

**ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΚΩΝ  
ΕΠΑΦΗΣ**

**Σ. Πλαΐνης, MSc, PhD**

**Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης, Σχολή Επιστημών Υγείας, Πανεπιστήμιο  
Κρήτης**

**Ο. Λουκαΐδης, MSc**

**Optical House, Ρόδος**

## 1. Εισαγωγή

Η διόρθωση του διαθλαστικού σφάλματος (μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός, πρεσβυωπία) επιτυγχάνεται με την χρήση οφθαλμικών φακών (γυαλιά οράσεως) και φακών επαφής. Επίσης, για τη «μόνιμη αποκατάσταση» του διαθλαστικού σφάλματος πραγματοποιούνται και χειρουργικές επεμβάσεις (διαθλαστική χειρουργική και διαθλαστικοί ενδοφακοί).

Λόγω του γεγονότος ότι οι οφθαλμικοί φακοί, συγκριτικά με τους φακούς επαφής, είναι τοποθετημένοι σε κάποια απόσταση από τον οφθαλμό, προκύπτουν οπτικές διαφορές μεταξύ των παραπάνω όσο αφορά την απαιτούμενη διοπτρική ισχύ των φακών, την απαιτούμενη σύγκλιση και προσαρμογή των οφθαλμών και τη μεγέθυνση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου.

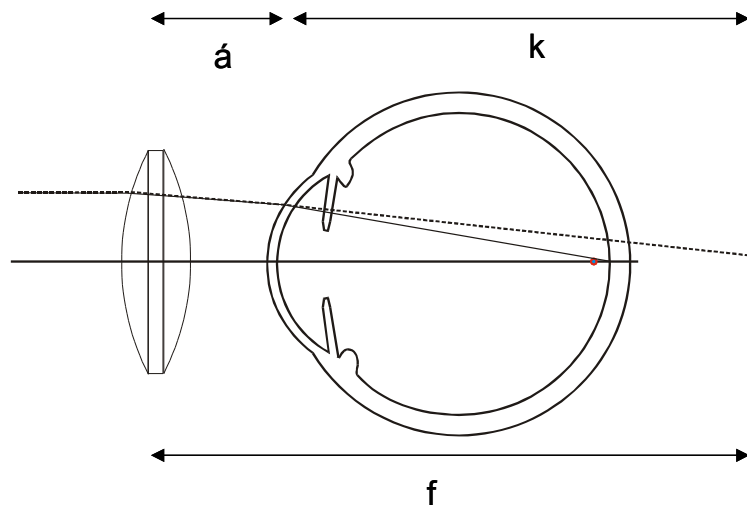
### 1. Διαφορές στην απαιτούμενη διοπτρική δύναμη

Οι διορθωτικοί οφθαλμικοί φακοί είναι τοποθετημένοι σε κάποια απόσταση από την πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού (βλ. Σχ.1). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διοπτρική ισχύς που απαιτείται για την διόρθωση ενός διαθλαστικού σφάλματος με οφθαλμικούς φακούς να διαφέρει από το πραγματικό διαθλαστικό σφάλμα του οφθαλμού (αυτό είναι γνωστό ως *effectivity*). Η εξίσωση που εκφράζει την παραπάνω σχέση προκύπτει ως εξής:

$$F = 1 / f \text{ και } f = k+a$$

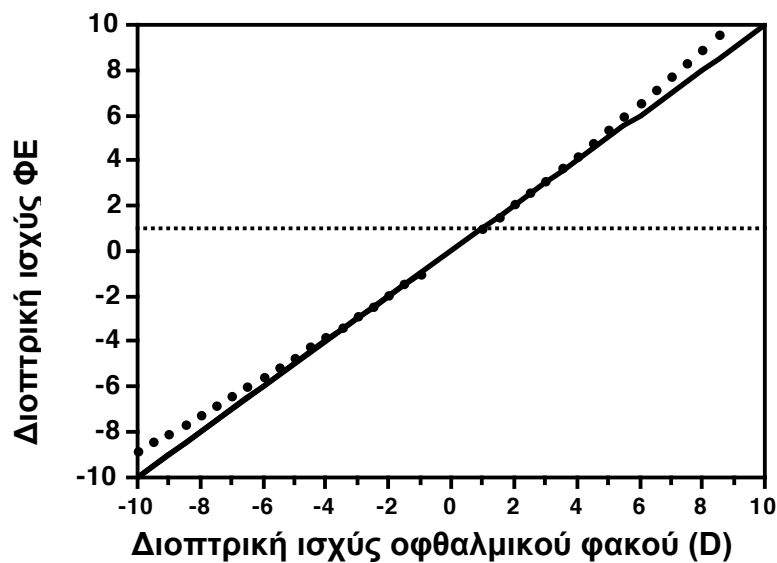
$$F = K/(1+\alpha K) \text{ ή } K = F/(1-\alpha F) \quad (1)$$

Όπου  $K$  = διαθλαστικό σφάλμα,  $F$  = η διοπτρική ισχύς του διαθλαστικού φακού, και  $\alpha$  = απόσταση του φακού από τον οφθαλμό (περίπου 13 mm).



