κομιστές για να βεβαιωθεί ο σωστός προσδιορισμός θέσης. Αυτό ισχύει επίσης για έναν διπλεσσιακό κομιστή που αλλάζει σε τριπλεσσιακά. Εάν το τριπλεσσιακό απλά προστεθεί στο διπλεσσιακό ύψος, οι κορυφές μπορεί να παρεισφύσουν στην περιοχή της κόρης του οφθαλμού

#### **2.4.7 Προβλήματα από την χρήση των διπλεσσιακών**

Μια κατασκευή διπλεσσιακών μπορεί να μην πληρεί όλες τις προϋποθέσεις για να γίνουν εύκολα ανεκτά από τον διοπτροφόρο. Ο οπτικός υποχρεούται να τον ενημερώσει ότι θα χρειαστεί ένα διάστημα 2 – 3 εβδομάδων για να συνηθίσει τη χρήση τους. Ο τρόπος που θα τα χρησιμοποιεί είναι διαφορετικός από τα προηγούμενα απλά γυαλιά του.

Όταν παρατηρεί σε κοντινή απόσταση θα πρέπει να κατεβάζει τα μάτια και να γέρνει το κεφάλι λίγο προς τα πίσω ή μπορεί να διαβάζει τοποθετώντας, το προς ανάγνωση αντικείμενο, όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σώμα του.

Πρέπει να ενημερωθεί ότι η περιοχή της κοντινής εστίας δεν προσφέρει ευκρινή όραση σε απόσταση μεγαλύτερη από 50 – 60 cm.

Για να αποκτήσει την πείρα και την συνήθεια στην χρήση των διπλεσσιακών, δεν πρέπει να τα εναλλάσει με άλλα ζεύγη απλών γυαλιών.

Υπάρχουν και παράπονα που μπορεί να οφείλονται σε λάθη του οπτικού. Όταν χρησιμοποιεί περισσότερο τα διπλεσσιακά για κοντινή όραση και η κορυφή της διαχωριστικής γραμμής των εστιών είναι τοποθετημένη αρκετά κάτω από το ελεύθερο χείλος του βλεφάρου, ίσως 4 – 5 mm, τότε θα αναγκαστεί να γέρνει πολύ το κεφάλι του προς τα πίσω, για να κοιτάξει μέσα από το seg, κάτι που είναι αρκετά κουραστικό, ειδικά για τα άτομα που διαβάζουν πολύ ώρα. Γι' αυτό θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο ύψος των εστιών, ώστε στην περίπτωση αυτή η διαχωριστική γραμμή να βρίσκεται τουλάχιστον 2 – 3 mm πάνω από το ελεύθερο χείλος του κάτω βλεφάρου. Επίσης, όταν ο διοπτροφόρος δεν χρησιμοποιεί συνέχεια, αλλά σποραδικά τα γυαλιά του, θα πρέπει η κορυφή του seg να τοποθετηθεί 1 – 2 mm πάνω από το ελεύθερο άκρο του βλεφάρου. Χαμηλά τοποθετημένες εστίες απαιτούνται μόνο σε άτομα, που χρησιμοποιούν τα διπλεσσιακά τους περισσότερο για μακρινή όραση.

Σε περιπτώσεις όπου το ένα μάτι βρίσκεται σε διαφορετικό ύψος από το άλλο θα πρέπει η μία εστία να τοποθετηθεί λίγο ψηλότερα από την άλλη ή, ανάλογα με το πρόβλημα, να αποκεντρωθεί η μία εστία στο ένα μάτι.

Η κορική απόσταση πρέπει να μετρηθεί από την ράχη της μύτης έως την κόρη, ξεχωριστά για κάθε μάτι.

Όταν οι πελάτες επιμένουν να χρησιμοποιήσουν τον σκελετό της προηγούμενης συνταγής ή καποιον άλλο, που δεν πληρεί τις προϋποθέσεις που απαιτεί η τοποθέτηση διπλεστικών γυαλιών, δημιουργούνται οπτικά και αισθητικά σφάλματα.

Σε περιπτώσεις ανισομετροπίας δημιουργείται διαφορετικό πρισματικό φαινόμενο και κατακόρυφη φορία. Αυτό δεν εμφανίζεται στα απλά γυαλιά, γιατί το άτομο γέρνει το κεφάλι προς τα κάτω και οι άξονες της όρασης περνούν από τα οπτικά κέντρα των φακών, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με τους διπλεστικούς φακούς. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν διπλεστικά τύπου αόρατου συμπαγούς (Invisible Solid), με ανόμοια τμήματα για την κοντινή εστία κάθε φακού και με τη δημιουργία πρισμάτων μέσα στις εστίες.

## 2.5 Τριπλεστικοί φακοί

Ο Άγγλος John Hawkins κατασκεύασε τα πρώτα τριπλεστικά γυαλιά το 1826 στο Λονδίνο, ο οποίος όντας πρεσβύωπας σε ηλικία 54 ετών, συνειδητοποίησε ότι, εκτός από την μακρινή και κοντινή διόρθωση, είχε ανάγκη διόρθωσης και σε μία μέση απόσταση περίπου 80 cm, στην οποία τα διπλεστικά δεν πρόσφεραν ευκρινή όραση.

Τα τριπλεστικά πλεονεκτούν σε πολλά σημεία έναντι των διπλεστικών, κυρίως όταν το εύρος προσαρμογής έχει μειωθεί τόσο, ώστε η όραση για την ενδιάμεση απόσταση (μεταξύ κοντινής και μακρινής) να καθίσταται ασαφής. Επίσης, η οπτική «αναπήδηση» είναι λίγο μικρότερη.

Δεν είναι κατάλληλα για διόρθωση ανισομετροπίας ή όταν απαιτούνται πρίσματα για την κοντινή εργασία. Επίσης, η προσαρμογή γίνεται πιο δύσκολη εξαιτίας της ύπαρξης δύο διαχωριστικών γραμμών. Η ισχύς του ενδιάμεσου τμήματος ποικίλει, συνήθως όμως είναι το μισό της πρεσβυωπικής διόρθωσης.

### 2.5.1 Το Τριπλεστικό Ενδιάμεσο Τμήμα

Μερικοί φακοί έχουν μια ενδιάμεση περιοχή μεταξύ των μακρινών και των κοντινών τμημάτων. Αυτή η περιοχή χρησιμοποιείται για την εξέταση των αντικειμένων που δεν είναι στην κανονική απόσταση ανάγνωσης αλλά και αρκετά κοντά στον παρατηρητή για να καθιστάται αδύνατη η καθαρή όραση μέσω του μακρινού τμήματος. Οι φακοί μιας τέτοιας κατασκευής αναφέρονται ως τριπλεστικοί.

Η δύναμη του ενδιάμεσου τμήματος είναι κανονικά μισή της δύναμης του add. Εκφράζεται ως τοις εκατό. Στην κανονική χρήση το ενδιάμεσο τμήμα θα είναι 50% του add. Φακοί για ειδικές ενδιάμεσες αποστάσεις όρασης μπορούν να ληφθούν έχοντας ενδιάμεσες δυνάμεις που είναι 40%, 60%, ή 70% του add.

Για να υπολογίσει κανείς την αναμενόμενη δύναμη ενός φακού λαμβάνεται το ορισμένο τριπλεστικό ποσοστό του add. Παραδείγματος χάριν, ένας φακός που έχει ένα + 2.50 D add με ένα 50% ενδιάμεσο τμήμα, έχει μια δύναμη που είναι + 1.25 D μεγαλύτερη από τη δύναμη για μακριά. Αυτή η + 1.25 D αξία θα προστιθόταν έπειτα στη δύναμη για μακριά, για να βρεθεί η αναμενόμενη συνολική ενδιάμεση δύναμη μετρημένη στο φακόμετρο (lensometer).

Με την αυξανόμενη πρεσβυωπία, οι οφθαλμοί απαιτούν σταδιακά πιο ισχυρά add για να εξουδετερώσουν την έλλειψη προσαρμογής. Η δύναμη του add είναι τόση ώστε η «διάμεση» όραση, πέρα από το κοντινό σημείο οράσεως, είναι αρκετά θολή για να γίνει ορατή, είτε μέσα από το μακρινό είτε από το κοντινό σημείο οράσεως ενός ζευγαριού διπλεσσιακών φακών. Σε αυτές τις περιπτώσεις ένα διαφορετικό add μπορεί να παρέχει καθαρή ενδιάμεση όραση και η διόρθωση δίνεται συνδυάζοντας τρεις συνταγές σε ένα τριπλεσσιακό φακό με τρία ξεχωριστά μέρη.

Η περιοχή του φακού που χρησιμοποιείται για την ενδιάμεση όραση ονομάζεται ενδιάμεσο τμήμα ή IP. Ο τριπλεσσιακός φακός έχει τρία ξεχωριστά μέρη με διαφορετικές δυνάμεις, το μακρινό, το ενδιάμεσο και το κοντινό σημείο οράσεως ή σημείο ανάγνωσης.

Το add που ορίστηκε για την ενδιάμεση όραση ( IP add ) εκφρασμένο ως ένα ποσοστό του κοντινού add ( NP add ), δίνεται από τη σχέση :

$$IP / NP = IP \text{ add} / NP \text{ add} \times 100 \%$$

Η σχέση IP / NP εξαρτάται από το πεδίο της ευκρινούς ενδιάμεσης όρασης που το άτομο προβλέπεται ότι θα επιτύχει. Αν η ανάγκη για το IP είναι να επεκτείνει το πεδίο ευκρινής όρασης από το μακρινό πεδίο πιο κοντά, μια χαμηλή σχέση IP / NP ( 35% - 45% ) είναι απαραίτητη. Αν υπάρχει ανάγκη να επεκταθεί το πεδίο της κοντινής όρασης πιο μακριά, χρειάζεται μια υψηλή σχέση IP / NP ( 60% - 70% ). Σε οποιοδήποτε τριπλεσσιακό σχέδιο η σχέση IP / NP πρέπει να είναι μεταβλητή.

Οι τριπλεσσιακοί φακοί δεν παρέχουν μια πραγματική συνεχή όραση από το κοντινό έως το μακρινό σημείο οράσεως, κάτι που μπορεί να διορθωθεί είτε με μία τέταρτη συνταγή, με την μορφή ενός δευτέρου ενδιάμεσου add, είτε με τους πολυεστιακούς φακούς.

Θα ήταν ιδανικό να μεταβάλλεται τη σχέση IP / NP κατά βούληση, ανάλογα με τις απαιτήσεις του ατόμου, όμως η σχέση αυτή είναι προκαθορισμένη από τον κάθε κατασκευαστή τριπλεσσιακών σχεδίων. Η επιλογή του ενδιάμεσου add αφήνεται στην κρίση του οπτικού, ο οποίος επιλέγει το τριπλεσσιακό σχέδιο που τελικά θα φορέσει το άτομο.

### **2.5.2 Τύποι τριπλεσσιακών φακών**

Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής διακρίνονται σε :

- Σχιστού τύπου
- Συγκολλημένα τριπλεσσιακά
- Χωνευτά τριπλεσσιακά
- Συμπαγή τριπλεσσιακά
- Ταινιωτά τριπλεσσιακά
- ED – τριπλεσσιακά

### **2.5.3 Οπτική απόδοση των τριπλεσσιακών φακών**

Μία από τις σπουδαιότερες οπτικές εκτιμήσεις για την απόδοση όλων των πολυεστιακών φακών είναι η ποσότητα του πρισματικού αποτελέσματος, που δημιουργείται στις ζώνες των seg των φακών, και εξαρτάται από τις δυνάμεις του κύριου φακού και των seg και από τις διαμέτρους των seg.

Στα διαμορφωμένα seg, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στα flat – top και curved – top τριπλεστικά, το κεντράρισμα του ενδιάμεσου και του κοντινού τμήματος δεν διαφέρει από το κεντράρισμα ενός μονοεστιακού φακού, του οποίου η δύναμη είναι αυτή του μακρινού τμήματος, αφού το κέντρο του κάθε seg δεν έχει μετατοπιστεί μακριά από το κέντρο του ενδιάμεσου και κοντινού τμήματος αντίστοιχα.

Η αναπήδηση στην διαχωριστική γραμμή είναι μικρή, αφού το κέντρο του seg δεν έχει μετατοπιστεί μακριά από την κορυφή του.

Στα ομόκεντρα seg κάτω εστίας, το κεντράρισμα στο ενδιάμεσο και κοντινό τμήμα είναι καλύτερο όταν ο κύριος φακός είναι θετικός, αφού το πρίσμα με βάση πάνω του κύριου φακού εξουδετερώνεται από τα πρίσματα με βάση κάτω των seg. Η αναπήδηση, όμως, θα δημιουργηθεί σε κάθε διαχωριστική γραμμή μεταξύ των τριών τμημάτων.

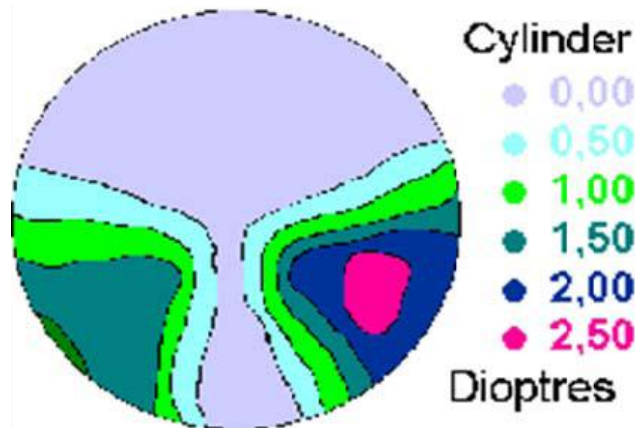
Στα ταινιωτά τριπλεστικά, που είναι χωρίς αναπήδηση στην κατασκευή, το κεντράρισμα στο ενδιάμεσο και κοντινό τμήμα είναι καλύτερο όταν ο κύριος φακός είναι αρνητικός, αφού το πρίσμα με βάση πάνω του κάθε seg εξουδετερώνει το πρίσμα με βάση κάτω του κύριου φακού.

Η μέθοδος κατασκευής του σχιστού και του συγκολλημένου τύπου τριπλεστικών επιτρέπει πλήρη πρισματικό έλεγχο.

## **2.6 Πολυεστιακοί Φακοί**

Οι πολυεστιακοί ή προοδευτικοί φακοί χρησιμοποιούνται σε έναν ολοένα και αυξανόμενο αριθμό διοπτροφόρων τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για φακούς που εκτός από την πρεσβυωπική διόρθωση (εστίαση αντικειμένων σε κοντινές και ενδιάμεσες αποστάσεις) προσφέρουν ταυτόχρονα ευκρινή όραση και για μακρινές αποστάσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με διαβάθμιση της διοπτρικής ισχύς που χαρακτηρίζει τον φακό αυτό. Πιο συγκεκριμένα, στο πάνω μέρος του φακού αυτού έχουμε μικρή (ή μεγάλη, όση απαιτείται από τον διοπτροφόρο) διοπτρική ισχύ η οποία όμως αυξάνεται (ή μειώνεται αντίστοιχα) όσο προχωράμε προς το κάτω μέρος του φακού. Κυρίαρχο σημείο είναι το χαμηλότερο μέρος που χρησιμοποιείται για λειτουργίες που απαιτούν κοντινή όραση (π.χ. διάβασμα). Με τη διαβάθμιση αυτή, ο διοπτροφόρος μπορεί κουνώντας απλά πάνω ή κάτω τους οφθαλμούς του να χρησιμοποιήσει την διοπτρική ισχύ που τον εξυπηρετεί κάθε φορά .

Στους φακούς αυτούς δεν υπάρχει ο διαχωρισμός σε μακρινό και κοντινό τμήμα, αλλά η διαθλαστική δύναμη παρουσιάζει μια συνεχή προοδευτική αύξηση κατά μήκος του κάτω τμήματος του φακού. Το μακρινό τμήμα συνδέεται με το κοντινό με ένα διάδρομο (corridor) συνεχώς αυξανόμενης δύναμης. Η μεταβολή αυτής της δύναμης προκαλεί προς τα πλάγια του κάτω τμήματος σημαντικές αστιγματικές παραμορφώσεις αλλά και άλλες εκτροπές υψηλής και χαμηλής τάξης. Στην εικόνα παρουσιάζεται η μεταβολή της διαθλαστικής δύναμης σε έναν πολυεστιακό φακό.



Σχήμα 2.2: Μεταβολή της ισχύος πολυεστιακού φακού.

Τα πολυεστιακά γυαλιά πλεονεκτούν από λειτουργικής πλευράς γιατί παρέχουν ικανοποιητική όραση στις ενδιάμεσες αποστάσεις, ενώ είναι απαλλαγμένα από τα οπτικά φαινόμενα της διαχωριστικής γραμμής. Ταυτόχρονα προσφέρουν και καλύτερα αισθητικά αποτελέσματα. Μειονεκτούν, όμως, στο περιορισμένο πεδίο και στις οπτικές παραμορφώσεις που είναι ιδιαίτερα ενοχλητικές κατά τις οριζόντιες κινήσεις των ματιών.

Η πρώτη απόπειρα κατασκευής πολυεστιακών φακών καταγράφεται το 1907 στην Μ. Βρετανία. Οι φακοί αυτοί δεν είχαν καμία σχέση με τους μοντέρνους πολυεστιακούς φακούς. Για να επιτύχουν την διαβάθμιση στην διοπτρική ισχύ είχαν κωνική οπίσθια και κυλινδρική πρόσθια επιφάνεια. Το μοντέλο δε γνώρισε καμία επιτυχία σε διοπτροφόρους και εγκαταλείφθηκε. Το 1922 και μετά από αρκετές απόπειρες βελτίωσης του σχεδιασμού και της πρακτικότητας στην εφαρμογή τους, ο δούκας Elder πρότεινε ένα φακό που βασιζόταν σε κατάλληλα διαμορφωμένες σφαιρικές επιφάνειες (Ultrifo).

Το επόμενο εμπορικό προϊόν εμφανίζεται το 1950 στην Ιταλία. Ονομαζόταν Varifocal και βασιζόταν στο πρώτο μοντέλο πολυεστιακών που αναφέρθηκε παραπάνω. Παρουσίαζε όμως αρκετές παραλλαγές, όπως το ότι μόνο η πρόσθια επιφάνεια του φακού επεξεργαζόταν.

Ο πρώτος μοντέρνας τεχνολογίας πολυεστιακός φακός ήταν ο Varilux που δημιουργήθηκε από τον Bernard Maitenaz το 1959. Ο φακός αυτός έφερε την επανάσταση στη τεχνολογία των πολυεστιακών φακών και εξυπηρετούσε σε πολύ μεγάλο βαθμό τους διοπτροφόρους, καλύπτοντας μεγάλο ποσοστό των απαιτήσεων τους. Βασιζόμενοι στο μοντέλο αυτό, οι κατασκευαστές, από το 1980 μέχρι σήμερα, έχουν επιτύχει σημαντική μείωση των εμφανιζόμενων εκτροπών, σημαντικές βελτιώσεις στην κατασκευαστική τους μέθοδο, μεγάλη ανεκτικότητα από τους διοπτροφόρους και τεράστια ευκολία και ακρίβεια στην κατασκευή τους.

