

Η κλινική σημασία των οπτικών εκτροπών υψηλής τάξης (aberroria) και η επίδρασή τους στην χωρική όραση

Χ. Καλογερόπουλος¹, Λ. Ραζής², Δ. Καλογερόπουλος¹

Περίληψη

Στο παρόν άρθρο ενημέρωσης επιχειρείται η παρουσίαση της κλινικής σημασίας του συνόλου των εκτροπών του οπτικού συστήματος του οφθαλμού. Οι οπτικές αυτές εκτροπές (aberrations) έχουν επίπτωση τόσο στην οπτική οξύτητα (με την καλύτερη δυνατή διόρθωση) όσο και στην ευαισθησία αντίθεσης (contrast sensitivity), με συνέπεια την μειωμένη χωρική όραση (spatial vision).

Η κλασική διόρθωση των διαθλαστικών διαταραχών με σφαιρικούς και κυλινδρικούς φακούς δεν αποδίδει όταν το οπτικό σύστημα του οφθαλμού παρουσιάζει εκτροπές υψηλής τάξης. Η αφαίρεση των εκτροπών αυτών, δηλ. η διόρθωση της aberroria (δεν υπάρχει επίσημος δόκιμος ελληνικός όρος) που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και στη διαθλαστική χειρουργική (συμπεριλαμβανομένης και της σύγχρονης χειρουργικής του καταρράκτη) επιφέρει βελτίωση στην χωρική όραση (οπτική οξύτητα και ευαισθησία αντίθεσης).

1. Οφθαλμολογική Κλινική Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

2. Laser & Οφθαλμός, Θεσσαλονίκη

Corresponding author: Δ. Καλογερόπουλος
e-mail: kalogch@otenet.gr

Η “aberroria” είναι μια νέα διαθλαστική οντότητα και χρήζει πλέον της προσοχής μας στην εποχή της “υπερόρασης”.

Λέξεις κλειδιά: aberroria, χωρική όραση, ευαισθησία αντίθεσης, εκτροπές υψηλής τάξης, εκτροπές χαμηλής τάξης

Εισαγωγή

Στον απλοποιημένο σχηματικό οφθαλμό το σύνολο της διαθλαστικής ισχύος (κερατοειδής + φακός) εκφράζεται ως διαθλαστική ισχύς σφαιρικού διόπτρου, που στην ουσία είναι η κυρτή επιφάνεια που διαχωρίζει τον περιβάλλοντα χώρο από το εσωτερικό του οφθαλμού. Η ισχύς του διόπτρου όταν δεν είναι ίδια σε όλους τους μεσημβρινούς προκύπτει μια αμετρωπία καμπυλότητας (αστιγματισμός). Το αξονικό μήκος αυτού του μοντέλου του απλοποιημένου σχηματικού οφθαλμού καθορίζει μαζί με την συνολική διαθλαστική ισχύ το κατά πόσον η εστίαση παραλλήλων ακτίνων φωτός θα γίνει επί του αμφιβληστροειδούς, ώστε να έχουμε την συνθήκη της εμμετρωπίας, δηλαδή του διαθλαστικού εκείνου status του οφθαλμού όπου το άπω σημείο θεωρητικά ευρίσκεται στο άπειρο. Στην πραγματικότητα όμως και όπως φαίνεται και στην κλινική πράξη η μέγιστη δυνατότητα της όρασης δεν εξασφαλίζεται σε όλους και αυτό όχι απαραίτητα λόγω συνθηκών αμε-

τρωπίας (μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός) αλλά και λόγω εκτροπών που οφείλονται στο σύνολο του οπτικού συστήματος του οφθαλμού (κερατοειδής, κρυσταλλοειδής φακός, υαλοειδές και αμφιβληστροειδής) και δημιουργούν μια νέα οντότητα διαθλαστικής ανωμαλίας που ονομάζεται aberropia (δεν υπάρχει επίσημος δόκιμος ελληνικός όρος) εκ του aberration (εκτροπή).¹

Ορισμός της aberropia

Η aberropia είναι λοιπόν ένα διαθλαστικό σφάλμα που έχει ως αποτέλεσμα μια μείωση της ποιότητας της όρασης και αποδίδεται στις εκτροπές υψηλής τάξης. Αυτό οφείλεται είτε στην ανεπάρκεια “βοηθητικών” ή “ωφελίμων” εκτροπών (πάντα όσον αφορά το οπτικό σύστημα του οφθαλμού στο σύνολό του) να αντισταθμίσουν “επιβλαβείς” εκτροπές είτε επειδή υπάρχουν μόνον “επιβλαβείς” εκτροπές στον οφθαλμό. Ως εκ τούτου αναφέρεται κανείς με αυτό τον όρο σε ένα διαθλαστικό σφάλμα που οφείλεται είτε σε ένα καθαρό ποσό επιζήμιων εκτροπών είτε είναι το τελικό αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης διαφόρων τύπων εκτροπών.²

Είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψη ότι η aberropia ως σύνολο από ποσοτικής πλευράς εξαρτάται από την προηγούμενα αναφερθείσα «εξισορρόπηση», επιμέρους εκτροπών από επιμέρους παραμέτρους του οπτικού συστήματος του οφθαλμού.

Οπτικό σύστημα του οφθαλμού και εκτροπές

Το σύνολο του οπτικού συστήματος του οφθαλμού απαρτίζεται από τον κερατοειδή, τον κρυσταλλοειδή φακό, το υαλοειδές και τον αμφιβληστροειδή. Η χωρική όραση εξ ορισμού είναι η ικανότητα του οφθαλμού να βλέπει δυσδιάστατα χρωματικά σχήματα και διακρίνεται στην οπτική οξύτητα (visual acuity) όπως κλασικά ορίζεται αυτή και στην ευαισθησία αντίθεσης (contrast sensitivity).³

Το ιδανικό οπτικό σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να διορθώνει τις εκτροπές με τέτοιο τρόπο ώστε η χωρική διακριτική ικανότητα του οφθαλμού να περιορίζεται μόνο από τους φυσικούς περιορισμούς του νευροαμφιβληστροειδούς (διάμετρος των φωτοϋποδοχέων και πυκνότητα διάταξης των φωτοϋποδοχέων). Στις οπτικές εκτροπές περιλαμβάνονται οι μονοχρωματικές εκτροπές υψηλής και χαμηλής τάξης και οι χρωματικές εκτροπές. Οι τελευταίες δεν μετρώνται και κατά συνέπεια δεν αξιολογούνται πρακτικά στην κλινική πράξη, τουλάχιστον μέχρι σήμερα. Οι μονοχρωματικές εκτροπές χαμηλής τάξης αφορούν σε διαθλαστικά σφάλματα που μετρώνται με την κλινική διάθλαση και τα αυτόματα διαθλασίμετρα (σφαιροκυλινδρικά σφάλματα με συνέπειες την αφεστίαση και/ή τον αστιγματισμό). Οι υψηλής τάξης εκτροπές δεν μπο-

ρούν να μετρηθούν αντικειμενικά με την κλασική διαθλαστική εξέταση και επομένως η εκτίμηση των επιδράσεων τους στην οπτική οξύτητα αποτελούσε “terra incognita” μέχρι την εισαγωγή στην κλινική πράξη των εκτροπομέτρων (aberrometers), που η αρχή τους βασίζεται στη μέτρηση του σφάλματος του μετώπου κύματος (wavefront). Τα εκτροπόμετρα ή αμπεροόμετρα μπορούν να μετρήσουν ταυτόχρονα και τις εκτροπές χαμηλής τάξης (EXT) αλλά είναι τα όργανα που χρησιμοποιούνται στην κλινική πλέον πράξη για τον υπολογισμό κυρίως των εκτροπών υψηλής τάξης,^{4,5,6} τόσο στον αμετρωπικό όσο και στον εμμετρωπικό οφθαλμό. Στον εμμετρωπικό οφθαλμό αν και απουσιάζουν οι εκτροπές χαμηλής τάξης υπάρχουν εντούτοις εκτροπές υψηλής τάξης που συμβάλλουν στη μείωση της ποιότητας του ειδώλου.⁵