**ΣΧΗΜΑ 1**

Στην περίπτωση των φακών επαφής (ΦΕ), επειδή ο ΦΕ είναι τοποθετημένος στο επίπεδο του κερατοειδή, η απαιτούμενη ισχύς ( $F$ ) είναι ίση με το διαθλαστικό σφάλμα του οφθαλμού ( $K$ ) [ $F = K$ ]. Επειδή όμως στην οφθαλμολογική εξέταση ρουτίνας το διαθλαστικό σφάλμα του οφθαλμού αξιολογείται με την χρήση δοκιμαστικών οφθαλμικών φακών, για τον υπολογισμό της απαιτούμενης διοπτρικής ισχύος των ΦΕ χρησιμοποιείται η εξίσωση (3). Αυτό παριστάνεται γραφικά στο Σχ.2. όπου παρατηρούμε ότι όταν για την διόρθωση ενός μύωπα με ΦΕ απαιτείται μικρότερη ισχύς από τα γυαλιά του, ενώ για έναν υπερμέτρωπα απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς για διόρθωση με ΦΕ.

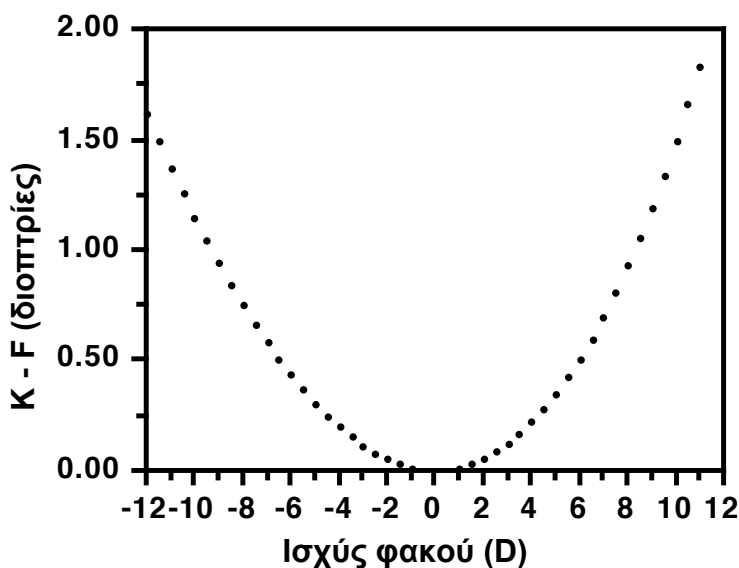


**ΣΧΗΜΑ 2**

Από την εξίσωση (1) προκύπτει ότι η διαφορά στην απαιτούμενη διοπτρική ισχύ μεταξύ οφθαλμικών φακών και φακών επαφής δίνεται από την εξίσωση:

$$K-F = \alpha F^2 / (1-\alpha F) \quad (2)$$

Η διαφορά γίνεται σημαντική (0.25 D) για ισχύ > 4.5 διοπτρίες (βλ. Σχ.3) και είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση των θετικών φακών (που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση της υπερμετροπίας).



ΣΧΗΜΑ 3

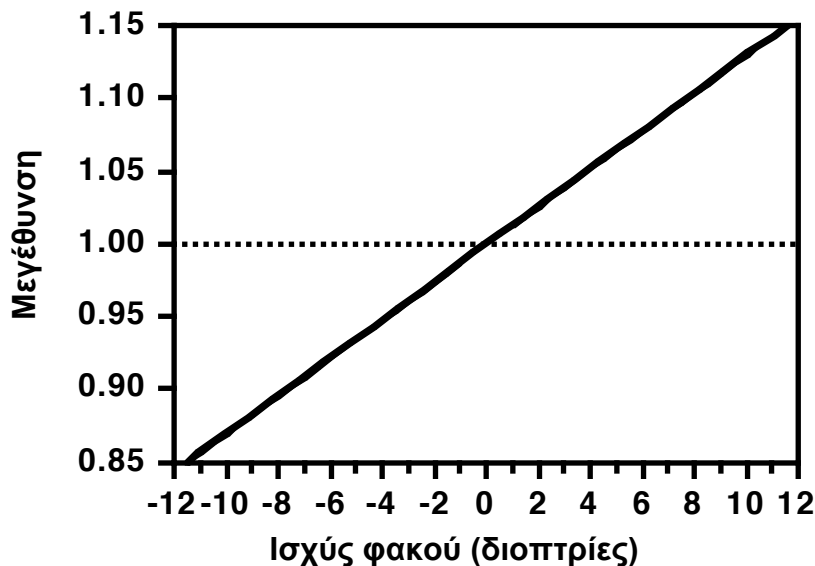
### 3. Διαφορές στο μέγεθος του αμφιβληστροειδικού ειδώλου