Ένας πολυεστιακός φακός είναι σχεδιασμένος να παρέχει ευκρινή όραση σε όλες τις αποστάσεις, σε αντίθεση με τις προκαθορισμένες αποστάσεις που χρησιμοποιούνται στους διπλοεστιακούς και τριπλοεστιακούς φακούς. Ένας τριπλοεστιακός φακός ποτελείται από 3 ξεχωριστές εστίες. Την εστία για μακρυά, την προοδευτική εστία ή αλλιώς εστία των μεσαίων αποστάσεων και την εστία για κοντινές αποστάσεις. Σε αντίθεση με τους τριπλοεστιακούς φακούς, στους πολυεστιακούς φακούς η ενδιάμεση “ζώνη” παρέχει αυξανόμενη διοπτρική ισχύ από την μακρινή προς την κοντινή εστίαση και κάνει την εναλλαγή μεταξύ αυτών των

αποστάσεων προσήλωσης πιο ομαλή. Το ποσοστό κατά το οποίο αυξάνεται η διοπτρική ισχύς μετά την ενδιάμεση ζώνη (addition) εξαρτάται από τον κανόνα στον οποίο υπακούει ο σχεδιασμός του πολυεστιακού φακού. Μπορεί δηλαδή η αύξηση της διοπτρικής ισχύος να είναι γραμμικής μορφής, ή πιο πολύπλοκη επιτυγχάνοντας μικρότερη ή μεγαλύτερη διοπτρική ισχύ μετά την ενδιάμεση εστία, ανάλογα με τις απαιτήσεις του διοπτροφόρου.

Υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες σχεδιασμού πολυεστιακών φακών.

1. “Σκληρού“ σχεδιασμού
2. “Μαλακού” σχεδιασμού.

Οι κατηγορίες αυτές είναι άμεσα εξαρτώμενες από το ποσοστό θολερότητας και παραμορφώσεων που παρουσιάζεται στις περιφερικές εστίες του φακού. Οι πρόσθιες επιφάνειες των φακών αποτελούνται από πολύπλοκες σειρές καμπυλών οι οποίες και “ενώνονται” στις λιγότερο χρήσιμες και απαιτητικές περιοχές του φακού, δηλαδή στην περιφέρεια.

Οι φακοί σκληρού σχεδιασμού έχουν πολύ μεγαλύτερες παραμορφώσεις στην περιφέρεια, γεγονός που προσφέρει πολύ καθαρότερη μακρινή όραση και καλύτερη όραση κατά την ανάγνωση. Από την άλλη υστερεί στις ενδιάμεσες αποστάσεις και δίνει την αίσθηση της κίνησης σε νερό. Οι πολύ μεγάλες και ενοχλητικές παραμορφώσεις των φακών αυτών επιδιορθώθηκαν με τη κατασκευή των “μαλακών” φακών. Οι φακοί αυτοί έχουν αυξημένες περιφερικές διαμέτρους με αποτέλεσμα η θολούρα και οι εκτροπές να βρίσκονται στην ουσία έξω από το οπτικό πεδίο του διοπτροφόρου σε πολύ μεγάλο ποσοστό και έτσι να μην γίνονται αντιληπτές.

Οι διαφορετικές ανάγκες, ανάλογα με το είδος του διαθλαστικού σφάλματος, δεν επιτρέπουν την επικράτηση κάποιου είδους σε σχέση με το άλλο. Εκεί που υστερεί η μια πλεονεκτεί η άλλη και το αντίθετο. Για παράδειγμα, ένας μύωπας έχει καλύτερη προσαρμογή από έναν υπερμέτρωπα και δεν χρήζει διόρθωσης για κοντινές αποστάσεις όσο για μακρινές. Το αντίθετο ισχύει για τον υπερμέτρωπα. Έτσι ένας συνδυασμός των 2 τύπων κατασκευής θα αποτελούσε τον ιδανικότερο πολυεστιακό φακό. Ένα γεγονός που μείωνε την εμπορικότητα των πολυεστιακών φακών ήταν ότι ο σκελετός στον οποίο θα εφαρμόζονταν οι φακοί δεν μπορούσε να έχει μέγεθος μικρότερο από αυτό που ήταν απαραίτητο για να χωρέσει επαρκώς και τις 3 βασικές εστίες του φακού. Το γεγονός αυτό οδηγούσε τους ενδιαφερόμενους σε μεγάλους, αντιαισθητικούς και πολλές φορές μη πρακτικούς σκελετούς. Με τη πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας το πρόβλημα ξεπεράστηκε, “στριμώνοντας” ολοένα και περισσότερο τις εστίες μεταξύ τους.

### **2.6.1 Κατασκευή του πολυεστιακού φακού**

Η κατασκευή ενός πολυεστιακού φακού είναι μια εξαιρετικά δύσκολη εργασία, που βασίζεται σε πολύπλοκους υπολογισμούς. Είναι επίσης αναγκαία η χρησιμοποίηση ειδικών συσκευών και μηχανημάτων, ενώ πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράμετροι, όπως για παράδειγμα η δύναμη, η ακτίνα καμπυλότητας, η πρισματική ενέργεια κτλ. Γι’ αυτόν τον λόγο θα ήταν αναγκαίο να αναφερθούν τα βασικά βήματα στην κατασκευή ενός πολυεστιακού φακού καθώς και ποια ήταν η ιδέα της κατασκευής της επιφάνειάς του.



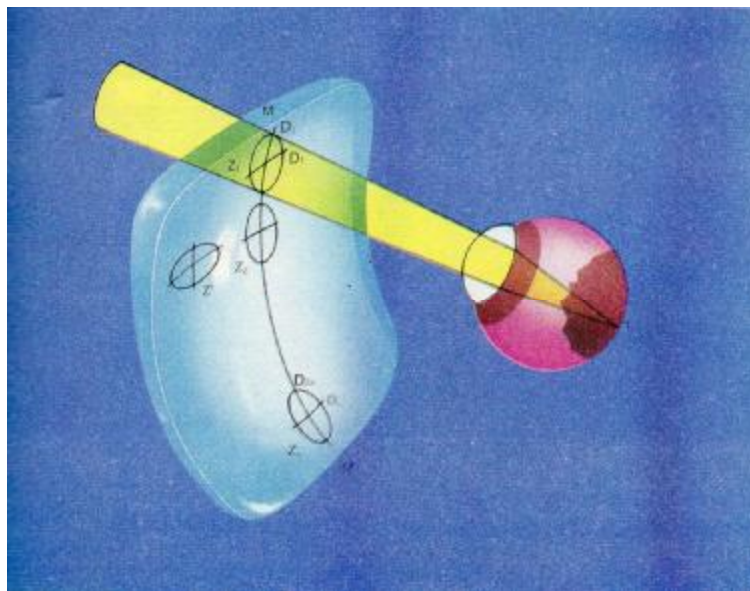
Ένα πρεσβυωπικό μάτι, όταν χρησιμοποιεί τον φακό μετακινεί το βλέμμα του από την μακρινή στην κοντινή όραση και αντίστροφα(η συχνότερη οφθαλμική κίνηση). Είναι δυνατόν να θεωρήσει κανείς ότι η πορεία μου ακολουθεί πάνω σε φακό είναι αυτή του κάθετου μεσημβρινού φακού  $MM'$  (ένας μεσημβρινός κεκλιμένος προς την ρινική πλευρά).

Χρησιμοποιούνται έτσι μικρές ζώνες  $Z_1, Z_2$  έως  $Z_n$  (συγκεντρωμένες πάνω στον μεσημβρινό αυτό και οι οποίες έχουν διαστάσεις ίδιες με της κόρης του οφθαλμού).

Αν και η σπουδαιότητα της έμμεσης όρασης και των πλαγίων κινήσεων δεν πρέπει να αγνοούνται, τα κριτήρια για την κατασκευή του φακού είναι δύο:

**1.** Κάθε μια από τις ζώνες  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  πρέπει να έχει τις ιδιότητες ενός σφαιρικού γυαλιού

**2.** Η δύναμη  $D_1, D_2, \dots, D_n$  κάθε ζώνης πρέπει να μεταβάλλεται από πάνω προς τα κάτω μ' ένα νόμο προοδευτικής αύξησης της ισχύος.



Σχήμα 2.3: Ζώνες προοδευτικής αύξησης ισχύος σε πολυεστιακό φακό

Το ιδανικό θα ήταν τέτοιες ιδιότητες να υπάρχουν σε κάθε ζώνη  $Z'$  σε οποιοδήποτε σημείο του φακού το οποίο είναι πρακτικά αδύνατον. Πρέπει λοιπόν να αρκεστούμε σ' έναν κύριο κάθετο μεσημβρινό, που να έχει μια συγκεκριμένη προοδευτικά αυξανόμενη δύναμη και μια περιοχή γύρω από κάθε σημείο αύξησης της δύναμης όπου η δύναμη θα είναι σφαιρική. Γεωμετρικά η επιφάνεια αυτή θα μπορούσε να ονομαστεί «ομφαλική» και ο μεσημβρινός «ομφαλικός», όπου ισχύει η εξής ιδιότητα:

Σε κάθε σημείο της ομφαλικής επιφάνειας οι δύο κύριες ακτίνες καμπυλότητας είναι ίσες που σημαίνει ότι το καθένα από αυτά τα σημεία της επιφάνειας συμπεριφέρονται σαν ένα σημείο σφαιρικής επιφάνειας.

## 2.6.2 Εξέλιξη πολυεστιακών φακών

### Πρώτη γενιά

Ύστερα από μερικές δεκαετίες άκαρπων προσπαθειών κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού του 20ου αιώνα, ο πρώτος πετυχημένος πολυεστιακός φακός εμφανίστηκε στη Γαλλία το 1959, με τη σύγχρονη μορφή του.

Ο πολυεστιακός φακός κατασκευασμένος έτσι ώστε η ισχύς του να κυμαίνεται ανάμεσα σε μια χαρακτηριστική-κεντρική η οποία ονομάζεται «μεσημβρινός», όπου σε κάθε σημείο της γραμμής αυτής οι βασικές ακτίνες καμπυλότητας είναι αναλογικά όμοιες δηλαδή η ισχύς του κυμαίνονταν από την κορυφή έως τη βάση του φακού.

Έτσι βάση των νόμων της φυσικής που καθορίζουν την κυμαινόμενη ισχύ δημιουργήθηκε μια σταθερά ισχύος από την άνω προς τη κάτω ζώνη με αποτέλεσμα η παροχή ενός ικανοποιητικού μακρινού πεδίου όρασης και ενός ικανά συγκεντρωτικού πεδίου ώστε να είναι μετρήσιμη η ισχύς του φακού για κοντά.

Στο πρώτο σύγχρονο πολυεστιακό φακό η κατασκευή του έγινε με σφαιρικό τρόπο λόγω της προσπάθειας να αντικαταστήσει το προγενέστερο διπλεστικά φακό, αλλά παρ' όλα αυτά δεν ήταν δυνατό ο έλεγχος των περιφερειακών παραμορφώσεων γι' αυτό και χρειαζόταν μεγάλη προσπάθεια ο διοπτροφόρος να μπορέσει να προσαρμοστεί.

Έχοντας ως δεδομένο την δίοφθαλμη όραση το 1964 δημιουργήθηκε ο πρώτος ασύμμετρος - ασφαιρικός πολυεστιακός φακός όπου η κατασκευή του δεξιού φακού και του αριστερού ήταν διαφορετική για να παρέχει μια διορθωμένη πλευρική όραση χάρη στις εξελιγμένες υπολογιστικές ζώνες.

Πριν από αυτό στο σφαιρικό φακό γινόταν μια μετατόπιση  $10^{\circ}$  μοιρών της κοντινής ζώνης ρινικά από τον τεχνικό οπτικό κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του στον σκελετό. Εκείνη την εποχή δημιουργήθηκε προβληματισμός για τους μηχανικούς-οπτικούς εργαστηρίου. Χρειαζόταν δηλαδή να εφευρεθεί ένας πολυεστιακός φακός όπου οι περιφερειακές εκτροπές θα ήταν μειωμένες και δεν θα χρειαζόταν να κάνουν ρινική εσωκέντρωση  $10^{\circ}$  μοιρών για να επιτευχθεί κάποιο ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Σ' αυτό δεν βοηθούσε και η κατασκευή του φακού του οποίου το υλικό ήταν ανόργανο-γυαλί άρα λεία επιφάνεια.

Η λύση βρέθηκε όταν υιοθετήθηκε η αρχή “υπολογισμός σημείο προς σημείο” (point-by-point twinning) και έτσι δημιουργήθηκε ο μαλακός σχεδιασμός των πολυεστιακών φακών. Το σύστημα αυτό ήταν ένα πρωτοποριακό πρόγραμμα υπολογισμών, πατέντα της Essilor, που δοκιμάζει και υπολογίζει την οπίσθια επιφάνεια του φακού με σκοπό να την ταιριάξει απόλυτα με την πρόσθια πολυεστιακή επιφάνεια. Έτσι, η οπίσθια επιφάνεια εξομοιώνεται σημείο-προς-σημείο με την πρόσθια επιφάνεια για κάθε βλεμματική θέση και εξατομικεύεται για κάθε συνταγή.

### Δεύτερη γενιά

Η δεύτερη γενιά πολυεστιακών φακών είχε ως στόχο όχι μόνο την μείωση των περιφερειακών εκτροπών αλλά και την μείωση των παραμορφωμένων εικόνων που δημιουργούσαν αυτές οι εκτροπές.

Η μείωση των εκτροπών αυτών επιτεύχθηκε όταν στη οριζόντια «οπτική διαμόρφωση» δημιουργήθηκε μια ελαφριά αύξηση στη δύναμη των περιφερειακών σημείων της μακρινής ζώνης και αντιστρόφως μια ελαφρά μείωση των περιφερειακών σημείων της κοντινής ζώνης. Αυτή η ελαφρά διαφορά της ακτίνας καμπυλότητας ανάμεσα σε κοντινή και μακρινή ζώνη δημιούργησε μια σημαντική μείωση των εκτροπών.

Επιπλέον, προκειμένου να μειωθεί το σημαντικό φαινόμενο του «κυματοειδούς παραμορφωμένου ειδώλου» της πρώτης γενιάς πολυεστιακών φακών, υιοθετήθηκε η αντίληψη της «ορθοσκοπίας». Η συγκεκριμένη αντίληψη είχε σαν σκοπό την εξασφάλιση ευθειών γραμμών οριζοντίων και καθέτων στο χώρο και ιδιαίτερα στη περιφέρεια του φακού.

Εξαιτίας αυτού του φαινομένου δημιουργούνται δυο πρισματικές επιδράσεις:

1. Μια οριζόντια που αποτελείται από δυο κάθετες γραμμές, μια ρινική και μια κροταφική.
2. Μια κάθετη που αποτελείται από τις γραμμές που αφορά τα άνω και τα κάτω σημεία του φακού.

Έτσι οι φακοί της δεύτερης γενιάς προσπάθησαν να εξαλείψουν αυτά τα προβλήματα δημιουργώντας μια επιφάνεια διαφορετικής γεωμετρίας για κάθε μάτι, δίνοντας μεγάλη σημασία στις περιοχές του φακού που χρησιμοποιούσε περισσότερο ο οφθαλμός.

Στη δεκαετία που ακολούθησε οι κατασκευάστριες εταιρείες οφθαλμικών φακών εξέλιξαν διαφορετικούς τρόπους προσέγγισης επίλυσης των προβλημάτων αυτών. Κάποιες έδωσαν βάση μόνο στην μακρινή και στην κοντινή οπτική ζώνη συγκεντρώνοντας τον αθέμιτο αστιγματισμό στην περιφέρεια (A.O. - Ultra View, Rodenstock - Progressive R, Sola VIP, BBGR - Visa). Άλλες υποστήριξαν αντίθετη σκέψη μειώνοντας τον αθέμιτο αστιγματισμό από την περιφέρεια και διαχέοντάς το στην επιφάνεια του φακού (A.O.-Transition Omni). Ενώ άλλες έδωσαν έμφαση στη ασυμμετρική επιφάνεια του φακού παρέχοντας έτσι μια άνετη διόφθαλμη όραση (Zeiss-Gradal HS).

Έτσι με το δεύτερης γενιάς πολυεστιακό φακό και με την ανταγωνιστική σκέψη των κατασκευαστριών εταιρειών αναπτύχθηκε ραγδαία η χρήση των πολυεστιακών με αποτέλεσμα την άμεση αναγνώριση τους ως ένα χρήσιμο εργαλείο για την διόρθωση της πρεσβυωπίας σε σχέση με τους προκατόχους του.

### **Τρίτη γενιά**

Της τρίτης γενιάς οι πολυεστιακοί φακοί κατάφεραν να δώσουν μια καινούργια ανατροπή στην εξέλιξή τους. Κι αυτό επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας την τεχνολογία «Multidesign» για κάθε πολυεστιακή επιφάνεια.

Χρησιμοποιώντας τον ίδιο νόμο ισχύος για τον κάθε διαφορετικό τύπο πρεσβύωπα που σημαίνει διαφορετικό addition, οι επιστήμονες αντιληφθήκαν ότι δεν φέρει επιτυχή αποτελέσματα όσο αφορά την διόρθωσή της στο κάθε στάδιό της. Απελευθερώνοντας την επεξεργασία της επιφάνειας από κάθε περιορισμό, κάθε οπτική επιφάνεια πολυεστιακού φακού μπορεί να σχεδιαστεί για τις ανάγκες των διοπτροφόρων για όλα τα στάδια της πρεσβυωπίας.

Οι νέοι πρεσβύωπες προτιμούν μια μαλακή σχεδίαση πολυεστιακού φακού «Soft Design» που σημαίνει μεγαλύτερο κανάλι για την ενδιάμεση όραση και αντίθετα οι παλιοί πρεσβύωπες προτιμούν το «Hard Design» γιατί του παρέχει πιο ευρεία περιοχή όσο αφορά την μακρινή και την κοντινή όραση.

### **Τέταρτη γενιά**

Είναι γνωστή ως «φυσιολογική όραση». Οι διοπτροφόροι γινόντουσαν πιο απαιτητικοί και έτσι η εξέλιξη της γενιάς αυτής έγινε βάση των καθημερινών τους συνηθειών με εκπρόσωπο το Varilux Comfort το 1993. Σχεδιάστηκε βάσει παρατήρησης των καθημερινών συνηθειών των διοπτροφόρων που ήδη χρησιμοποιούσαν τους πολυεστιακούς φακούς και η δημιουργία τους έγινε δυνατή λόγω της εξέλιξης των κατασκευαστικών μεθόδων της πολυεστιακής επιφάνειας.