Η έννοια του μετώπου κύματος

Για να γίνει κατανοητή η επίδραση των εκτροπών υψηλής τάξης (EYT) στην όραση, όπως και σε ποιες κλινικές περιπτώσεις αυτές απαντώνται συνήθως, πρέπει να γίνει πρώτα κατανοητή η έννοια του μετώπου κύματος (wavefront). Το κύμα του φωτός είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Ο όρος wavefront αντιστοιχεί στον όρο μέτωπο κύματος ή κυματομέτωπο της φυσικής οπτικής. Το wavefront είναι λοιπόν μια επιφάνεια πάνω στην οποία μία οπτική ανωμαλία έχει μία σταθερή φάση. Ακτίνες και wavefronts είναι δύο αμοιβαία συμπληρωματικές προσεγγίσεις της διάδοσης του φωτός. Τα wavefronts είναι πάντα κάθετα στις ακτίνες. Για να εστιάσει μία δέσμη ακτίνων φωτός ακριβώς σε ένα σημείο το wavefront που προέρχεται από το οπτικό σύστημα πρέπει να είναι μία τέλεια σφαίρα επικεντρωμένη στο σημείο του ειδώλου. Η απόσταση σε μικρόμετρα μεταξύ του πραγματικού και του ιδεώδους wavefront είναι η εκτροπή του μετώπου κύματος, που είναι μία σταθερή μέθοδος που δείχνει την εκτροπή του οπτικού συστήματος του οφθαλμού. Ως εκ τούτου οι εκτροπές του οφθαλμού είναι η διαφορά μεταξύ δύο επιφανειών, του ιδεώδους και του πραγματικού wavefront. Η ανάλυση του wavefront είναι ο καλύτερος τρόπος μελέτης των οπτικών εκτροπών του οφθαλμού. Η περιγραφή ενός wavefront γίνεται με τους αλγόριθμους Fourier ή Zernike.^{4,5} Κατά τη μέτρηση του wavefront ολοκλήρου του οφθαλμού, η τεχνική της μέτρησης (εκτροπομετρία) διαφέρει στο κατά πόσο μετράται το εξερχόμενο φως από τον οφθαλμό, ή μετράται η παραμόρφωση του ειδώλου πάνω στον αμφιβληστροειδή από το εισερχόμενο φως. Η εκτροπομετρία (aberrometry) του οφθαλμού γνωστή και ως τοπογραφία μετώπου κύματος (wavefront aberrometry) είναι η πλέον σύγχρονη τεχνική μελέτης των οπτικών σφαλμάτων



Εικόνα 1. Σχήματα εκτροπών υψηλής τάξης με κλινική σημασία (1: τριφύλλο, 2: κόμη, 3: σφαιρική εκτροπή)

του οφθαλμού και της οπτικής του απόδοσης,⁶ μας παρέχει δε μία σειρά από πολύ χρήσιμα δεδομένα τόσο από διαγνωστικής πλευράς για την εκτίμηση της όρασης όσο και από πλευράς προσανατολισμού για τη διάρθωση των σφαλμάτων αυτών.

Εκτροπές υψηλής τάξης (EYT) και μέτρηση αυτών

Η EYT είναι μια παραμόρφωση που προκύπτει από ένα κυματομέτωπο (wavefront) φωτός όταν αυτό περνά διαμέσου ενός οφθαλμού με ανωμαλίες στα επιμέρους διαθλαστικά του στοιχεία, που εκτός του κερατοειδούς, του υδατοειδούς υγρού, του κρυσταλλοειδούς φακού και του υαλοειδούς περιλαμβάνεται και το δακρυϊκό film.

Ανώμαλη καμπυλότητα του κερατοειδούς και του κρυσταλλοειδούς φακού συμβάλλουν στην παραμόρφωση που δημιουργείται από ένα wavefront φωτός. Σοβαρές EYT παρατηρούνται επίσης σε οφθαλμούς με ουλή κερατοειδούς από χειρουργείο, τραύμα ή νόσο του οφθαλμού. Ο καταρράκτης μπορεί επίσης να προκαλέσει EYT προτού παρατηρηθεί ακόμη μείωση της οπτικής οξύτητας. Επίσης ο ξηρός οφθαλμός με μείωση της ποσότητας ή/και της ποιότητας των δακρύων εμποδίζει ή σκεδάζει τις ακτίνες του φωτός ώστε να μην είναι δυνατή η ακριβής εστίαση στον αμφιβληστροειδή.

Οι εκτροπές υψηλής τάξης που παρατηρούνται σε ορισμένους οφθαλμούς με την πάροδο της ηλικίας οφείλονται κυρίως στη συμμετοχή του φακού.

Οι εκτροπές υψηλής τάξης είναι πιο πολύπλοκα οπτικά σφάλματα από τις εκτροπές χαμηλής τάξης. Οι EYT προκαλούν διαταραχές της όρασης όπως είναι η

δυσκολία στη νυχτερινή όραση, το θάμβος από έντονο φως (glare), η άλως, η θόλωση της όρασης, η αίσθηση έκρηξης άστρου (starburst pattern) ακόμη και διπλωπία. Ως εκ τούτου οι EYT έχουν κυρίως επίδραση στην ποιότητα της όρασης, που μπορεί από ένα βαθμό και πέρα να επηρεάσουν και την οπτική οξύτητα. Η μείωση της ποιότητας της όρασης έχει οπωσδήποτε επίδραση στην ευαισθησία αντίθεσης (contrast sensitivity).