Το μέγεθος του αμφιβληστροειδικού ειδώλου μεταξύ ενός διορθωμένου μύωπα/υπερμέτρωπα κι ενός (μη διορθωμένου) φυσιολογικού οφθαλμού διαφέρει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεγέθυνση του αμφιβληστροειδικού ειδώλου στην περίπτωση των «θετικών» οφθαλμικών φακών για την διόρθωση της υπερμετροπίας, και αντίθετα, τη μίκρυνσή του στην περίπτωση των «αρνητικών» οφθαλμικών φακών για τη διόρθωση της μυωπίας. Το ποσό της μεγέθυνσης εξαρτάται από την ισχύ του οφθαλμικού φακού και την απόστασή του από τον οφθαλμό ( $\alpha$ ) κι εκφράζεται από την παρακάτω σχέση:

**Μεγέθυνση =  $1/[1-\alpha F]$** , κι επειδή  $\alpha F$  είναι πολύ μικρό σε σχέση με την μονάδα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το διωνυμικό ανάπτυγμα και να πάρουμε:

$$\text{Μεγέθυνση} = 1 + \alpha F \text{ (3)}$$

Όπου  $F$  = ισχύς του φακού,  $\alpha$  = απόσταση του φακού από τον οφθαλμό (περίπου 13 mm). Κάνοντας τους υπολογισμούς παρατηρούμε ότι ο αρνητικός οφθαλμικός φακός μικραίνει το μέγεθος του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή κατά 1.3% για κάθε διοπτρία (π.χ. 6.5% μίκρυνση για έναν μυωπικό φακό 5 διοπτριών) ενώ αντίθετα ο θετικός το μεγαλώνει. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει το Σχ. 4. Στην περίπτωση των ΦΕ, ή μετά από διαθλαστική χειρουργική, για το απλοποιημένο μοντέλο του οφθαλμού, η μεγέθυνση είναι ίση με την μονάδα. Στην πραγματικότητα όμως, επειδή η κόρη βρίσκεται περίπου 3.5 mm πίσω από τον πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού (τον κερατοειδή), η μεγέθυνση είναι κατά ακρίβεια 0,35% για κάθε διοπτρία για τον ΦΕ και 1.65% για τον οφθαλμικό φακό.



ΣΧΗΜΑ 4

Από την στιγμή που το είδωλο για έναν μυωπικό οφθαλμό έχει μικρότερο μέγεθος όταν διορθώνεται με οφθαλμικούς φακούς, είναι αναμενόμενο η βελτίωση στην οπτική οξύτητα (το κέρδος σε σειρές γραμμάτων) που παρατηρείται πολλές φορές μετά από ΔΧ, ή όταν υπάρχει διόρθωση με ΦΕ, να οφείλεται σε κάποιο βαθμό σε αυτό το γεγονός. Για παράδειγμα η μίκρυνση του ειδώλου που προκαλείται από έναν μυωπικό φακό 8 διοπτριών ισοδυναμεί σε αύξηση της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας (MAR) κατά 10.4%. Αυτό ισοδυναμεί περίπου με μείωση της οπτικής οξύτητας από 10/10 σε 9/10 στην περίπτωση χρήσης μυωπικών (αρνητικών) φακών.