Βασική ιδέα ήταν να μικρύνει το μήκος της ενδιάμεσης προοδευτικής ζώνης με αποτέλεσμα να παρέχει στους ασθενείς πιο άνετη όραση για κοντά και την ίδια στιγμή να μπορεί να ελέγχει τις παραμορφώσεις στην περιφέρεια του φακού.

Θέτοντας το απλά, πριν από την τέταρτη γενιά οι σχεδιαστές των πολυεστιακών φακών είχαν δυο επιλογές:

1. Να σχεδιάσουν με κοντό κανάλι ένα φακό και μεγάλη-σκληρή παραμόρφωση στη περιφέρεια(άνεση στις κοντινές αποστάσεις)
2. Ή να σχεδιάσουν έναν φακό με μικρή παραμόρφωση στη περιφέρεια αλλά με μεγάλο κανάλι(δυναμική μακρινή όραση-περιορισμός στην κοντινή όραση)

Το πρόβλημα ήταν να σχεδιαστούν με έναν και μόνο σχεδιασμό τα δύο χαρακτηριστικά αυτά, του κοντού καναλιού και της μικρής περιφερειακής παραμόρφωσης, για να δώσει στους πρεσβύωπες άνεση τόσο στην κοντινή όραση όσο στη μακρινή ζώνη και στη περιφέρεια.

Για να προσφέρει άνεση στη κοντινή όραση η κοντινή εστία του φακού τοποθετήθηκε πιο ψηλά στο φακό για να μπορεί ο διοπτροφόρος φυσιολογικά και άνετα να φτάσει στην κοντινή ζώνη χωρίς πολλές και έντονες κινήσεις του κεφαλιού και των ματιών. Για να παρέχει πιο άνετη περιφερειακή όραση η πολυεστιακή επιφάνεια επεξεργάστηκε βάσει οπτικών χαρακτηριστικών δηλαδή σχεδιάστηκαν βάσει μαλακού σχεδιασμού για να προσφέρει μεγαλύτερα και συνεχόμενα πεδία καθαρής όρασης όπως και βάθος σε όλα τα οπτικά πεδία.

Επίσης σχεδιάστηκε με ασύμμετρο σχεδιασμό για κάθε οφθαλμό ξεχωριστά για να παρέχει καλύτερη διόφθαλμη όραση. Αυτός ο σχεδιασμός κατάφερε να επιτύχει πιο άνετη κάθετη κίνηση κεφαλιού από την μακρινή εστία στην ενδιάμεση ζώνη και τελικά στην κοντινή εστία. Όπως και της τρίτης γενιάς έτσι και της τέταρτης σχεδιάστηκαν βάσει της τεχνολογίας Multidesign.

### **Πέμπτη γενιά**

Για να βελτιώσουν την επίδοση των πολυεστιακών φακών οι σχεδιαστές έλαβαν υπόψη τους τις προσδοκίες των διοπτροφόρων. Υπάρχουν δυο απαιτήσεις:

1. Οι νέοι πρεσβύωπες οι οποίοι πάνω απ' όλα θέλουν «γρήγορη και εύκολη προσαρμογή» για το πρώτο ζευγάρι γυαλιών τους
2. Και από την άλλη οι πιο παλιοί πρεσβύωπες οι οποίοι θέλουν «πιο ευρεία πεδίο όρασης».

Για να επιτευχθεί αυτό έγιναν βελτιώσεις στη χρήση του φακού όσο αφορά την περιφερειακή όραση και ξεχωριστά την διόφθαλμη όραση όσο και στην κεντρική όραση.

Για να προσφέρει στους νέους πρεσβύωπες την γρήγορη και εύκολη προσαρμογή έγιναν βελτιώσεις περιφερειακά του φακού ελέγχοντας τις αστιγματικές εκτροπές, στη διόφθαλμη όραση μειώνοντας το φαινόμενο του κυματισμού ελαχιστοποιώντας τη διαφορά της ταχύτητας της κίνησης των αντικειμένων που αντιλαμβάνεται από το δεξί και αριστερό οφθαλμό. Όσο αφορά την κεντρική όραση μεγάλωσαν το εύρος των οπτικών ζωνών οι οποίοι εκπληρούν πλήρη οπτική οξύτητα.

Για να προσφέρει στους προχωρημένους πρεσβύωπες ευρύτερα πεδία όρασης έγιναν βελτιώσεις στην περιφερειακή όραση μειώνοντας τον χρόνο που χρειαζόταν για να γίνει αντιληπτό ένα αντικείμενο χρησιμοποιώντας μαλακό σχεδιασμό, στη διόφθαλμη όραση μεγάλωνοντας τις οπτικές ζώνες πετυχαίνοντας έτσι μικρότερες περιφερειακές πρισματικές εκτροπές και κεντρικά διευρύνοντας τα πεδία προσφέροντας έτσι μέγιστη οπτική οξύτητα στη ενδιάμεση και κοντινή όραση.

Και στην Πέμπτη γενιά χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία multidesign. Επειδή παρατηρήθηκε ότι λόγω της αμετροπίας του κάθε πρεσβύωπα υπάρχει διαφορετική απόσταση εστίας της κοντινής όρασης δηλαδή για ένα μύωπα πρέπει να είναι μικρότερο από έναν υπερμέτρωπα, λήφθηκαν υπόψη από τις διάφορες εταιρείες και δημιουργήθηκαν οι ανάλογοι πολυεστιακοί φακοί, με διαφορετικές καινοτόμες ιδέες.

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Διπλεστιακοί και πολυεστιακοί φακοί επαφής

Ένας άλλος τρόπος διόρθωσης της πρεσβυωπίας, εντάσσοντας και την διόρθωση κάποιας ταυτόχρονης αμετροπίας, είναι η χρήση διπλεστιακών και πολυεστιακών φακών επαφής. Έχοντας υπόψη τους ταχύτατους ρυθμούς εξέλιξης της τεχνολογίας και την ιδιοτροπία των πρεσβυώπων ( εντονότερα στους νέους ), έχουν ανακαλυφθεί νέες καινοτόμες ιδέες, όσο αφορά την κατασκευή των συγκεκριμένων φακών επαφής, και μπορούμε να πούμε ότι πλέον υπάρχει μια αρκετά μεγάλη γκάμα επιλογής του σωστότερου φακού επαφής, ξεχωριστά για τον κάθε ασθενή, ώστε να του προσφέρει μία ικανοποιητική και άνετη όραση, τόσο στην μακρινή και ενδιάμεση, όσο και στην κοντινή όραση.

Ο πρώτος πολυεστιακός φακός επαφής προτάθηκε από τον Jessen στην Αμερική το 1958. Η ιδέα αφορούσε την κοπή μιας μικρής ζώνης στην πίσω επιφάνεια ενός θετικού διπλεστιακού φακού με πιο κυρτή ακτίνα καμπυλότητας. Υπήρχαν προβλήματα όμως τόσο σε όλη την κατεργασία του ( λείανση ) όσο και στις πλάγιες εκτροπές που παρουσίαζε.

Το 1974 ο Wesley στην Αμερική παρουσίαζε έναν νέο παρόμοιο φακό. Το 1962 ο Sohnges παρουσίασε έναν πολυεστιακό φακό με εστίες στην πρόσθια επιφάνεια, που αποτελείται από μία μικρή περιοχή στο κέντρο του φακού και συγκεντρωτικούς δακτύλιους πλάτους 0.5 mm και ο κάθε δακτύλιος αυξανόταν κατά 0.5 dpt προς την περιφέρεια. Το πρόβλημα ήταν ότι με αυτήν την κατασκευή δημιουργούταν σύγχυση εικόνας, δηλαδή μία έντονη εικόνα μαζί με μία θολή που επισκιάζεται από την εντονότερη. Παράλληλα υπάρχουν και πλάγιες εκτροπές, ειδικά σε μεγάλους βαθμούς. Βέβαια ο εγκέφαλος μπορεί να απορρίψει την θολή εικόνα και τις εκτροπές και αρκετοί χρήστες τέτοιων φακών αγνοούν αυτές τις παρενοχλήσεις.

Μια άλλη ανακάλυψη ήταν από την εταιρία Compucon Contact Lens Laboratory στην Αμερική παρουσιάζοντας τον φακό Presbycon με ειδική κατασκευή εστίας στην ασφαιρική οπίσθια επιφάνεια του φακού. Η περιφερειακή επιπέδωση της οπίσθιας επιφάνειας παρέχει συνεχώς κυμαινόμενο addition ( όσο μεγαλύτερη είναι η περιφερειακή επιπέδωση τόσο μεγαλύτερο addition μπορεί να επιτευχθεί.

Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά πλαστικά υλικά ενώ ο δείκτης διάθλασης της ζώνης ενδιάμεσης όρασης έχει τιμή ανάμεσα στο δείκτη διάθλασης της κοντινής εστίας και του υπολοίπου φακού. Οι εστίες πρέπει να είναι μικρές για μείωση του πάχους και των αντανakλάσεων (ειδική επεξεργασία με δύο διαφορετικές καμπυλότητες στην κοντινή εστία).

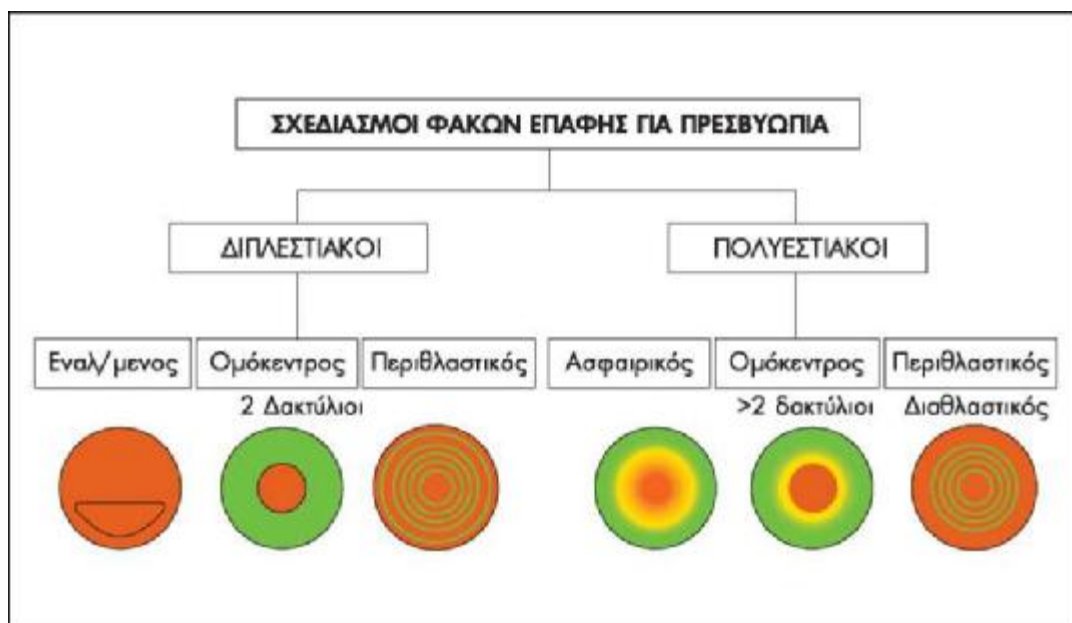
Σήμερα, υπάρχει διαθέσιμη στην αγορά μία ποικιλία σχεδιασμών διπλεστιακών / πολυεστιακών φακών οι οποίοι προσφέρουν διαφορετικές επιλογές για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, τόσο σε αρχόμενα όσο και σε πιο προχωρημένα στάδια. Ωστόσο, όπως θα συζητηθεί πιο διεξοδικά στη συνέχεια, είναι συχνά δύσκολο να καθοριστεί εκ των προτέρων ποια από τις επιλογές αυτές θα προσφέρει το καλύτερο τελικό αποτέλεσμα στον υποψήφιο χρήστη. Θα πρέπει ωστόσο να επισημανθεί το γεγονός ότι η επαρκής πληροφόρηση του χρήστη αναφορικό με τα θετικό και αρνητικό στοιχεία όλων των διαθέσιμων επιλογών και η διατήρηση ρεαλιστικών προσδοκιών, τόσο από την πλευρά του εφαρμοστή όσο και του χρήστη, αναμένεται να συμβάλλουν καθοριστικά στην επιτυχία της εφαρμογής. Οι σύγχρονοι διπλεστιακοί / πολυεστιακοί φακοί που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, ενδέχεται να διαθέτουν σχεδιασμό που προσφέρει εναλλασσόμενη (alternating) ή ταυτόχρονη (simultaneous) όραση.

### 3.2 Σχεδιασμοί εναλλασσόμενης όρασης

Η εναλλασσόμενη όραση επιτυγχάνεται με τη χρήση διπλεσσιακών 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, αντίστοιχα. 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 ένα πρόσθετο τμήμα που περιλαμβάνει τη διόρθωση και για ενδιάμεσες αποστάσεις (τριπλοεστιακοί φακοί), ενσωματώνεται στο σχεδιασμό (Bennett ES 2010).

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

Όπως προαναφέρθηκε, η επιτυχία στην εφαρμογή των αεροδιαπερατών (GP) φακών με εναλλασσόμενο σχεδιασμό έγκειται στην ορθή και προσανατολισμένη κίνηση του φακού σε σχέση με τον κερατοειδή και την κόρη, καθώς αλλάζει η βλεμματική θέση. Προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή θέση και ο προσανατολισμός του φακού σε σχέση με την κόρη σε όλες τις βλεμματικές θέσεις και να αποφευχθεί οποιαδήποτε περιστροφή του φακού στο μάτι, οι φακοί αυτοί διαθέτουν πρισματικό αντίβαρο, 1.5 περίπου πρισματικής διοπτρίας, σε συνδυασμό, σε αρκετές περιπτώσεις, με την παρουσία κατάλληλης εγκοπής η οποία διευκολύνει την απαιτούμενη κίνηση του φακού, εμποδίζοντας οποιαδήποτε περιστροφή.



*Σχήμα 3.1: Σχεδιασμοί φακών επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Το κόκκινο, πράσινο και κίτρινο χρώμα, αναπαριστούν περιοχές μακρινής, κοντινής και ενδιάμεσης διόρθωσης, αντίστοιχα. Οι σχεδιασμοί με ομόκεντρους δακτυλίους 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)*

Επίσης, η επιτυχής εφαρμογή των φακών αυτών απαιτεί ευθυγράμμιση με τον κερατοειδή, επικέντρωση σχετικά χαμηλά, με ικανοποιητική κίνηση κατά τους βλεφαρισμούς και ταχύτατη επανατοποθέτηση του φακού στην αρχική του θέση, μετά από κάθε βλεφαρισμό. Οι φακοί με εναλλασσόμενο σχεδιασμό απαιτούν αρκετή εμπειρία και δεξιοτήτα από τον εφαρμοστή, ο οποίος ενδείκνυται, τουλάχιστον κατά τις πρώτες εφαρμογές, να συμβουλευέται και να ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστή.

### **3.3 Σχεδιασμοί ταυτόχρονης όρασης**

Στους φακούς με σχεδιασμούς που προσφέρουν ταυτόχρονη όραση οι ακτίνες φωτός διέρχονται ταυτόχρονα μέσα από περιοχές μακρινής και κοντινής όρασης (διπλεστιακός σχεδιασμός) και ενδεχομένως και όρασης σε ένα σημαντικό εύρος ενδιάμεσων αποστάσεων (πολυεστιακός 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 αντίστοιχα, 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:

**α.** ένα εστιασμένο (καθαρό) είδωλο και

**β.** αρκετά μη-εστιασμένα (θολά) είδωλα.

Είναι προφανές ωστόσο, ότι τα μη-εστιασμένα είδωλα περιορίζουν την αντίθεση φωτεινότητας (contrast) του εστιασμένου ειδώλου, δημιουργώντας ένα αμφιβληστροειδικό είδωλο μειωμένου contrast σε σχέση με εκείνο που δημιουργείται με ένα φακό μονής όρασης (*Charman WN, Saunders B 1990*), ιδιαίτερα σε υψηλές χωρικές συχνότητες (*Rajagopalan AS, Bennett ES, Lakshmi- narayanan V, 2006*).

Η μείωση της αντίθεσης φωτεινότητας εξαρτάται από τη σχετική αναλογία του φωτός που συμμετέχει στη δημιουργία του καθαρού αμφιβληστροειδικού ειδώλου και του φωτός που συμμετέχει στη δημιουργία των μη-εστιασμένων ειδώλων. Η αναλογία αυτή ποικίλει με τις μεταβολές στη διάμετρο της κόρης, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού ή ανάλογα με τις δραστηριότητες του ατόμου. 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 (*Bakaraju RC, Ehrmann K, Ho A, Papas E 2010*).



Όπως και με τη μονοόραση, η απόδοση και λειτουργικότητα των φακών με ταυτόχρονο σχεδιασμό καθορίζεται από τις αρχές της προσαρμογής και της ανοχής στη θόλωση και την ικανότητα καταστολής των μη-εστιασμένων ειδώλων, η οποία λαμβάνει χώρα στο επίπεδο του οπτικού φλοιού του εγκεφάλου. 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/πολυεστιακοί φακοί ταυτόχρονου σχεδιασμού κατατάσσονται σε τρεις υποκατηγορίες:

- α. σε φακούς με περιθλαστικό σχεδιασμό,
- β. σε φακούς με δύο ή πολλαπλούς ομόκεντρους δακτυλίους και
- γ. σε φακούς με ασφαιρικό σχεδιασμό.

### 3.3.1 Περιθλαστικός σχεδιασμός

Οι φακοί επαφής με περιθλαστικό σχεδιασμό είναι σχεδιασμένοι για να παρέχουν διπλεσσιακότητα σε όλη την έκταση της οπτικής ζώνης του φακού. Περιλαμβάνουν έναν πριονωτό 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. Το ύψος της φασέτας καθορίζει την κατανομή του φωτός μεταξύ μακρινών και κοντινών ειδώλων, με τις "βαθύτερες" και "ρηχότερες" αυλακώσεις να κατευθύνουν περισσότερο φως στα κοντινά και τα μακρινά είδωλα, αντίστοιχα. 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% 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 τάξεις (16%) ή διαχέεται (4%), οδηγώντας σε σημαντική μείωση της χαμηλού contrast οπτικής οξύτητας και σε λάμπσεις σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (*Charman WN, Saunders B 1990*).