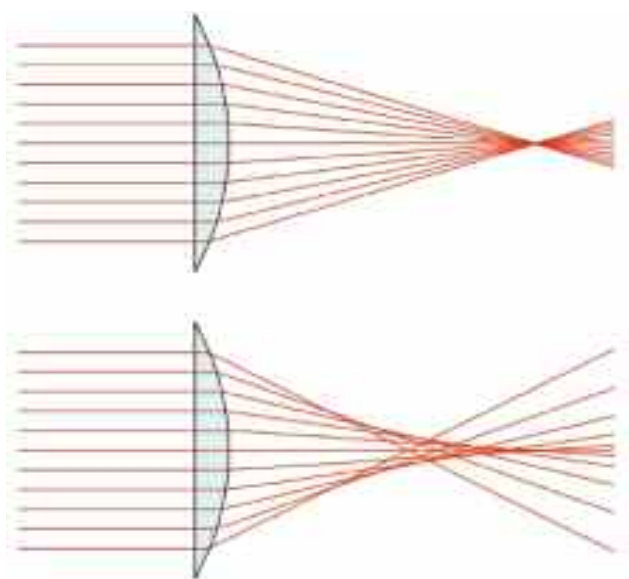
Υπάρχουν πολλές εκτροπές υψηλής τάξης από τις οποίες μόνο η σφαιρική εκτροπή, η κόμη και η δίχην τριφύλλου (trefoil) εκτροπή (Εικόνα 1) έχουν κλινικό ενδιαφέρον καθώς επηρεάζουν την ποιότητα της όρασης. Και ενώ οι εκτροπές χαμηλής τάξης μπορούν να μετρηθούν και με την κλασσική διαθλαστική εξέταση (συμπεριλαμβανομένων και των αυτοματοποιημένων διαθλασιμέτρων) και με τα εκτροπόμετρα, οι εκτροπές υψηλής τάξης μπορούν να μετρηθούν μόνο με τα εκτροπόμετρα.

Η σφαιρική εκτροπή έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται άλως γύρω από το σημείο του ειδώλου (Εικόνα 2). Η σφαιρική εκτροπή προκαλεί επιδείνωση της μυωπίας σε χαμηλό φωτισμό (νυχτερινή μυωπία). Αντίθετα, σε φωτεινότερες συνθήκες, η κόρη συστέλλεται (μύση), εμποδίζοντας τις περιφερικότερες ακτίνες και ελαχιστοποιώντας την επίδραση της σφαιρικής εκτροπής.

Η κόμη (coma) είναι συχνότερη σε ασθενείς με έκκεντρο μόσχευμα κερατοειδούς, κερατόκωνο και έκκεντρο laser εκτομή σε διαθλαστικές εγχειρήσεις.

Το trefoil προκαλεί μικρότερη αλλοίωση στην ποιότητα της εικόνας σε σύγκριση με την κόμη γενικά.

Οι EYT από τον κερατοειδή υπολογίζονται με την τοπογραφία μετώπου κύματος του κερατοειδούς και



Εικόνα 2. Παράδειγμα σφαιρικής εκτροπής: ένας τέλειος φακός (πάνω) εστιάζει τις ακτίνες φωτός σε ένα σημείο επί του οπτικού άξονα. Στην περίπτωση σφαιρικής εκτροπής (κάτω) οι περιφερικές ακτίνες εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία από τις κεντρικές

οι στον κρυσταλλοειδή φακό (εσωτερικές) οφειλόμενες EYT υπολογίζονται με την αφαίρεση των κερατοειδικών εκτροπών από τις EYT του συνολικού οπτικού συστήματος του οφθαλμού.

Υπάρχουν διάφορα εκτροπόμετρα (aberrometers) τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για την μέτρηση των εκτροπών υψηλής τάξης αλλά στην κλινική πράξη χρησιμοποιείται κυρίως το εκτροπόμετρο Scheiner-Hartmann-Shack. Άλλα εκτροπόμετρα είναι το Alcon LADARWave, το Visx WaveScan, το B&L Zywave και το Wavelight Allegro Analyser.^{6,7,8}

Η επίδραση των εκτροπών του οπτικού συστήματος του οφθαλμού στην όραση, η κλινική αιτιολογία και το κλινικό ενδιαφέρον της aberroρία.