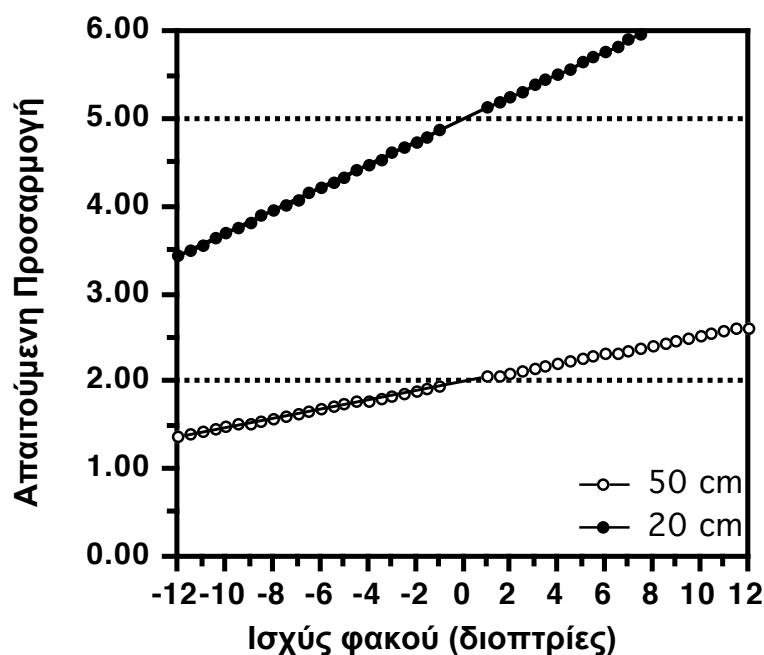
#### 4. Διαφορές στην απαιτούμενη προσαρμογή

Όπως και στην περίπτωση της μεγέθυνσης, το γεγονός ότι οι οφθαλμικοί φακοί βρίσκονται σε κάποια απόσταση ( $\alpha$ ) από τον οφθαλμό επηρεάζει την προσαρμογή που απαιτείται όταν χρειάζεται να εστιάσουμε σε κοντινά αντικείμενα. Η απαιτούμενη προσαρμογή με την χρήση οφθαλμικών φακών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Pi = A (1+2\alpha K) \quad (4)$$

Όπου  $\Pi$  = απαιτούμενη προσαρμογή,  $A$  = εκτιμώμενη προσαρμογή (αντίστροφη της απόστασης- π.χ 4D για ένα αντικείμενο που βρίσκεται στα 25 εκατοστά).

Από το Σχ. 5 συμπεραίνουμε ότι για τους διορθωμένους με γυαλιά μύωπες απαιτείται λιγότερη προσαρμογή από ότι με ΦΕ, ενώ για τους διορθωμένους με γυαλιά υπερμέτρωπες απαιτείται περισσότερη προσαρμογή από ότι με ΦΕ. Η διαφορά στην απαιτούμενη προσαρμογή μεταξύ οφθαλμικών φακών και ΦΕ είναι αισθητή σε μεγάλες διοπτρίες (περίπου 0.5 διοπτρίες για διαθλαστικό σφάλμα 6 διοπτριών). Η παραπάνω διαφορά στην απαιτούμενη προσαρμογή αφορά περισσότερο τις προ-πρεσβυωπικές ηλικίες (< 40 ετών).



ΣΧΗΜΑ 5

## 5. Διαφορές στην απαιτούμενη σύγκλιση

Για να εστιάσουμε σε ένα κοντινό αντικείμενο οι οφθαλμοί μας συγκλίνουν. Όταν χρησιμοποιούμε ΦΕ οι φακοί κινούνται μαζί με τους οφθαλμούς, επομένως έχουμε τον ίδιο βαθμό σύγκλισης με έναν εμμέτρωπα. Όταν όμως χρησιμοποιούμε γυαλιά, οι φακοί παραμένουν σταθεροί όταν οι οφθαλμοί συγκλίνουν, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρισματικό φαινόμενο, το οποίο εξαρτάται από το αν οι φακοί των γυαλιών είναι συγκλίνοντες ή αποκλίνοντες: Οι μύωπες χρειάζεται να συγκλίνουν περισσότερο όταν χρησιμοποιούν ΦΕ ενώ οι υπερμέτρωπες χρειάζεται να συγκλίνουν περισσότερο όταν είναι διορθωμένοι με γυαλιά.

## 6. Ανισομετροπία – Ανισοεικονία

Ως **ανισομετροπία** ορίζεται η διαφορά διαθλαστικού σφάλματος μεταξύ των δύο οφθαλμών. Σε αυτές τις περιπτώσεις όταν η διαθλαστική διόρθωση γίνεται με οφθαλμικούς φακούς είναι προφανές ότι λόγω του γεγονότος ότι η μεγέθυνση εξαρτάται από την διοπτρική του ισχύ (βλ. εξίσωση 3) το μέγεθος του ειδώλου θα διαφέρει στους δύο οφθαλμούς. Η διαφορά μεγέθους του αμφιβληστροειδικού ειδώλου, λόγω της ανισομετροπίας ονομάζεται **ανισοεικονία**. Αντιθέτως, η ανισοεικονία είναι ελάχιστη όταν χρησιμοποιούμε ΦΕ.