Ο βασικός διπλεσσιακός σχεδιασμός μπορεί να τροποποιηθεί για να συμπεριλάβει ένα περιθλαστικό προφίλ και μία διαθλαστική επιφάνεια μέσα στην οπτική ζώνη. Ο περιθλαστικός διπλεσσιακός σχεδιασμός έχει το θεωρητικό πλεονέκτημα ότι η ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου δεν επηρεάζεται από μεταβολές στο μέγεθος της κόρης, καθώς όλα τα τμήματα της οπτικής ζώνης συμβάλλουν εξίσου στη δημιουργία ειδώλων, τόσο από τα μακρινά όσο και από τα κοντινά αντικείμενα.

Πραγματοποιώντας μικρές τροποποιήσεις στην κατασκευή, είναι πιθανό να τροποποιηθούν οι σχετικές αναλογίες του περιθλώμενου φωτός που συμβάλλει στη δημιουργία μακρινών και κοντινών ειδώλων στον αμφιβληστροειδή, σύμφωνα πάντα με τις απαιτήσεις της όρασης (*Plainis S, Atchison DA, Charman WN 2011*). Σε κάποιες περιπτώσεις οι φακοί με περιθλαστικό σχεδιασμό ενσωματώνουν μια τεχνολογία η οποία ονομάζεται απόδυση (apodization), κατά την οποία το ύψος των δακτυλίων ελαττώνεται σταδιακά από το κέντρο προς την περιφέρεια του φακού. Με τον τρόπο αυτό η απόδοση του φακού επηρεάζεται από

την κορική διάμετρο: για μικρής διαμέτρου κόρη ο φακός συμπεριφέρεται ως "τυπικός" διπλεστικός φακός, ενώ καθώς η διάμετρος της κόρης μεγαλώνει, το φως διέρχεται από τις εξωτερικές ζώνες του φακού, όπου το ύψος των δακτυλίων ελαττώνεται. Αυτό έχει ως συνέπεια να περιορίζεται σημαντικά το φαινόμενο της περίθλασης, αυξάνοντας το ποσό του φωτός που διέρχεται μέσα από μία εστία (τη μακρινή), ενισχύοντας τη μακρινή όραση.

Ο περιθλαστικός σχεδιασμός εμφανίζεται συνήθως σε αεροδιαπερατούς (GP) φακούς επαφής. 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 ότι ένα σημαντικό ποσοστό φωτός δε συνεισφέρει στη δημιουργία του μακρινού ή του κοντινού ειδώλου, αλλά χάνεται με συνέπεια σημαντική μείωση στο contrast και την ποιότητα όρασης.

### 3.3.2 Σχεδιασμός ομόκεντρων δακτυλίων

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, αντίστοιχα. 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 κατάλληλα, έτσι ώστε να ενισχυθεί η μακρινή ή η κοντινή όραση, σύμφωνα με τις εξατομικευμένες ανάγκες του κάθε χρήστη.

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. Το κεντρικό τμήμα, με διάμετρο ίση περίπου με τα  $2/3$  της διαμέτρου της κόρης σε μεσοπικές συνθήκες, προορίζεται είτε για τη μακρινή είτε για την κοντινή όραση, με την περιφερική περιοχή να διαθέτει την κοντινή ή τη μακρινή διόρθωση, αντίστοιχα. Όπως με όλους τους σχεδιασμούς ταυτόχρονης όρασης, έτσι και στους φακούς με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων απαιτείται καλή επικέντρωση και μικρή κινητικότητα κατά τους βλεφαρισμούς (*Charman WN, Walsh G, 1986*).

Η απόδοση των φακών με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων, οι οποίοι διαθέτουν στην κεντρική περιοχή είτε τη μακρινή είτε την κοντινή διόρθωση, επηρεάζεται σημαντικά από την κορική διάμετρο και τις συνθήκες φωτισμού, καθώς αυτές επηρεάζουν σημαντικά το "ισοζύγιο" μεταξύ μακρινής και κοντινής όρασης. Επομένως μία συγκεκριμένη διάμετρος κεντρικής ζώνης είναι ιδανική για μία συγκεκριμένη κορική διάμετρο και συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού. Κάθε απόκλιση από αυτό το "ισοζύγιο" θα επηρεάζει δυσμενώς τη ποιότητα της όρασης (*Charman WN, Saunders B, 1990*).

Η διάμετρος της κεντρικής ζώνης στους περισσότερους φακούς με σχεδιασμό ομόκεντρων δακτυλίων, οι οποίοι διαθέτουν την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή, συνήθως δεν υπερβαίνει τα 3 mm. Η εφαρμογή ενός φακού με μεγαλύτερη διάμετρο κοντινής κεντρικής ζώνης αναμένεται να ενισχύσει την κοντινή όραση. Εάν η εφαρμογή, διόφθαλμα, φακών με την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή δεν παρέχει καλή μακρινή διόρθωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της τροποποιημένης μονο-όρασης. Η εφαρμογή ενός φακού με τη μακρινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή στο επικρατές μάτι, ή εναλλακτικά ενός φακού με

μικρότερη διάμετρο κεντρικής κοντινής ζώνης, θα ενίσχυε σημαντικά τη μακρινή όραση. Αντίθετα, όταν εφαρμόζονται διόφθαλμα φακοί με τη μακρινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή, η μακρινή όραση θα ενισχύεται, ενδεχομένως εις βάρος της κοντινής όρασης. Η ενίσχυση της κοντινής όρασης θα μπορούσε να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας και πάλι τη μέθοδο της τροποποιημένης μονο-όρασης, εφαρμόζοντας πλέον στο μη-επικρατές μάτι ένα φακό με κεντρική κοντινή διόρθωση.

Η απόδοση ενός φακού με σχεδιασμό πολλαπλών ομόκεντρων δακτυλίων, οι οποίοι διαθέτουν εναλλάξ τη μακρινή και την κοντινή διόρθωση φαίνεται ότι δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβολές στην κορική διάμετρο και τις συνθήκες φωτισμού. Το εύρος και η απόσταση των δακτυλίων καθορίζεται από τις διακυμάνσεις της κορικής διαμέτρου, ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.

Στους αεροδιαπερατούς φακούς (GP), ο σχεδιασμός ομόκεντρων δακτυλίων περιλαμβάνει πολλαπλές οπτικές ζώνες με τη διαθλαστική δύναμη να μεταβάλλεται σταδιακά από τις κεντρικές προς τις περιφερικές ζώνες. Συνήθως, η μακρινή και η κοντινή διόρθωση εντοπίζεται στο κέντρο και την περιφέρεια του φακού, αντίστοιχα. Οι φακοί αυτοί προσφέρουν λοιπόν συνδυαστικά ταυτόχρονη και εναλλασσόμενη όραση, καθώς απαιτείται μικρού βαθμού εναλλαγή της μακρινής και της κοντινής διόρθωσης, ανάλογα με τη βλεμματική θέση, λιγότερη από αυτήν που συναντάται στους φακούς με αμιγή εναλλασσόμενο σχεδιασμό. Στους φακούς με τη μακρινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή, εκτός από καλή επικέντρωση απαιτείται μία ήπια κίνηση του φακού προς τα πάνω, καθώς ο χρήστης χαμηλώνει το βλέμμα του, προκειμένου να ενισχυθεί η κοντινή όραση.

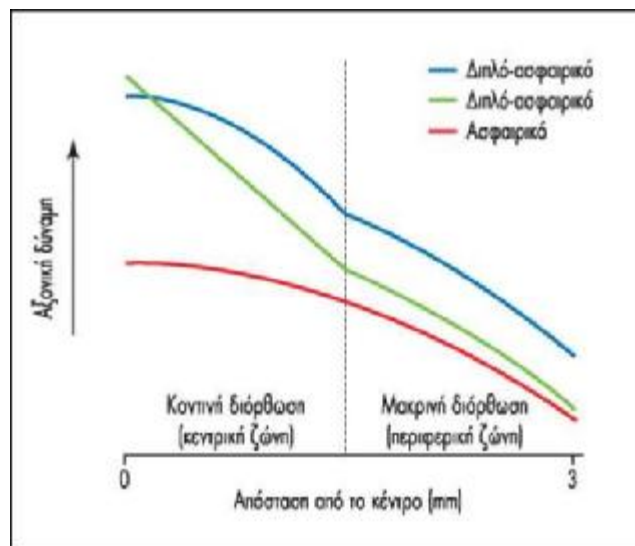
### 3.3.3 Ασφαιρικός σχεδιασμός

Οι φακοί με ασφαιρικό σχεδιασμό αποτελούν μία περαιτέρω επιλογή για τον πρεσβύωπα. Οι φακοί αυτοί 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 μία σταδιακά μεγαλύτερη δύναμη είτε στο κέντρο (center-near) είτε στην περιφέρεια της οπτικής ζώνης του φακού (center-distance). Η ασφαιρικότητα της επιφάνειας και το προφίλ της δύναμης καθορίζονται από το βαθμό της απόκλισης από μία σφαιρική επιφάνεια, ο οποίος μπορεί να προσδιοριστεί από την τιμή της εκκεντρότητας (eccentricity,  $e$ ), παράμετρος η οποία περιγράφει το ρυθμό μεταβολής της καμπυλότητας της επιφάνειας σε σχέση με την απόσταση από τον άξονα του φακού (Charman WN, Walsh G, 1988). Συνεπώς, μεταβάλλοντας ο κατασκευαστής την τιμή της παραμέτρου  $e$ , 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 το χρήστη. Ως συνέπεια η πολυεστιακότητα επιτυγχάνεται ενσωματώνοντας ελεγχόμενη αρνητική σφαιρική εκτροπή στους φακούς με την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή (center-near) και ελεγχόμενη θετική σφαιρική εκτροπή στους φακούς με την κοντινή διόρθωση στην περιφέρεια της οπτικής ζώνης (center-near). Αυτή η διακύμανση στη δύναμη είναι πιθανό να προκαλέσει μείωση στην ευκρίνεια του αμφιβληστροειδικού ειδώλου σε σχέση με την ευκρίνεια του ειδώλου 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 τη μείωση της ευκρίνειας του αμφιβληστροειδικού ειδώλου εξαιτίας της προκαλούμενης σφαιρικής εκτροπής, οι φακοί προσφέρουν αυξημένο βάθος εστίασης, γεγονός το οποίο αντισταθμίζει την απώλεια της προσαρμογής. Επίσης, 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 σχετικό 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 το λόγο αυτό, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερα ADD, έχουν σχεδιαστεί διπλο-ασφαιρικές επιφάνειες στις οποίες η διακύμανση της δύναμης δεν είναι συνεχής, με την κεντρική περιοχή (~2.5 mm 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 (*Plainis S, Atchison DA, Charman WN, 2011*).

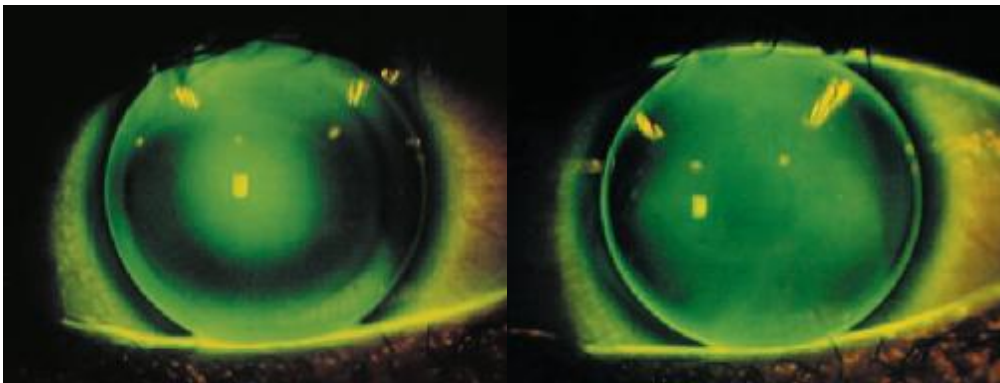


Σχήμα 3.2: Πολυεστιακοί φακοί ασφαιρικού σχεδιασμού: η σταδιακή αύξηση της δύναμης προς την κεντρική οπτική ζώνη του φακού (που αντιστοιχεί στην κοντινή διόρθωση) αυξάνει το Βάθος εστίας, ανάλογα με τη διάμετρο της κόρης. Σχετικά ικανοποιητική αύξηση του Βάθους εστίας μπορεί να επιτευχθεί με μία ασφαιρική επιφάνεια (κόκκινη καμπύλη), ωστόσο, μεγαλύτερο Βάθος εστίας επιτυγχάνεται μόνο με την κατασκευή διπλο-ασφαιρικών επιφανειών (μπλε και πράσινη καμπύλη).

Προκειμένου να επιτευχθεί ευκρινής ταυτόχρονη όραση με πολυεστιακούς φακούς ασφαιρικού σχεδιασμού, απαιτείται καλή επικέντρωση και σχετικά μικρή κινητικότητα κατά τους βλεφαρισμούς, προκειμένου οι ζώνες μακρινής και κοντινής διόρθωσης να βρίσκονται πάντα της κόρης. Η κακή επικέντρωση των φακών δημιουργεί μεγαλύτερο πρόβλημα στη μακρινή όραση και σε μεγαλύτερης διαμέτρου κόρες. Επίσης η απόδοση στην κοντινή όραση των φακών που διαθέτουν την κοντινή διόρθωση στην κεντρική περιοχή ενδέχεται να μειωθεί, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης της αρνητικής σφαιρικής εκτροπής του φακού με την εγγενή θετική σφαιρική εκτροπή που συναντάται στο μέσο φυσιολογικό μάτι (*Plakitsi A, Charman WN, 1997*).

Ο σχεδιασμός αυτός συναντάται τόσο σε αεροδιαπερατούς (GP), όσο και σε μαλακούς φακούς επαφής. Εξαιτίας του σχεδιασμού τους, η απόδοση των φακών αυτών επηρεάζεται από το μέγεθος της κόρης, προκαλώντας καποιες φορές μείωση της ευκρίνειας της κοντινής ή της μακρινής όρασης, ανάλογα με τις διαφορές στο ποσοστό κάλυψης της κόρης από τις ζώνες κοντινής και μακρινής διόρθωσης.

Οι αεροδιαπερατοί (GP) φακοί με ασφαιρικό σχεδιασμό ταξινομούνται ανάλογα με την εκκεντρότητά τους ή ανάλογα με το αν διαθέτουν την ασφαιρικότητα στην πρόσθια ή την οπίσθια επιφάνεια. Όπως και στους μαλακούς, έτσι και στους αεροδιαπερατούς (GP) φακούς επαφής, η καλή επικέντρωση είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχημένη εφαρμογή, με συνέπεια οι φακοί μεγαλύτερης διαμέτρου να έχουν συνήθως καλύτερη απόδοση. Οι φακοί αυτοί θα πρέπει να κινούνται ελαφρώς, προκειμένου να φέρνουν μπροστά από την κόρη τις περιοχές με τη μακρινή και την κοντινή διόρθωση, ωστόσο λιγότερο από τους διπλεστικάκούς φακούς, εξαιτίας των μικρότερων οπτικών ζωνών που διαθέτουν. Συνεπώς, η απόδοση των φακών αυτών θα εμφανίζει αρκετούς περιορισμούς σε χρήστες με μεγάλη κορική διάμετρο.



*Σχήμα 3.3: Εφαρμογή ενός αεροδιαπερατού (GP) φακού με ασφαιρικό σχεδιασμό μόνο στην οπίσθια επιφάνεια (αριστερά) ή ταυτόχρονη ασφαιρικότητα στην πρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια (δεξιά).*

### **3.4 Σκληροί διπλεστικάκοί φακοί επαφής**

Είναι δυνατόν και η κατασκευή των σκληρών διπλεστικάκων φακών επαφής να γίνει για συγκεκριμένη διόρθωση αμετροπίας για κάθε ασθενή ξεχωριστά (μεγάλος αστιγματισμός σε περίπτωση κερατόκωνου, ανισομετροπία κ. λ. π.). Έτσι, μπορεί να σχεδιαστεί και σε διπλεστικάκη μορφή παρέχοντας επίσης ταυτόχρονη διόρθωση της πρεσβυπίας.

Παλιά χρησιμοποιούταν η συμπαγής κατασκευή (solid) με την κοντινή εστία στην πίσω επιφάνεια. Υπάρχει δυνατότητα μεταβολής της θέσης του seg, αφαιρώντας τμήμα της περιφέρειας από το κατώτερο ή ανώτερο άκρο του φακού, με στόχο χαμήλωμα ή ανύψωση για καλύτερα οπτικά αποτελέσματα.

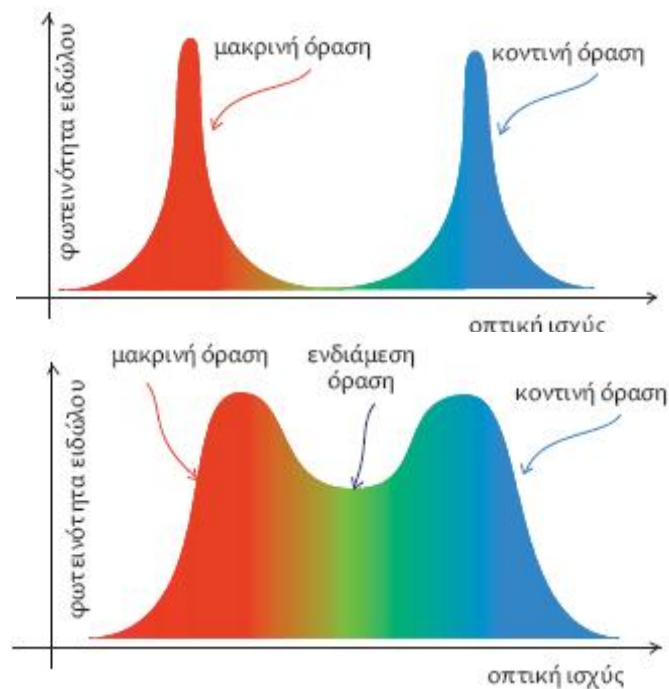
Πλέον χρησιμοποιούνται οι σκληροί αεροδιαπερατοί (ημισκληροί) φακοί επαφής (υλικό GP για μεγαλύτερη οξυγόνωση του κερατοειδούς) με σχεδιασμό παρόμοιο με αυτόν του διπλεστικάκου οφθαλμικού φακού. Δηλαδή υπάρχουν δύο ζώνες, μία για να προσφέρει μακρινή διόρθωση και η κάτω ζώνη για να διορθώνει την πρεσβυπία, οι οποίες ζώνες διαχωρίζονται από μία διακριτική γραμμή (εξαλείφοντας το πρόβλημα της αναπήδησης εικόνας). Ο φακός παραμένει στην θέση του λόγω του σχήματός του, το οποίο είναι ημισέληνο δηλαδή ο φακός έχει τμήματα άνισου πάχους. Η επίτευξη της εφαρμογής

εξαρτάται από την εγκεφαλική λειτουργία και από το αν το μάτι θα μπορεί να αποκρύψει τις θολές εικόνες και να λάβει μόνο αυτές που θέλει πραγματικά να δει.

### 3.5 Υδρόφιλοι πολυεστιακοί φακοί

Οι υδρόφιλοι (μαλακοί) πρεσβυωπικοί φακοί λόγω της σχεδίασής τους και του τρόπου εφαρμογής τους, χαρακτηρίζονται ως ταυτόχρονης όρασης. Αυτό σημαίνει ότι ανάλογα με το σχεδιασμό, η κόρη καλύπτεται από μια οπτική ζώνη όπου υπάρχει η μακρινή, η κοντινή, και - ενδεχομένως- και η ενδιάμεση διόρθωση.

Η κατηγοριοποίηση ανάμεσα σε διπλεστιακούς και πολυεστιακούς φακούς δεν είναι ξεκάθαρη, διότι κάποιοι σχεδιασμοί δεν προσφέρουν αρκετό εύρος ενδιάμεσης όρασης, οπότε με πραγματικά δεδομένα η ενδιάμεση όραση είναι αποτέλεσμα του σχεδιασμού της οπτικής ζώνης που χρησιμοποιείται τελικά (άμεσα εξαρτώμενη από το μέγεθος της κόρης) και της στρατηγικής του εφαρμοστή (τροποποιημένη μονο-όραση).

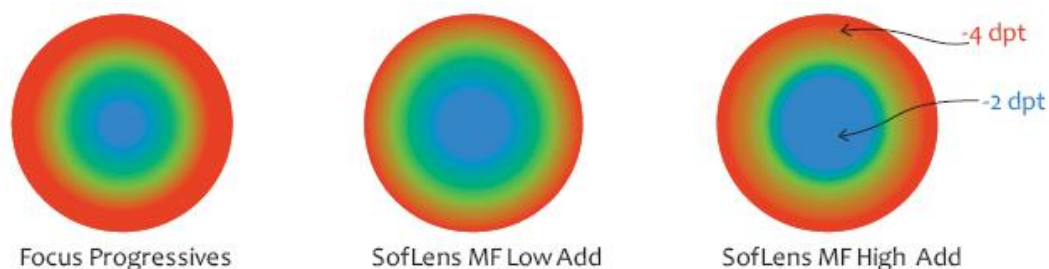


Σχήμα 3.4: Κατανομή ισχύος σε διπλεστιακούς φακούς (a) και σε πολυεστιακούς φακούς επαφής (b). Και στους δύο στην κοντινή όραση αντιστοιχεί μεγαλύτερη οπτική ισχύς, αλλά στους πολυεστιακούς η μετάβαση ανάμεσα στις ζώνες είναι ομαλή.

Μια σημαντική διαφορά είναι ότι στους διπλεστιακούς φακούς υπάρχει μια σαφής μετάβαση από τη μία ζώνη στην άλλη, δηλαδή η κάθε οπτική ζώνη έχει σταθερή οπτική ισχύ. Αντίθετα, στους πολυεστιακούς φακούς έχουμε μια ομαλή μετάβαση από τη μακρινή στην κοντινή ζώνη, συνέπεια και της ασφαιρικότητας της (πολυεστιακής) επιφάνειας, δηλαδή η οπτική ισχύς αλλάζει προοδευτικά από την περιφέρεια του φακού προς το κέντρο. Έτσι, η οπτική ισχύς μπορεί να γίνεται

### 3.6 Κέντρο κοντινής διόρθωση με περιφέρεια μακρινής διόρθωσης

Ο σχεδιασμός αυτός βασίζεται στο φαινόμενο της μύσης κατά την προσαρμογή: όταν ο οφθαλμός προσηλώνει για να δει σε κοντινή απόσταση, ενεργοποιείται ο μηχανισμός της προσαρμογής και η κορική διάμετρος μικραίνει (μύση). Έτσι, η κόρη καλύπτει κυρίως το εύρος της κεντρικής οπτικής ζώνης του φακού, που είναι σχεδιασμένη για την κοντινή όραση. Κατά τη μακρινή όραση, ο μηχανισμός της προσαρμογής δεν είναι ενεργός, η κόρη μεγαλώνει (μυδρίαση), και καλύπτει και την περιφερειακή οπτική ζώνη του φακού, σχεδιασμένη για τη μακρινή όραση.



Σχήμα 3.5: Κατανομή οπτικής ισχύος σε πολυεστιακούς φακούς με κέντρο κοντινής και περιφέρεια μακρινής διόρθωσης. Η οπτική ισχύς προοδευτικά γίνεται πιο θετική (+) προς το κέντρο του φακού και ειδικά στο φακό SofLens MF High Add υπάρχει μια επιπλέον ζώνη μεγαλύτερης (+) δύναμης στο κέντρο (πηγή Bausch + Lomb).

Οι φακοί αυτοί έχουν πρόσθια ασφαιρικότητα. με την πρόσθια επιφάνεια του φακού στο σχήμα μιας προμήκουσ έλλειψης, δηλαδή ο φακός έχει τη μέγιστη καμπυλότητα (μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας) στο κέντρο και σταδιακά επιπεδώνεται προς την περιφέρεια. Είναι δικαμπυλωτής σχεδίασης, με την πολυεστιακή επιφάνεια να καλύπτει όλο το εύρος της κεντρικής οπτικής ζώνης. Μια παραλλαγή αυτού του σχεδιασμού είναι η χρήση της κοντινής κεντρικής ζώνης σε συνδυασμό με την περιφερειακή ζώνη για ενδιάμεση όραση. Αυτή η λύση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν στον άλλον οφθαλμό χρησιμοποιείται φακός που εγγυάται αποδεκτή μακρινή οπτική οξύτητα, γιατί σε άλλη περίπτωση η μακρινή όραση θα είναι ιδιαίτερα μειωμένη.

Εταιρεία	Όνομα φακού	Σχόλια	Χαρακτηριστικά
Eyeart	Omega Near	Ετήσιοι, add ανά 0.25 dpt, με εύρος από 0.75 dpt έως 4.00 dpt, και με εξατομικευμένη διάμετρο οπτικής ζώνης ανά 0.50 mm.	Τέσσερις επιλογές υλικών (περ. νερού 42%, 49% και 50%, συν σιλικόνης υδρογέλης 74% Υ <sup>ια</sup> τριμηνιαία αντικατάσταση), καμπυλότητες ανά 0.10 mm, διάμετρος (0) 14.20, 14.50 και 14.80 mm.
Bausch + Lomb	SofLens Multifocal	Συχνής αντικατάστασης, δυο add (low για add μέχρι 1.50, low add στο κυρίαρχο, high add στο υπολειπόμενο για add 1.50-2.00, και high για	Περιεκτικότητα νερού 38% (μη ιονικό υλικό), καμπυλότητες 8.50 και 8.80 mm, διάμετρος (0) 14.50 mm.

		add από 2.00 μέχρι 2.50 dpt).	
Bausch + Lomb	Purevision Multifocal	Όπως παραπάνω.	Σιλικόνης υδρογέλης, περιεκτικότητα νερού 36% (ιονικό υλικό), καμπυλότητα 8.60 mm, 0 14.00 mm.
Ciba Vision	Focus Progressives	Συχνής αντικατάστασης.	Περιεκτικότητα νερού 55%, καμπυλότητα 8.60 mm, 0 14.20 mm.
Ciba Vision	Focus Dailies Progressives	Ημερήσιοι, 1 add.	Περιεκτικότητα νερού 69% (μη ιονικό υλικό), καμπυλότητα 8.60 mm, διάμετρος (0) 13.80 mm.
Ciba Vision	Air Optix Aqua multifocal	Συχνής αντικατάστασης, τρία add (low για add έως 1.00 dpt, med για add από 1.25 μέχρι 2.00 dpt, hi για add πάνω από 2.00 dpt).	Σιλικόνης υδρογέλης, περιεκτικότητα νερού 33% (μη ιονικό υλικό), καμπυλότητα 8.60 mm, διάμετρος (0) 14.20 mm.
Ciba Vision	Cibasoft Progressive Toric	Ετήσιοι, οπίσθιος κύλινδρος μέχρι -2.75 dpt, εμπρόσθια πολυεστιακή επιφάνεια με add μέχρι 3.00 dpt.	Περιεκτικότητα νερού 38% (μη ιονικό υλικό), καμπυλότητες 8.60, 8.90 mm, διάμετρος (0) 14.50 mm.
Cooper Vision	Proclear Multifocal N και Proclear Multifocal Toric N	Συχνής αντικατάστασης <sup>Λ</sup> .	Περιεκτικότητα νερού 62%, τέσσερα add (1.00, 1.50, 2.00, και 2.50 dpt), καμπυλότητα 8.70 mm, διάμετρος (0) 14.40 mm, κύλινδρος -0.75 dpt έως -5.75 dpt ανά 0.25 dpt.
Cooper Vision	Proclear Multifocal XR N	Συχνής αντικατάστασης.	Περιεκτικότητα νερού 59%, add 1.00 έως 4.00 dpt ανά 0.50 dpt, καμπυλότητες 8.40 και 8.70 mm, διάμετρος (0) 14.40 mm.
Blanchard	Essential Soft Toric Multifocal	Ετήσιοι, οπίσθιος κύλινδρος μέχρι -3.00 dpt και εμπρόσθια πολυεστιακή επιφάνεια με add μέχρι 3.00 dpt.	Περιεκτικότητα νερού 49%, συνδυασμοί καμπυλότητας και διαμέτρου (0): 8.80/14.80, 8.50/14.40 και 8.20/14.00 mm.
Blanchard	Esstech Soft PS και PSD	Ετήσιοι, παραλλαγή PS με add 2.25 dpt, PSD με add 1.50 dpt.	Περιεκτικότητα νερού 49%, ακτίνες καμπυλότητας 8.30, 8.70 και 9.10 mm, διάμετρος (0) 14.00 mm.



Blanchard	Quattro	Τριμηνιαίος, 1 addition.	Περιεκτικότητα νερού 49%, συνδυασμοί καμπυλότητας και 0 8.80/14.50 και 8.40/14.20 mm.
-----------	---------	--------------------------	---

*Πίνακας 3.1: Οι μαλακοί πολυεστιακοί φακοί επαφής με σχεδίαση κεντρικής ζώνης για την κοντινή όραση.*

Ένα μειονέκτημα του σχεδιασμού με κέντρο κοντινής όρασης είναι ότι η μακρινή όραση μπορεί να μην είναι ικανοποιητική αν η κόρη είναι γενικά μικρή. Οι φακοί του σχεδιασμού αυτού είναι πιο εύκολο να κατασκευαστούν, και γι' αυτό υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογών από πολλές εταιρείες.

Μια συνέπεια του σχεδιασμού φακών με κέντρο κοντινής όρασης είναι ότι για αποδεκτή μακρινή όραση σε μια φωτεινή ημέρα ο χρήστης πρέπει απαραίτητα να φορά γυαλιά ηλίου. Αν όχι, η κόρη συστέλλεται (μύση), με αποτέλεσμα ο χρήστης να βλέπει (μόνο) από την κοντινή ζώνη! Με τα γυαλιά ηλίου, η κόρη μεγαλώνει σε διάμετρο και ο χρήστης βλέπει και από τη μακρινή οπτική ζώνη. Ο χρήστης πολυεστιακών φακών με κέντρο κοντινής όρασης πρέπει να φορά γυαλιά ηλίου όταν οδηγεί σε μέρες με ηλιοφάνεια.

Είναι απαραίτητο, κάθε φορά που προτείνουμε ένα νέο μαλακό πολυεστιακό φακό, να κάνουμε δοκιμαστική εφαρμογή, και να μην υποθέτουμε ότι ο καινούργιος και ο παλιός φακός είναι ίδιοι σχεδιαστικά, με μόνη αλλαγή στο υλικό. Χρειάζεται προσοχή κατά τη μετάβαση ενός χρήστη πολυεστιακών γυαλιών σε φακούς της κατηγορίας αυτής. Στα πολυεστιακά γυαλιά η χρήση της ζώνης κοντινής όρασης επιτυγχάνεται με κίνηση των οφθαλμών προς τα κάτω, ενώ η κεφαλή παραμένει σταθερή. Αντίθετα, στους φακούς αυτούς η χρήση της ζώνης κοντινής όρασης επιτυγχάνεται με κίνηση της κεφαλής προς τα κάτω, εξασφαλίζοντας ότι χρησιμοποιείται η κεντρική (κοντινή) οπτική ζώνη του φακού.

### **3.7 Κέντρο μακρινής διόρθωσης με περιφέρεια κοντινής διόρθωσης**

Ο σχεδιασμός με κέντρο μακρινής διόρθωσης αναιρείτο μειονέκτημα του προηγούμενου, δηλαδή την πιθανή μείωση της μακρινής οπτικής οξύτητας λόγω της κεντρικής κοντινής ζώνης, που είναι πάντα μπροστά από την κόρη, καλύπτοντάς την πλήρως ή μερικά. Έτσι, οι φακοί με κέντρο μακρινής διόρθωσης προσφέρουν καλύτερη μακρινή οπτική οξύτητα, ίσως όμως σε βάρος της κοντινής.

Ωστόσο, ενώ είναι πρεσβυωπικοί, οι χρήστες είναι πιο έτοιμοι να κάνουν συμβιβασμό στην κοντινή οπτική οξύτητα παρά στη μακρινή. Ο λόγος είναι ίσως ότι οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν αποδεχθεί την απώλεια ευκρίνειας της κοντινής όρασης, και μια όχι πλήρης βελτίωσή της δεν τους ενοχλεί, ενώ αντίθετα, είναι συνηθισμένοι από μικρή ηλικία να βλέπουν καθαρά μακριά, και ακόμα και μια μικρή μείωση της μακρινής οπτικής οξύτητας τους δυσχεραστεί.

Εταιρεία	Όνομα φακού	Σχόλια - Χαρακτηριστικά
Eyeart	Omega Far	Ετήσιοι, add ανά 0.25 dpt, με εύρος add από 0.75 dpt έως 4.00 dpt, και με εξατομικευμένη 0 οπτικής ζώνης ανά 0.50 mm, καμπυλότητες ανά 0.10 mm, διαμέτροι (0) 14.20, 14.50 και 14.80 mm.

Cooper Vision	Proclear EP* (Emerging Presbyope)	Συχνής αντικατάστασης, περιεκτικότητα νερού 60%, ένα add για additions μέχρι 1.25 dpt, καμπυλότητα 8.70 mm, διάμετρος 14.40 mm.
Cooper Vision	Proclear Multifocal D και Proclear Multifocal Toric D <sup>^</sup>	Περιεκτικότητα νερού 62%, τέσσερα add (1.00, 1.50, 2.00, και 2.50 dpt), καμπυλότητα 8.70 mm, διάμετρος 14.40 mm, κύλινδρος -0.75 dpt έως -5.75 dpt ανά 0.25 dpt.
Cooper Vision	Proclear Multifocal XR D <sup>^</sup>	Περιεκτικότητα νερού 59%, add 1.00 dpt έως 4.00 dpt ανά 0.50 dpt, καμπυλότητες 8.40 και 8.70 mm, διάμετρος 14.40 mm.

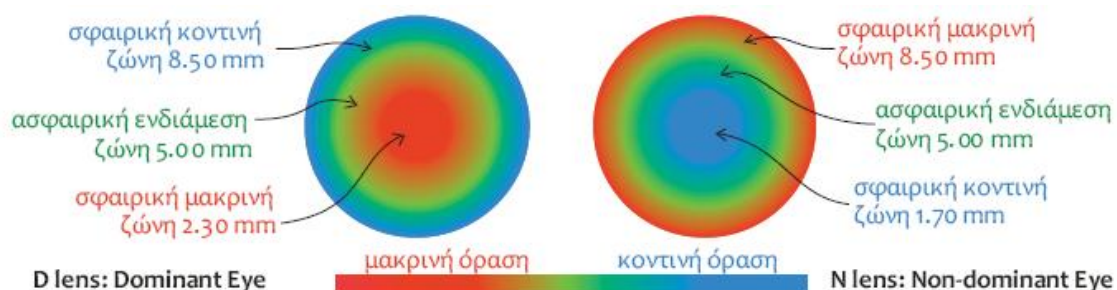
Πίνακας 3.2: Οι μαλακοί πολυεστιακοί φακοί επαφής με σχεδίαση κεντρικής ζώνης για τη μακρινή όραση.

Συνήθως η οπίσθια επιφάνεια του φακού είναι ασφαιρική (πεπλατυσμένη έλλειψη), με τη μικρότερη καμπυλότητα (μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας) στο κέντρο και τη μεγαλύτερη καμπυλότητα στην περιφέρεια της οπτικής ζώνης, και σε ελάχιστες περιπτώσεις μπορεί και το αντίθετο. Με αυτό το σχεδιασμό, η απόδοση της κοντινής όρασης βασίζεται στο ποσοστό του περιφερειακού τμήματος της οπτικής ζώνης που βρίσκεται μπροστά από την κόρη.

Γενικά, αν η κόρη είναι σχετικά μεγάλη, τότε μάλλον θα ταιριάζει καλύτερα σε αυτή φακός με κέντρο κοντινής διόρθωσης, και αντίθετα, αν η κόρη είναι σχετικά μικρή, τότε ίσως είναι καλύτερος ένας φακός με κέντρο μακρινής διόρθωσης. Σε αυτή την περίπτωση όμως, η κοντινή διόρθωση μπορεί να μην είναι ικανοποιητική.

Ένα μειονέκτημα του σχεδιασμού με κέντρο μακρινής όρασης είναι ότι η μακρινή όραση μπορεί να μην είναι ικανοποιητική αν η κόρη είναι γενικά μεγάλη και το εύρος της μακρινής ζώνης είναι περιορισμένο. Οι φακοί του σχεδιασμού αυτού είναι πιο δύσκολο να κατασκευαστούν, και γι' αυτό δεν υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογών.

Οι φακοί της Eyeart (Omega Far & Omega Near), και οι συχνής αντικατάστασης πολυεστιακοί φακοί της Cooper Vision (Proclear με ή χωρίς συνδυασμό με αστιγματισμό), κυκλοφορούν σε παραλλαγές με κεντρική όραση για μακριά (D, Dominant Eye), που θα φορεθεί κατά κανόνα από τον κυρίαρχο οφθαλμό, και με κεντρική όραση για κοντά (N, Non-dominant Eye), που θα φορεθεί από τον υπολειπόμενο, αντίστοιχα. Τέτοιοι φακοί είναι κατάλληλοι για εφαρμογή τροποποιημένης μονο-όρασης.



Σχήμα 3.6: Οι φακοί συχνής αντικατάστασης της CooperVision διατίθενται σε παραλλαγές D και N, για το κυρίαρχο και το μη κυρίαρχο οφθαλμό.

Ο συνδυασμός των φακών αυτών στον ίδιο υποψήφιο συνιστάται ώστε να επιτύχει ο εφαρμοστής την κατάλληλη όραση. Η συμβουλή των εγχειριδίων εφαρμογής είναι απαραίτητη, αλλά και η ευρηματικότητα και η επινοητικότητα του εφαρμοστή -που πρέπει να στηρίζονται σε γερές βάσεις πολυεστιακής οπτικής - σε ό,τι αφορά στην αλλαγή των παραμέτρων, είναι αναγκαίοι παράγοντες επιτυχίας.

Ως αποτέλεσμα της σχεδίασης, ο χρήστης φακών με κέντρο μακρινής όρασης πρέπει να φορά γυαλιά ηλίου όταν διαβάζει έξω σε μια ηλιόλουστη μέρα, γιατί τα γυαλιά ηλίου θα προκαλέσουν μυδρίαση, και ο χρήστης θα βλέπει (και) μέσα από την κοντινή ζώνη. Αλλιώς το έντονο φως θα προκαλέσει μύση, και ο χρήστης θα βλέπει μόνο μέσα από τη μακρινή ζώνη, και δεν θα μπορεί να διαβάσει.

Ο εφαρμοστής μπορεί κάλλιστα να δοκιμάζει φακούς διαφορετικών εταιρειών στα δυο μάτια του υποψήφιου. Επειδή πολλά σχεδιαστικά στοιχεία των φακών δεν είναι γνωστά, και κάθε οφθαλμός είναι διαφορετικός, σε ό,τι αφορά στο εύρος της κόρης του σε φωτοπικές και σκοτοπικές συνθήκες, καθώς και στη σφαιρική εκτροπή του, δεν υπάρχει σχεδίαση-πανάκεια για την πρεσβυωπία, και ο πειραματισμός με διάφορες σχεδιάσεις ίσως είναι αναγκαίος.

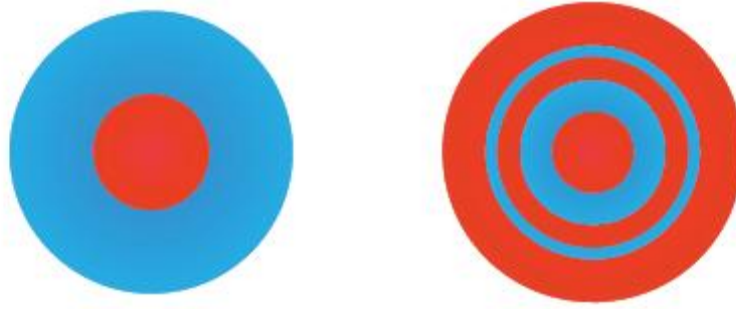
### 3.8 Πολλαπλές ζώνες μακρινής και κοντινής διόρθωσης

Η οπτική ζώνη αυτών των φακών αποτελείται από μια κεντρική οπτική ζώνη για μακρινή όραση, και από ομόκεντρους δακτυλίους - ζώνες (concentric ή annular), στους οποίους εναλλάσσονται οι δυνάμεις (οπτική ισχύς) για την κοντινή και τη μακρινή όραση. Ο σχεδιασμός στοχεύει στην ταυτόχρονη κάλυψη της κόρης από ζώνες μακρινής και από ζώνες κοντινής όρασης σε όλες τις συνθήκες (φωτοπικές, σκοτοπικές, με ή χωρίς τη χρήση της προσαρμογής) για κάθε απόσταση προσήλωσης. Με αυτόν τον τρόπο, το οπτικό αποτέλεσμα δεν εξαρτάται από το μέγεθος της κόρης, κάτι που επηρεάζει άμεσα τους προηγούμενους σχεδιασμούς.

Εταιρεία	Όνομα φακού	Σχόλια	Χαρακτηριστικά
Johnson & Johnson	Acuvue Bifocal	Συχνής αντικατάστασης.	Περιεκτικότητα νερού 58%, τέσσερα add (1.00, 1.50, 2.00, και 2.50 dpt), καμπυλότητα 8.50 mm, 0 14.20 mm.

Πίνακας 3.2: Οι υδρόφιλοι πολυεστιακοί φακοί με σχεδίαση εναλλασσόμενων ζωνών.

Ρόλο στην επιτυχία της σχεδίασης παίζει και η αναλογία του ποσοστού κάλυψης της κόρης από τη μακρινή και την κοντινή οπτική ζώνη στις διάφορες συνθήκες. Έτσι, σε άπλετο φως (μικρή κόρη, π.χ. κατά τις εξωτερικές ασχολίες), αλλά και σε αμυδρό φως (μεγάλη κόρη, π.χ. κατά τη νυκτερινή οδήγηση) η αναλογία αυτή μπορεί να είναι προς όφελος της μακρινής όρασης, ενώ σε μέτριο φως (μέτρια διάμετρος κόρης, π.χ. κατά την ανάγνωση με φως δωματίου), η αναλογία κάλυψης της κόρης αντιστρέφεται προς όφελος της κοντινής όρασης.



Σχήμα 3.7: Αριστερά, κατανομή οπτικής ισχύος σε φακό με κέντρο μακρινής διόρθωσης και περιφέρεια κοντινής διόρθωσης με δύο ομόκεντρες ζώνες, και δεξιά, με πολλές ομόκεντρες ζώνες διόρθωσης (παράδειγμα, ο Acuvue Bifocal).

Η πραγματικότητα βέβαια στο σύστημα οφθαλμού - φακού είναι πιο πολύπλοκη, εφόσον υπάρχει πάντοτε ένα ποσό σφαιρικής εκτροπής στο οπτικό σύστημα, που εξαρτάται κυρίως από το σχήμα του κερατοειδή και το μεταβαλλόμενο μέγεθος της κόρης, το οποίο επηρεάζει την απόδοση του τελικού αποτελέσματος.

Η σχεδίαση μοιάζει κάπως με αυτή των περιθλαστικών ενδοφακών με εναλλασσόμενες ζώνες (diffractive intraocular lenses), και ως αποτέλεσμα υπάρχει μια μείωση της ευαισθησίας αντίθεσης λόγω φαινομένων άλους (halo) στο αμφιβληστροειδικό είδωλο<sup>5</sup>. Λύση στο πρόβλημα υπόσχονται οι φακοί ασφαιρικής προοδευτικής μεταβολής της οπτικής ισχύος.

### 3.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πολυεστιακών φακών επαφής

Όπως είναι φυσικό, η χρήση πολυεστιακών φακών επαφής προσφέρει στους πρεσβύωπες ένα πιο καλαίσθητο αποτέλεσμα από την χρήση γυαλιών. Το κυριότερο πλεονέκτημά τους όμως είναι ότι προσφέρουν καλύτερη περιφερειακή όραση σε σύγκριση με τα πολυεστιακά γυαλιά και αυτό επειδή αποφεύγονται τα σφάλματα του φακού (σφαιρικότητας, χρωματικό, αστιγματισμού λοξών δεσμίδων και στρέβλωση).

Από την άλλη μεριά υπάρχουν και αρκετά μειονεκτήματα που συνήθως προέρχονται τόσο από την κακή χρήση τους όσο και από την κακή συντήρηση (μολύνσεις, επιπεφυκίτιδες). Το κυριότερο πρόβλημα είναι η δυσκολία στην προσαρμογή τους δημιουργώντας σύγχυση εικόνας και απώλεια αντίληψης βάθους στους ασθενείς.

## **Κεφάλαιο 4**

### **4.1 Μονο-όραση (monovision)**

Η Μονο-όραση είναι μία μέθοδος που βασίζεται στη δημιουργία ανισομετροπίας και στην ικανότητα καταστολής της ενδοφθάλμιας θόλωσης. Χρησιμοποιείται για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας όπου ο ένας οφθαλμός διορθώνεται για να προσφέρει όραση σε κοντινές αποστάσεις και ο άλλος σε μακρινές με τη χρήση φακών επαφής (μονοεστιακών) ή με τις μεθόδους της σύγχρονης διαθλαστικής χειρουργικής. Σαν μέθοδος σχεδιάστηκε το 1958 από τον Westsmith για πρεσβύωπες που ήταν ήδη χρήστες φακών επαφής με ποσοστά επιτυχίας στους χρήστες φακών επαφής σήμερα μεταξύ 50% - 76%.

Εκτός από τους φακούς επαφής, η Μονο-όραση όπως προαναφέρθηκε είναι μια τεχνική που μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της διαθλαστικής χειρουργικής, με τη χρήση ενδοφακών (μονοεστιακών), ενδοκερατοειδικών ενθεμάτων ή με μεθόδους όπως η LASIK και η PRK στο επίπεδο του κερατοειδή. Τα ποσοστά επιτυχίας της Μονο-όρασης με τη διαθλαστική χειρουργική είναι αυξημένα έναντι των ποσοστών επιτυχίας με τους φακούς επαφής και κυμαίνονται σύμφωνα με μελέτες από 70% έως 96%. Η Μονο-όραση με φακούς επαφής είναι μια εύκολα αναστρέψιμη διαδικασία σε σχέση με τις επεμβατικές μεθόδους. Εντούτοις όμως, τα σφάλματα στη διάθλαση (ιδίως στους υπερμέτρωπες) που μπορεί να προκύψουν μετά από μια επεμβατική μέθοδο Μονο-όρασης (κυρίως στη μακρινή όραση, π.χ. διπλωπία) μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με διόρθωση στον οφθαλμό που έχει επιλεγεί για τη κοντινή όραση (διορθώνεται για μακρινή όραση).

Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η Μονο-όραση, παρ' όλο που είναι μια πολύ ελκυστική επιλογή, δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη στους φακούς επαφής τεχνική διόρθωσης της πρεσβυωπίας για παράγοντες που θα αναφερθούν παρακάτω. Συνολικά, μόλις ένα 8% επιλέγει τη Μονο-όραση σαν λύση για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας με τα υψηλότερα ποσοστά, 20%- 25% των πρεσβύωπων, να παρατηρούνται στις ΗΠΑ και στη Μ. Βρετανία. Επίσης όπως είναι αναμενόμενο, οι ήδη χρήστες φακών επαφής παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας στη Μονο-όραση σε σχέση με τους μη χρήστες.

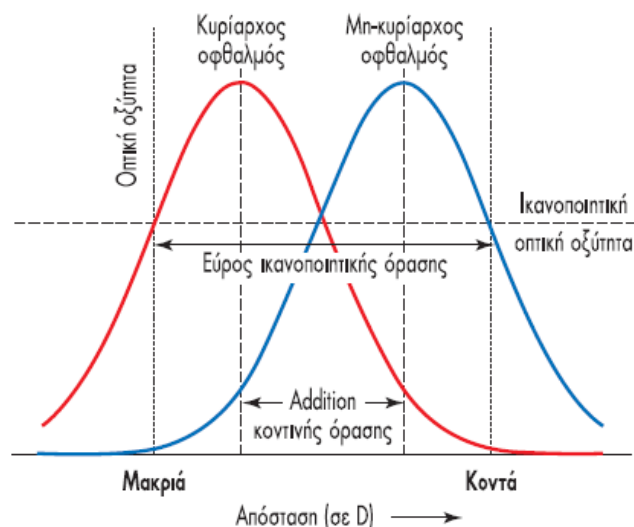
### **4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της Μονο-όρασης**

Η Μονο-όραση είναι μια μέθοδος που μπορεί να προσφέρει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην οπτική απόδοση αλλά η επιτυχία της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για να εξασφαλιστούν οι μέγιστες πιθανότητες για επιτυχημένη Μονο-όραση είναι το μέγεθος της ανισομετροπίας που θα δημιουργηθεί, η οφθαλμική κυριαρχία, η ικανότητα καταστολής της ενδοφθάλμιας θόλωσης και το διαθλαστικό σφάλμα του υποψηφίου και το μέγεθος της κόρης (σε περιπτώσεις τροποποιημένης Μονο-όρασης).

### **4.3 Ανισομετροπία**

Η Μονο-όραση σαν τεχνική συνιστά την δημιουργία ανισομετροπίας μεταξύ των δύο οφθαλμών καθώς όπως αναφέρθηκε ήδη, ο ένας οφθαλμός (συνήθως ο κυρίαρχος) διορθώνεται για τη μακρινή όραση και ο άλλος για τη κοντινή όραση με αποτέλεσμα, ανάλογα με την απόσταση παρατήρησης, να δημιουργούνται θολά είδωλα από τον οφθαλμό που δεν είναι εστιασμένος. Η επιτυχία της μεθόδου βασίζεται στην ικανότητα του εγκεφάλου να καταστέλλει την θολή εικόνα που προέρχεται από τον αφεστιασμένο οφθαλμό. Σε

ορισμένους υποψηφίους, αυτό συμβαίνει αυτόματα ενώ σε κάποιους πιθανόν να χρειάζεται ένα διάστημα προσαρμογής (1- 2 εβδομάδες), γεγονός που αμφισβητήθηκε από τους Harris και Sheedy. Τέλος σε ορισμένους η καταστολή αυτή δε συμβαίνει σε ικανοποιητικό βαθμό. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η Μονο-όραση μπορεί να εφαρμοστεί με άριστα αποτελέσματα μεταξύ 1.50 - 2.50 βαθμών (D) ανισομετροπίας και για addition <1.50 D. Για μεγαλύτερους βαθμούς ανισομετροπίας και addition επηρεάζονται σημαντικά η στερεοσκοπική και η διόφθαλμη όραση. Προκύπτει λοιπόν ότι είναι σημαντικό να εξισορροπηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι διαφορές στη διοπτρική δύναμη μεταξύ της κοντινής και της μακρινής διόρθωσης ώστε να επιτευχθεί καλύτερη οπτική οξύτητα για μεγαλύτερο εύρος αποστάσεων ελέγχοντας όμως να μην παραβιαστεί το εύρος της ικανοποιητικής όρασης που προκύπτει από τα επικαλυπτόμενα βάρη εστίασης των δύο οφθαλμών. Το ποσό της ανισομετροπίας εξαρτάται από το προφίλ του υποψηφίου και τις ανάγκες της καθημερινότητας του (διαθλαστικό σφάλμα, απαιτήσεις κοντινής όρασης, οφθαλμική κυριαρχία) και είναι σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν.



Σχήμα 4.1: Η Μονο-όραση στηρίζεται στη χρήση του επικαλυπτόμενου βάρους εστίασης των δύο οφθαλμών προκειμένου να επιτευχθεί καλή όραση σε ένα εύρος αποστάσεων. ( Σ. Πλαϊνης Π. Καλλίνικος 2011)

#### 4.4 Οφθαλμική κυριαρχία

Η γνώση του κυρίαρχου οφθαλμού είναι σημαντική για περιπτώσεις όπως η Μονο-όραση. Στη κλασική τεχνική Μονο-όρασης (conventional monovision), η μακρινή διόρθωση τοποθετείται στο κυρίαρχο οφθαλμό και η κοντινή στο μη κυρίαρχο οφθαλμό καθώς θεωρείται ότι ο μη κυρίαρχος οφθαλμός είναι πιο αποτελεσματικός στη καταστολή της ενδοφθάλμιας θόλωσης. Παρ' όλα αυτά, κάποιες έρευνες έχουν υποστηρίξει ότι σε ορισμένες περιπτώσεις υποψηφίων η τοποθέτηση της μακρινής διόρθωσης στο μη κυρίαρχο οφθαλμό (crossed monovision) δε παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στην οπτική απόδοση σε σχέση με την κλασική Μονο-όραση και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να δώσει καλύτερα αποτελέσματα. Εντούτοις, στη πλειοψηφία της η βιβλιογραφία υποστηρίζει την κλασική μέθοδο Μονο-όρασης ως πιο επιτυχημένη.

#### **4.4.1 Κινητική και αισθητηριακή οφθαλμική κυριαρχία**

Η οφθαλμική κυριαρχία μπορεί να διακριθεί σε κινητική και σε αισθητηριακή. Η κινητική κυριαρχία επηρεάζεται κυρίως από τη γωνία του βλέμματος και το χέρι που κατευθύνεται προς το στόχο (ιδίως στους άντρες) και είναι αυτή που χρησιμοποιείται ως κύριο κριτήριο επιλογής του κυρίαρχου οφθαλμού στη Μονο-όραση. Η αισθητηριακή κυριαρχία καθορίζεται από τον αμφιβληστροειδικό ανταγωνισμό (retinal rivalry) και μπορεί να οριστεί σε διάφορα επίπεδα (π.χ. οπτική οξύτητα, ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης κ.α.).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Seijas et al. (2007), ο κυρίαρχος κινητικός οφθαλμός δε ταυτίζεται πάντοτε απαραίτητα με τον κυρίαρχο αισθητηριακό οφθαλμό. Οι ίδιοι, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υποψήφιοι με αδύναμη οφθαλμική κυριαρχία είναι καταλληλότεροι για Μονο-όραση ενώ αντίθετα άτομα με ισχυρό κυρίαρχο οφθαλμό δεν είναι κατάλληλοι υποψήφιοι για Μονο-όραση καθώς η εναλλαγή στην εστίαση μεταξύ των αποστάσεων μπορεί να παρεμποδίζεται σημαντικά από τον κυρίαρχο οφθαλμό. Επίσης, πρότειναν ότι για μεγαλύτερες πιθανότητες επιτυχίας της Μονο-όρασης, είναι μάλλον σημαντικότερο να προσδιορίζεται ο κυρίαρχος αισθητηριακός οφθαλμός έναντι του κινητικά κυρίαρχου.

Η άποψη αυτή έρχεται σε αντίθεση με τη μελέτη των Suttle et al.(2009) οι οποίοι αμφισβήτησαν τη σημασία του αισθητηριακά κυρίαρχου οφθαλμού σε έχοντες φυσιολογική όραση, καθώς, από την έρευνα τους βρήκαν ότι στα διάφορα επίπεδα της αισθητηριακής κυριαρχίας (οπτική οξύτητα, ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης) δεν υπάρχει συσχέτιση για τον ίδιο οφθαλμό μπορεί δηλαδή και η αισθητηριακή κυριαρχία να εναλλάσσεται.

Ως εκ τούτου και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, προκύπτει ότι ο καθορισμός του κυρίαρχου οφθαλμού είτε κινητικά είτε αισθητηριακά δεν είναι ασφαλής δείκτης πρόβλεψης για την επιτυχία της Μονο-όρασης. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από την ασυμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων από τις διάφορες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού. Οι Seijas et al. στη μελέτη τους χρησιμοποίησαν εννιά διαφορετικές μεθόδους για να καθορίσουν τον κυρίαρχο κινητικά και τον κυρίαρχο αισθητηριακά οφθαλμό. Τα αποτελέσματα τους κατέδειξαν ασθενή συσχέτιση (μη ταύτιση των αποτελεσμάτων) μεταξύ των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου κινητικά οφθαλμού όσο και για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου αισθητηριακά οφθαλμού. Ακόμη, βρήκαν ασθενείς συσχετίσεις μεταξύ του κυρίαρχου κινητικά και του κυρίαρχου αισθητηριακά οφθαλμού.

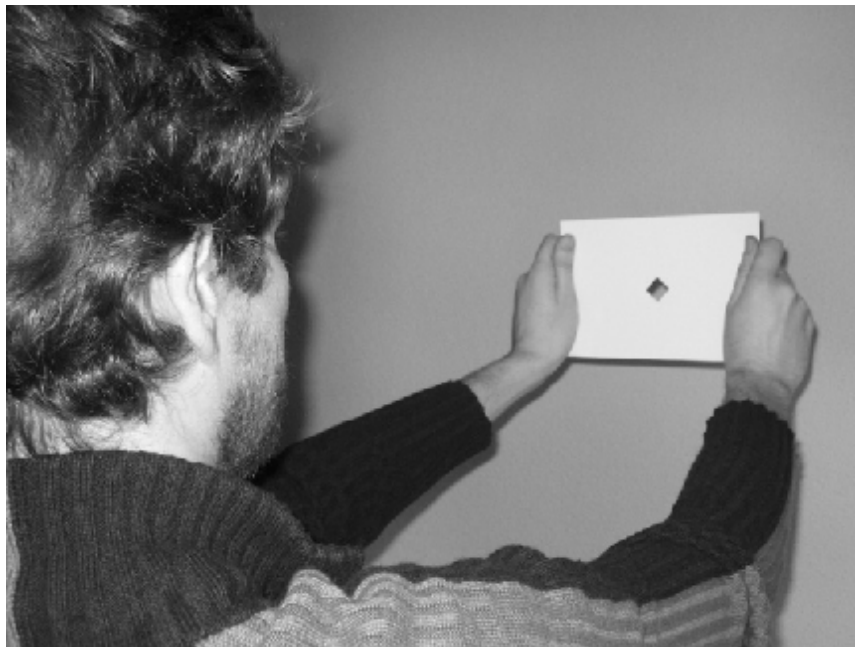
Γενικά, ο ρόλος του κυρίαρχου οφθαλμού στην όραση (οπτικός, διαθλαστικός, οφθαλμοκινητικός) δεν έχει ακόμη καθοριστεί και είναι μάλλον αμφίβολος όσον αφορά τη σημασία του στην Μονο-όραση.

#### **4.4.2 Μέθοδοι για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού**

Υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες μέθοδοι στην κλινική πράξη για τον προσδιορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού (π.χ. Pointing- a- finger test, Kaleidoscope test, Worth test, Haidinger test).

Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του κυρίαρχου κινητικά οφθαλμού είναι το Hole in Card test. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο εξεταζόμενος κρατάει και με τα δύο χέρια μια κάρτα, η οποία έχει στη μέση της μια οπή, και του ζητάτε να προσηλώσει σε έναν στόχο ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 6 μέτρων (οπτικό άπειρο). Ο παρατηρητής καλύπτει

κάθε μάτι εναλλάξ και αποκαλύπτει κάθε μάτι ξεχωριστά για να καταλήξει ποιο από τα δύο ευθυγραμμίζεται καλύτερα με την οπή και το στόχο παρατήρησης. Ο οφθαλμός που ευθυγραμμίζεται καλύτερα θεωρείται ο κυρίαρχος. Σημαντικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι επηρεάζεται από την γωνία όρασης. Για τον προσδιορισμό του αισθητηριακά κυρίαρχου οφθαλμού, χρησιμοποιείται ευρέως το Plus 1.0 D test (μακριά και κοντά) με τον εξεταζόμενο να κοιτάει σε ένα οπτότυπο στην απόσταση των 6 μέτρων έχοντας ένα θετικό φακό δύναμής +1.0 D πρώτα στο ένα μάτι και ύστερα στο άλλο. Ο εξεταζόμενος καλείται να αποφασίσει σε ποια από τις δύο καταστάσεις βλέπει με περισσότερη άνεση και αναγνωρίζει περισσότερους χαρακτήρες του οπτοτύπου. Αν π.χ. ο εξεταζόμενος βλέπει καλύτερα με τον φακό μπροστά από το δεξί του μάτι τότε το αριστερό είναι το κυρίαρχο και αντίστροφα. Το Plus 1.0 D test μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για έναν κοντινό στόχο ώστε να διαπιστωθεί ο κυρίαρχος αισθητηριακά οφθαλμός για τη κοντινή απόσταση. Στη περίπτωση αυτή όμως, αν ο εξεταζόμενος βλέπει καλύτερα με τον φακό στο δεξί του μάτι τότε ο κυρίαρχος οφθαλμός για κοντά είναι δεξιός και αντίστροφα. Το test αυτό, δουλεύει πολύ καλά για τη μακρινή απόσταση αλλά για κοντινές αποστάσεις εμφανίζει μεγαλύτερα ποσοστά αποτυχίας.



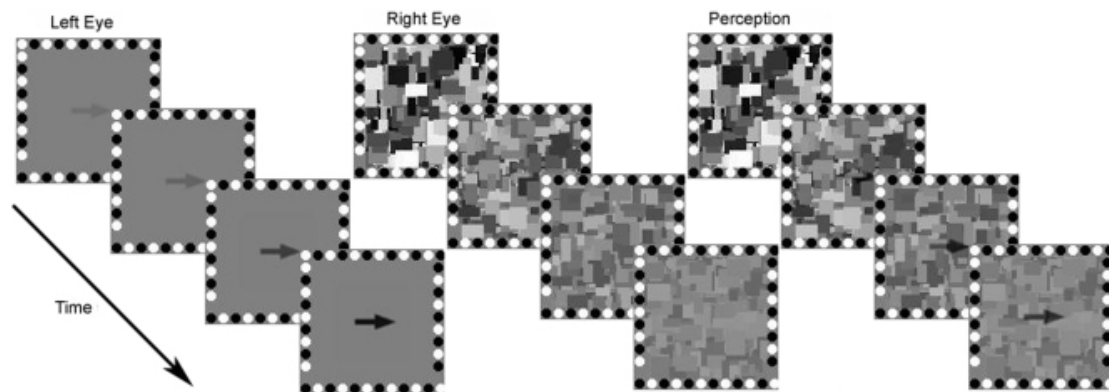
*Σχήμα 4.2: Hole-in-card test. Ο εξεταζόμενος κρατάει με τα δύο χέρια μία κάρτα με οπή στη μέση και του ζητείται να κοιτάζει έναν στόχο που βρίσκεται στα 6 μέτρα. Ο εξεταστής καταλήγει στο συμπέρασμα ποιος είναι ο κυρίαρχος οφθαλμός, βάσει ποιος από τους δύο θα ευθυγραμμιστεί καλύτερα με την οπή και τον στόχο. (Seijas et al.2007)*

#### **4.5 Ικανότητα καταστολής της θόλωσης**

Η ικανότητα καταστολής της ενδοφθάλμιας θόλωσης ή αλλιώς η ανοχή στη θόλωση, είναι ένας μηχανισμός ο οποίος υπάρχει σχεδόν σε όλους τους ανθρώπους δίνοντας τους τη δυνατότητα να καταστέλλουν μικρά ποσά θόλωσης και είναι απαραίτητος για την ομαλή λειτουργία της όρασης. Ο εγκέφαλος έχει εκπαιδευτεί όταν εστιάζει σε ένα αντικείμενο να αγνοεί τα υπόλοιπα θολά είδωλα που δημιουργούνται από άλλα αντικείμενα που βρίσκονται στο χώρο εκτός του πεδίου εστίασης. Η ικανότητα αυτή διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο αλλά μπορεί ακόμη να διαφέρει και από οφθαλμό σε οφθαλμό ενώ επηρεάζεται από τον αμφιβληστροειδικό ανταγωνισμό.



Λόγω της ανισομετροπίας που δημιουργείται από τη Μονο-όραση, η ανοχή στη θόλωση κάθε υποψηφίου είναι ένας παράγοντας που καθορίζει την επιτυχία ή μη της Μονο-όρασης και ως εκ τούτου πρέπει να αξιολογείται και να λαμβάνεται υπόψιν για το καθορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού. Υπάρχουν αρκετοί που υποστηρίζουν ότι η αξιολόγηση της θόλωσης είναι το ενδεικτικότερο κριτήριο για την επιτυχία της Μονο-όρασης. Οι Eunice et al. (2010) πρότειναν μια νέα μέθοδο αξιολόγησης της ικανότητας καταστολής της θόλωσης που οδηγεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα (98% ακρίβεια) για τον καθορισμό του κυρίαρχου οφθαλμού. Στο πείραμά τους πρόβαλλαν μπροστά από τον ένα οφθαλμό δυναμικό θόρυβο και μπροστά από τον άλλον ένα βέλος (στόχος) και ζητήθηκε από τους παρατηρητές να πουν πότε αναδύοταν καθαρά ο στόχος (πότε δηλαδή αναστελλόταν ο μηχανισμός καταστολής) ενώ μειωνόταν η αντίθεση του θορύβου και αυξανόταν αυτή του βέλους. Από τα αποτελέσματα τους προέκυψε ότι ένα 38% παρουσίαζε ισχυρή οφθαλμική κυριαρχία ενώ το 68% των παρατηρητών είχαν κυρίαρχο οφθαλμό τον δεξί και το 32% τον αριστερό.



Σχήμα 4.3: Πείραμα Eunice et al.: αριστερή και μεσαία στήλη: το ερέθισμα (βέλος, θόρυβος) παρουσιάζεται ξεχωριστά σε κάθε μάτι. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας η αντίθεση του βέλους αυξανόταν και του θορύβου μειωνόταν μέχρι να γίνει ορατό το βέλος από τον εξεταζόμενο (αναστολή λειτουργίας καταστολής θόλωσης). Δεξιά στήλη: η αντίληψη του εξεταζόμενου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2810859/figure/F1/>)

Τέλος, σύμφωνα με την μελέτη των Collins et al. (1994), οι έχοντες διαφορετικό κυρίαρχο κινητικά οφθαλμό και διαφορετικό κυρίαρχο αισθητηριακά οφθαλμό (crossed dominance) φαίνεται να έχουν λιγότερη ανοχή στη θόλωση (και ως εκ τούτου είναι λιγότερο κατάλληλοι για Μονο-όραση) από αυτούς που ο κυρίαρχος αισθητηριακός και ο κυρίαρχος κινητικά οφθαλμός ταυτίζονται.

#### 4.6 Διαθλαστικό σφάλμα

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι μύωπες είναι καλύτεροι υποψήφιοι από τους υπερμέτρωπες για Μονο-όραση καθώς η οπτική οξύτητα των πρώτων φαίνεται να είναι πολύ καλύτερη σε σχέση με των δεύτερων μετά από την εφαρμογή μιας τεχνικής Μονο-όρασης (επεμβατικής ή μη). Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι υπερμέτρωπες εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά αμβλυωπίας και στραβισμού που συνάδουν με την παρουσία ισχυρής οφθαλμικής κυριαρχίας και επιπλέον στη διαθλαστική χειρουργική σε μεγάλους βαθμούς υπερμετροπίας δεν μπορεί να προβλεφτεί με ακρίβεια το αποτέλεσμα. Από έρευνες που έχουν γίνει είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι οι περισσότεροι υπερμέτρωπες επιλέγουν για τη κοντινή διόρθωση το πιο υπερμετροπικό μάτι γεγονός που ίσως οφείλεται στην καλύτερη καταστολή της θόλωσης με το μάτι αυτό λόγω της αυξημένης θετικής δύναμης. Εν τούτοις όμως, τα ποσοστά επιτυχίας

στη διαθλαστική χειρουργική είναι περίπου τα ίδια και στις δυο περιπτώσεις αν και οι υπερμέτρωπες παραπονούνται συχνότερα για φαινόμενα όπως η άλως γύρω από τις φωτεινές πηγές και θολές εικόνες.

#### **4.7 Ηλικία και φύλο υποψηφίου**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η επιτυχία της Μονο-όρασης δεν επηρεάζεται σημαντικά από την ηλικία του υποψηφίου. Αν και θεωρητικά υποψήφιοι μεγαλύτερης ηλικίας με μεγαλύτερη μείωση του εύρους προσαρμογής θα ήταν καταλληλότεροι για υποψήφιοι Μονο-όραση, φαίνεται ότι οι νεότεροι ηλικιακά πρεσβύωπες έχουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας. Το ίδιο ισχύει και για το φύλο του υποψηφίου, αν και οι γυναίκες καταφεύγουν πιο συχνά στην επιλογή της Μονο-όρασης για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Ένας παράγοντας που μπορεί να λειτουργήσει υπέρ της Μονο-όρασης είναι εάν οι υποψήφιοι ήταν ήδη χρήστες φακών επαφής.

#### **4.8 Αποτελέσματα Μονο-όρασης στην λειτουργική όραση**

Η Μονο-όραση είναι μια τεχνική η οποία μπορεί να προσφέρει πολύ καλή μακρινή και κοντινή όραση και ικανοποιητική όραση σε διαφορετικές αποστάσεις. Η μέθοδος που θα εφαρμοστεί κάθε φορά εξαρτάται από το προφίλ και τις ανάγκες του υποψηφίου. Τις περισσότερες φορές για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα στην όραση απαιτείται συνδυασμός των διαθέσιμων τεχνικών. Οι περισσότερες μελέτες για τα αποτελέσματα της Μονο-όρασης στη λειτουργική όραση αφορούν τη Μονο-όραση με φακούς επαφής. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ποσοστό επιτυχίας της Μονο-όρασης με τις μεθόδους της διαθλαστικής χειρουργικής αγγίζει το 96% ενώ με τους φακούς επαφής δεν ξεπερνά το 76%. Παρακάτω, θα εξεταστεί πως η Μονο-όραση μπορεί να επιδράσει σε διάφορους παράγοντες της λειτουργικής όρασης.

##### **4.8.1 Διόφθαλμο βάθος εστίασης**

Το βάθος εστίασης στη Μονο-όραση εξαρτάται από το βαθμό της ανισομετροπίας και από το addition του υποψηφίου. Με την αύξηση του addition ( $>1.50$  D) αυξάνεται το μονόφθαλμο βάθος εστίασης αλλά μειώνεται το λειτουργικό εύρος της ικανοποιητικής όρασης. Οι υποψήφιοι με addition μικρότερο από  $1.50$  D έχουν περισσότερες πιθανότητες για επιτυχημένη Μονο-όραση και παρουσιάζουν ομαλό διόφθαλμο βάθος εστίασης που ισούται με το άθροισμα από τα μονόφθαλμα βάθη εστίασης των δύο οφθαλμών. Ωστόσο, υποψήφιοι με ισχυρή οφθαλμική κυριαρχία αντιμετωπίζουν προβλήματα θόλωσης στην εικόνα που λαμβάνουν όταν το αντικείμενο παρατήρησης μετακινείται εντός του εστιακού εύρους παρατήρησης του μη κυρίαρχου οφθαλμού με αποτέλεσμα να μειώνεται το διόφθαλμο βάθος εστίασης και η ικανότητα της διόφθαλμης άθροισης.

##### **4.8.2 Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα καταστολής της θόλωσης**

Όπως ειπώθηκε, η ανοχή στη θόλωση διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο και επηρεάζεται στη Μονο-όραση από το ποσό της ανισομετροπίας. Έχει παρατηρηθεί ότι σε άτομα με Μονο-όραση η ικανότητα καταστολής της θόλωσης φαίνεται να εξασθενεί σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και στην περίπτωση που το μέγεθος του αντικειμένου παρατήρησης είναι μικρό. Αν και γενικά θεωρείται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις υποψηφίων για Μονο-όραση πρέπει να ελαχιστοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο η τιμή του addition για να εξισορροπούνται οι διαφορές μεταξύ των δύο οφθαλμών και να λειτουργεί καλύτερα ο

μηχανισμός καταστολής της θόλωσης, εν τούτοις, υπάρχουν ενδείξεις ότι σε κάποιους υποψηφίους η υψηλότερη τιμή του addition μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη σταθεροποίηση του μηχανισμού καταστολής της θόλωσης ιδίως για τη κοντινή όραση (Evans).

#### **4.8.3 Διόφθαλμη οπτική οξύτητα και ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης**

Η διόφθαλμη οπτική οξύτητα και η ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης σε μεσαίες και υψηλές συχνότητες, είναι δύο παράγοντες που μπορούν να επηρεαστούν και να μειωθούν σημαντικά προκαλώντας προβλήματα στην ομαλή λειτουργία της όρασης. Στη περίπτωση που το addition του υποψηφίου είναι μεγαλύτερο από 1.50 D η ευαισθησία αντίθεσης ισούται με τη μονόφθαλμη λόγω του μηχανισμού καταστολής της θόλωσης. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο έντονο κάτω από συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Οι ασθενείς παρατηρούν θόλωση και άλως γύρω από σημειακές φωτεινές πηγές σε σκοτοπικές συνθήκες, φαινόμενο που παρατηρείται πολύ συχνά κατά την νυχτερινή οδήγηση και την καθιστά επικίνδυνη. Ως λύση για το πρόβλημα της νυχτερινής οδήγησης, συνίσταται η χρήση οφθαλμικών φακών ή φακών επαφής για τη διόρθωση της μακρινής όρασης.

Επίσης, από μία μελέτη των Collins et al. (1993) βρέθηκε ότι ο υπολειπόμενος αστιγματισμός πρέπει να διορθώνεται στη Μονο-όραση καθώς η ύπαρξη του οδηγεί σε σημαντική μείωση της οπτικής οξύτητας. Σύμφωνα πάλι με τους ίδιους, για additions από 1.50D έως 2.50 D, η διόφθαλμη οπτική οξύτητα σε χαμηλές και υψηλές συνθήκες αντίθεσης σε έχοντες Μονο-όραση είναι η ίδια με τη μονόφθαλμη οπτική οξύτητα και δεν επηρεάζεται από το μέγεθος της κόρης (για υψηλές συνθήκες αντίθεσης).

#### **4.8.4 Στερεοοπτική οξύτητα**

Μια σημαντική επίδραση της Μονο-όρασης στη λειτουργική όραση είναι η μείωση της στερεοοπτικής οξύτητας η οποία γίνεται ιδιαίτερα έκδηλη σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. αδυναμία κρίσης των αποστάσεων) και οι μελέτες καταλήγουν ότι δεν αποκαθίσταται με τη πάροδο του χρόνου. Ο βαθμός μείωσης της στερεοοπτικής οξύτητας σχετίζεται άμεσα με το βαθμό της ανισομετρίας που θα δημιουργηθεί αλλά δεν έχει βρεθεί κάποια σημαντική συσχέτιση στη μείωση της ανάλογα με την τεχνική Μονο-όρασης που χρησιμοποιείται (επεμβατικές, μη επεμβατικές μέθοδοι). Για ανισομετρία μικρότερη από 1.50 D η στερεοοπτική οξύτητα είναι καλύτερη απ' ό,τι για μεγαλύτερους βαθμούς ανισομετρίας. Ως αποτέλεσμα της μειωμένης στερεοοπτικής οξύτητας, έχει παρατηρηθεί ότι οι ασθενείς με ανισομετρία μεγαλύτερη από 1.50 D παρουσιάζουν σημαντικές διαταραχές στην συνένωση των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων. Τέλος, η μείωση της στερεοοπτικής οξύτητας δεν έχει βρεθεί να συσχετίζεται με την ικανότητα καταστολής της θόλωσης.

#### **4.8.5 Οπτικό πεδίο**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι διάφορες τεχνικές της Μονο-όρασης δεν έχουν επιπτώσεις στην περιφερειακή όραση. Οι Collins et al. (1989b) έλεγξαν τη διόφθαλμη οπτική οξύτητα στην περιφέρεια (στις 10°, 20°, 40°, 70° μοίρες κάθε πλευράς) σε υποψηφίους με Μονο-όραση (additions 0.0 D, +1.50 D και +2.50 D) χωρίς να βρουν στατιστικά σημαντική επίδραση της Μονο-όρασης στη περιφερική όραση.

#### **4.9 Χαρακτηριστικά κατάλληλου υποψήφιου για Μονο-όραση**

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν συμπεράσματα για το προσδιορισμό του προφίλ του υποψηφίου που έχει περισσότερες πιθανότητες για ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα Μονο-όρασης. Χαμηλές τιμές addition και μικροί βαθμοί ανισομετροπίας αυξάνουν τις πιθανότητες επιτυχημένου αποτελέσματος Μονο-όρασης στον υποψήφιο. Επίσης, ασθενείς που δεν έχουν ισχυρή οφθαλμική κυριαρχία και παρουσιάζουν ανοχή στη θόλωση είναι κατά πάσα πιθανότητα ιδανικότεροι υποψήφιοι για Μονο-όραση. Ηλικιακά, υπάρχει μια τάση αύξησης του ποσοστού επιτυχίας τους νέους πρεσβύωπες (χωρίς όμως η ηλικία να είναι αντικειμενικό κριτήριο για επιτυχημένη Μονο-όραση) και η ίδια τάση παρατηρείται στους ήδη χρήστες φακών επαφής. Κατάλληλοι υποψήφιοι για Μονο-όραση είναι επίσης αυτοί που λόγω των ασχολιών και επαγγελμάτων τους που επιθυμούν συχνές βραχυπρόθεσμες αλλαγές στην εστίαση τους διατηρώντας την όραση τους εστιασμένη και καθαρή (π.χ. δάσκαλοι, πωλητές, ομιλητές κ.α.). Τέλος, ασθενείς που χρησιμοποιούσαν ήδη πολυεστιακούς φακούς επαφής για την αντιμετώπιση της πρεσβυωπίας αλλά αντιμετώπιζαν προβλήματα στην όραση τους ( π.χ. ίλιγγο, θολή όραση) και δεν έμειναν ικανοποιημένοι, είναι πιθανόν να έχουν μεγαλύτερη επιτυχία με τη μέθοδο της Μονο-όρασης καθώς έχει παρατηρηθεί ότι σε συνθήκες χαμηλής αντίθεσης η κοντινή οπτική οξύτητα με Μονο-όραση είναι καλύτερη απ' ό,τι με πολυεστιακούς φακούς επαφής. Τέλος, από ορθοπτική πλευρά, υποψήφιοι με εναλλασσόμενο στραβισμό και κοντινή προσαρμοστική εσωτροπία μπορεί να αποδειχτούν κατάλληλοι για Μονο-όραση και να επωφεληθούν από αυτή.

#### **4.10 Περιπτώσεις που η Μονο-όραση δεν είναι κατάλληλη επιλογή**

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι τεχνικές της Μονο-όρασης αντενδεικνύονται ως επιλογές για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Οι υποψήφιοι με υψηλά addition, ισχυρή οφθαλμική κυριαρχία και μικρή ανοχή στη θόλωση δεν είναι κατάλληλοι υποψήφιοι καθώς η Μονο-όραση θα προκαλέσει σημαντικές διαταραχές στην εύρυθμη λειτουργία της όρασης. Επίσης, υποψήφιοι με χαμηλή οπτική οξύτητα για τη κοντινή απόσταση ή ήδη μειωμένοι στερεοοπτική οξύτητα αποκλείονται από την επιλογή της Μονο-όρασης για διόρθωση της πρεσβυωπίας. Ένας άλλος παράγοντας που είναι ανασταλτικός για τη Μονο-όραση, σχετίζεται, με το επάγγελμα του υποψηφίου αν αυτό απαιτεί εξαιρετική ευκρινή όραση είτε για μακριά είτε για κοντά για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επαγγέλματα (όπως αυτό των πιλότων) που έχουν υψηλές απαιτήσεις για ευκρινή όραση είναι απαγορευτικά για την εφαρμογή μεθόδων Μονο-όρασης. Ακόμη, υποψήφιοι με αμβλυωπία δεν είναι ιδανικοί για Μονο-όραση καθώς το αμβλυωπικό μάτι δε μπορεί να αναλάβει το ρόλο να προσφέρει ευκρινή όραση σε καμία απόσταση. Τέλος, αρνητική ένδειξη για Μονο-όραση είναι οι υποψήφιοι που παρουσιάζουν μακρινή εσωφορία.

#### **4.11 Συμπεράσματα για τη Μονο-όραση**

Σε κάθε περίπτωση, πριν την επιλογή οποιασδήποτε τεχνικής Μονο-όρασης είτε με φακούς επαφής είτε με κάποια επεμβατική μέθοδο, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψιν οι ανάγκες του ασθενή και οι απαιτήσεις όρασης που προκύπτουν από τις δραστηριότητές του.

Πριν από μια χειρουργική επέμβαση Μονο-όρασης ο υποψήφιος πρέπει να ενημερωθεί για τις προσδοκίες που πρέπει να έχει μετεγχειρητικά όσον αφορά την όρασή του. Επίσης, κρίνεται απαραίτητο μέσω φακών επαφής να προσομοιωθεί η Μονο-όραση προεγχειρητικά, και να δοθεί στον υποψήφιο ένα χρονικό διάστημα (δοκιμαστική περίοδος) όπου μέσα από ρεαλιστικές καταστάσεις στη καθημερινή του ζωή θα μπορέσει ο ίδιος να αξιολογήσει κατά

πόσο η Μονο-όραση ανταποκρίνεται στις ανάγκες του και καλύπτει τις προσδοκίες του. Μετά το πέρας αυτού του διαστήματος θα μπορεί να αναφέρει στο γιατρό τυχόν δυσκολίες και εκείνος να προχωρήσει σε τροποποιήσεις της συνταγής (π.χ. στο addition) ή να προτείνει κάποια άλλη εναλλακτική μέθοδο για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας στη περίπτωση που ο υποψήφιος εξακολουθεί να μην είναι ικανοποιημένος με την Μονο-όραση.

## Κεφάλαιο 5

### 5.1 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 το σχεδιασμό του φακού (την κατανομή της δύναμης), αλλά επίσης επηρεάζεται από μία σειρά άλλων παραγόντων, όπως το μέγεθος της κόρης, τις εγγενείς εκτροπές του οφθαλμού (*Porter J et al. 2001*), τη διόφθαλμη άθροιση (*Plainis S et al. 2011*), και τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας του χρήστη, όπως η ανοχή στη θόλωση (*Woods RL et al. 2010*).

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, νευρωνικής φύσεως χαρακτηριστικό του οπτικού συστήματος. Αυτό έχει μια 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. Αντί τα δύο είδωλα να συνθέτουν μια ενιαία εικόνα, ανταγωνίζονται για να κυριαρχήσουν στην αντίληψη (διόφθαλμη αντιπαλότητα), με αποτέλεσμα μία μόνο από τις δύο εικόνες να γίνεται αντιληπτή, ανάλογα 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. Υποθετικά, η ταυτόχρονη προβολή εστιασμένων και μη-εστιασμένων εικόνων θα έπρεπε να υπονομεύει την ποιότητα της όρασης, ωστόσο πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι αυτοί οι φακοί είναι αρκετά αποτελεσματικοί (*Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS, 2009*). Μία εξήγηση είναι ότι αντιληπτικές διαδικασίες, όπως η διόφθαλμη άθροιση, μπορεί να βοηθήσουν στην καλύτερη επεξεργασία των θολών εικόνων. Έχει πρόσφατα αποδειχθεί ότι η διόφθαλμη όραση (σε σχέση με τη μονόφθαλμη όραση) βελτιώνει σημαντικά την αντίληψη μη-εστιασμένων εικόνων σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από τα εστιασμένα είδωλα (*Plainis S et al. 2011*). Αντιθέτως, αυτό το πλεονέκτημα δεν ισχύει στη διόρθωση με μονο-όραση, όπου η ωφέλεια από την άθροιση των δύο ματιών είναι ελάχιστη.

Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν 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 το λόγο αυτό απαιτείται η λεπτομερής εξέταση της ποιότητας και της ποσότητας της δακρυικής στιβάδας, του βλεφαρικού ανοίγματος, της τάσης του βλεφαρισμού και της κορικής διαμέτρου, σε φωτοπικές, μεσοπικές και σκοτοπικές συνθήκες.

Εάν η ποιότητα των δακρύων δεν είναι ικανοποιητική (tear Break-Up Time Test <10 sec) τότε ο υποψήφιος ίσως να μην μπορέσει να χρησιμοποιήσει τους φακούς του για αρκετές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παράλληλα, εάν η τάση του βλεφαρισμού είναι ασθενής

και το κάτω βλέφαρο βρίσκεται χαμηλά, σε σχέση με το σκληροκερατοειδές όριο, αντενδείκνυται η χρήση ημί- σκληρων αεροδιαπερατών φακών με εναλλασσόμενο σχεδιασμό, καθώς δε 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 (>5 mm), κάτι που ωστόσο δε συναντάται συχνά στους πρεσβύωτες, η χρήση φακών με ασφαιρικό σχεδιασμό (ιδιαίτερα ημίσκληρων αεροδιαπερατών, GP) δε συστήνεται εξαιτίας του θαμβους που θα προκληθεί σε χαμηλές συνθήκες φωτισμού (Bennett ES. 2008). Στις περιπτώσεις αυτές ενδείκνυται η χρήση ημίσκληρων αεροδιαπερατών (GP) φακών με εναλλασσόμενο σχεδιασμό. Αντίστοιχα, στην περίπτωση που η κορική διάμετρος είναι ιδιαίτερα μικρή και πάλι δε συστήνεται η χρήση ασφαιρικών διπλεσσιακών/πολυεστιακών φακών, καθώς εξαιτίας της αδυναμίας της κόρης να διευρυνθεί επαρκώς, οι περιφερικές περιοχές της οπτικής ζώνης του φακού δε θα βρίσκονται εντός τους εύρους της κόρης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται περιορισμοί στη μακρινή ή την κοντινή όραση, ανάλογα 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 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 λοιπόν σκόπιμο να αναφερθεί η επιλογή των διπλεσσιακών / πολυεστιακών φακών πριν ο υποψήφιος χρήστης αρχίσει να αντιμετωπίζει προβλήματα με την κοντινή του διόρθωση, καθώς μία τέτοια προσέγγιση αναμένεται να ενισχύσει το κίνητρό του και να δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για τη μελλοντική εφαρμογή. Ο εφαρμοστής, όπως αναφέρεται και παραπάνω, οφείλει να παρουσιάσει τις πιθανές επιλογές που υπάρχουν για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, παραθέτοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της καθεμίας. Θα πρέπει να τονιστεί η σημασία των επαναληπτικών επισκέψεων που ίσως απαιτηθούν προκειμένου να βρεθεί ο καλύτερος συνδυασμός, εκείνος δηλαδή που θα προκαλέσει το μικρότερο συμβιβασμό στη μακρινή, την ενδιάμεση ή την κοντινή όραση, ανάλογα 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, συνήθειες δραστηριότητες του χρήστη. Για το λόγο αυτό δε συνιστάται η χρήση του φορόπτερου και των οπτοτύπων κοντινής όρασης, καθώς επίσης και ο έλεγχος της μονόφθαλμης όρασης, κατά την επιδιάθλαση. Προτείνεται λοιπόν, μετά το πέρας 15-20 λεπτών από την εφαρμογή, χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου να σταθεροποιηθεί ο φακός και η όραση, να ζητηθεί από το 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 επιγραφές και τα σήματα στο δρόμο σε μακρινές αποστάσεις και διαβάζοντας μία εφημερίδα ή ένα περιοδικό. Ο εφαρμοστής δε θα πρέπει να ξεχνάει την επιλογή της τροποποιημένης ή ενισχυμένης μονο-όρασης, καθώς επίσης και τη δυνατότητα περιστασιακής χρήσης ενός πρόσθετου ζευγαριού γυαλιών, εάν οι απαιτήσεις όρασης σε μία 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.

## 5.2 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας όλα τα ανωτέρω, καθίσταται σαφές ότι σήμερα υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας, η οποία αδιαμφισβήτητα έχει τεράστιο ενδιαφέρον για τη διεθνή οπτομετρική και οφθαλμολογική κοινότητα. Εκτός λοιπόν από τη χρήση των "παραδοσιακών" κοντινών (πρεσβυωπικών) γυαλιών, ή των πιο εξελιγμένων πολυεστιακών γυαλιών, όλο και περισσότεροι πρεσβύωπες καταλήγουν στη λύση της ανεξαρτοποίησης από τη χρήση γυαλιών κυρίως για αισθητικούς κι εργονομικούς λόγους. Ως αποτέλεσμα, η απώλεια της κοντινής και ενδιάμεσης όρασης λόγω της πρεσβυωπίας μπορεί να αντισταθμιστεί με επιτυχία με τη χρήση μαλακών και ημίσκληρων αεροδιαπερατών (GP) πολυεστιακών φακών επαφής με σύγχρονους σχεδιασμούς, κατασκευασμένους από εξαιρετικής ποιότητας σύγχρονα 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, η κατηγορία των πολυεστιακών φακών επαφής αναμένεται να εμφανίσει τη μεγαλύτερη, σε σχέση με όλες τις άλλες κατηγορίες φακών επαφής, ανάπτυξη μέσα στην επόμενη δεκαετία.



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Βιβλία

1. Pallikaris, I., Plainis, S. and Charman, W Neil. “Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment.” UK: SLACK Incorporated, 2012. Chapter 16; Correction of Presbyopia with Monovision.
2. Pallikaris, I., Plainis, S. and Charman, W Neil. “Presbyopia: Origins, Effects, and Treatment.” UK: SLACK Incorporated, 2012. Glossary.

### Άρθρα

1. Atchison, David A. “Accommodation and presbyopia.” *Ophthalmic and Physiological Optics* 15.4 (1995): 255-272.
2. Bakaraju RC, Ehrmann K, Ho A, Papas E. “Inherent ocular spherical aberration and multifocal contact lens optical performance.” *Optom Vis Sci* 2010 Dec; 87(12):1009-22.
3. Bennett ES. “Innovations in gas permeable multifocal contact lenses.” *Clin Optom* 2010; 2:85-90.
4. Bennett ES. “Contact lens correction of presbyopia.” *Clin Exp Optom* 2008 May; 91(3): 265-78.
5. Charman WN, Walsh G. “Retinal image quality with different designs of bifocal contact lenses.” *Transactions of BCLA Annual Clinical conferences* 1986:13-9.
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(1): 67-75.
7. Charman WN, Walsh G. “Retinal images with centred aspheric varifocal contact lenses.” *Int Cont Lens Clinic* 1988; 15(3): 87-93.
8. Collins, Michael J., and Andrew Goode. “Interocular blur suppression and monovision.” *Acta ophthalmologica* 72.3 (1994): 376-380.
9. Dubbelman M, Van der Heijde GL, Weeber HA. “Change in shape of the aging human crystalline lens with accommodation.” *Vision Res* 45(1): 117-32, 2005.
10. Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS. “Visual comparison of multifocal contact lens to monovision.” *Optom Vis Sci* 2009 Feb; 86 (2):E98-105.
11. Helmholtz HV. “*Handbuch der Physiologischen Optik.*” Vol. Volume 1, 1856.
12. Intracorneal inlay to correct presbyopia: Long-term results, Omer F. Yilmaz et al., *J Cataract Refract Surg* 2011, 37:1275–1281
13. Fisher RF. “Proceedings: Some experimental studies of human accommodation and presbyopia.” *Proc R Soc Med* 66(10): 1037, 1973.

14. Glasser A, Campbell MC. "Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia." *Vision Res* 39(11): 1991-2015, 1993.
15. Koretz JF, Handelman GH. "The Mechanics of Human Visual Accommodation." *Biophysical Journal* 41(2): A400-A, 1983.
16. Pardue MT, Sivak JG. "Age-related changes in human ciliary muscle." *Optom Vis Sci* 77(4): 204-10, 2000.
17. Plainis S, Atchison DA, Charman WN. Commenting on "Using Power Profiles to Evaluate Aspheric Lenses". *Cont Lens Spectrum* 2011; March/April:15-7
18. Plainis S, Petrato D, Giannakopoulou T, Atchison DA, Tsilimbaris MK. "Binocular summation improves performance to defocus-induced blur." *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011 Jan 12.
19. 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(3):97-106
20. 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 Aug; 18(8):1793-803
21. Rajagopalan AS, Bennett ES, Lakshmi-narayanan V. "Visual performance of subjects wearing presbyopic contact lenses." *Optom Vis Sci* 2006 Aug; 83(8):611-5.
22. Rosenfield M, Abraham-Cohen JA. "Blur sensitivity in myopes." *Optom Vis Sci* 1999; 76(5):303-7
23. Seijas, Olga, et al. "Ocular dominance diagnosis and its influence in monovision." *American journal of ophthalmology* 144.2 (2007): 209-216.
24. Suttle, Catherine, et al. "Sensory ocular dominance based on resolution acuity, contrast sensitivity and alignment sensitivity." *Clinical and experimental optometry* 92.1 (2009): 2-8.
25. Woods RL, Colvin CR, Vera-Diaz FA, Peli E. "A relationship between tolerance of blur and personality." *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010 Nov; 51(11):6077-82
26. Yang, Eunice, Randolph Blake, and James E. McDonald. "A new interocular suppression technique for measuring sensory eye dominance." *Investigative ophthalmology & visual science* 51.1 (2010): 588-593.
27. Σ. Πλαϊνης Π. Καλλίνικος "Φακοί επαφής για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας." *Οφθαλμολογικά Χρονικά*. 3:239- 25, 2011.