Οι εκτροπές χαμηλής τάξης αφορούν σε αυτές που προκαλούν αφεστίαση (defocus: μειωμένη κοντινή ή μακρινή όραση) και διορθώνονται με θετικό σφαιρώμα (υπερμετρωπία) και αρνητικό σφαιρώμα (μυωπία) καθώς και αυτές που αφορούν αστιγματισμό και διορθώνονται με κύλινδρο σε συγκεκριμένο άξονα. Αποτελούν περίπου το 85% των συνολικών εκτροπών του οφθαλμού.

Το ενδιαφέρον αυτού του άρθρου θα μονοπωλήσει πάλι η “aberroria”, η οποία οφείλεται σε συνθήκες του οπτικού συστήματος του οφθαλμού που δημιουργούν EYT και έχουμε ήδη αναφέρει τις κυριότερες στην κλι-

νική πράξη. Προκαλούν το 15% του συνολικού αριθμού των εκτροπών του οφθαλμού. Είναι επομένως λιγότερο συχνές από τις EXT αλλά, ανάλογα με την παραμόρφωση του wavefront, όσο πιο σύνθετο το σχήμα τόσο πιο υψηλή η τάξη της εκτροπής.

Η επίπτωση των EYT στην ποιότητα της όρασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένης και της αιτίας της εκτροπής. Η συμμετοχή της διαμέτρου της κόρης στην δημιουργία EYT έχει ήδη αναφερθεί. Όμως ακόμη και σε οφθαλμούς με μικρή ή μέτρια διάμετρο κόρης, όταν η EYT οφείλεται σε ουλή της οφθαλμικής επιφάνειας (κυρίως κερατοειδούς) ή σε καταρράκτη, ιδίως αρχικού σταδίου όπου η οπτική οξύτητα είναι υψηλή της τάξης 9-10/10 της κλίμακας Snellen, υπάρχουν ενοχλήματα όπως διπλωπία (ή και πολυωπία) ή μείωση της ευαισθησίας αντίθεσης.

Ένας οφθαλμός έχει διάφορες EYT που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ως εκ τούτου μια συσχέτιση μεταξύ μιας συγκεκριμένης EYT και ενός ειδικού συμπτώματος είναι δύσκολο να γίνει. Παρόλα αυτά οι EYT γενικά συνδέονται με διπλωπία (μονόφθαλμη), θολή όραση, άλω, μείωση της ευαισθησίας αντίθεσης (contrast sensitivity) και μείωση της όρασης κατά την νύχτα. Άρα η επίδραση στην χωρική όραση μπορεί να αφορά στις δύο συνιστώσες της και την οπτική οξύτητα αλλά και την ευαισθησία αντίθεσης (contrast sensitivity). Η μείωση της τελευταίας ακόμη και όταν η οπτική οξύτητα στο οπτότυπο Snellen είναι 10/10 δημιουργεί συνθήκες χαμηλής ποιότητας όρασης.

Η aberroρία αναλόγως της αιτιολογίας της μπορεί να είναι συγγενής ή επίκτητη. Στην συγγενή, το άτομο γεννιέται με τις EYT. Εάν η aberroρία είναι ετερόπλευρη και τέτοιου βαθμού ώστε να παρεμβαίνει στην ομαλή διόφθαλμη συνεργασία των δύο οφθαλμών, τότε μπορεί να οδηγήσει σε αμβλυωπία στον προσβεβλημένο οφθαλμό.^{9,10} Η επίκτητη aberroρία διακρίνεται σε μετεγχειρητική που αφορά είτε τον κερατοειδή (μετά από διαμπερή κερατοπλαστική ή μετά από διαθλαστική χειρουργική) είτε τον φακό (εκτροπές που προκαλούνται από τον ίδιο τον ενδοφακό ή από λανθασμένη τοποθέτηση του ενδοφακού, όπως επίσης και από ανωμαλίες του περιφακίου) και σε αυτή που οφείλεται σε άλλα παθολογικά αίτια. Αυτά περιλαμβάνουν παθολογία του κερατοειδούς (κερατόκωνος και άλλες εκτασίες, τραύμα ή ουλή κερατοειδούς, άλλες αιτίες ανώμαλου αστιγματισμού κλπ.), παθολογία του φακού (αρχόμενο καταρράκτη, φακόκωνο, παρεκτοπισμένο φακό ή κολόβωμα φακού), παθολογία του υαλοειδούς (θολερότητες και μυοψίες) και παθολογία του αμφιβληστροειδούς (παχυσμένο πίσθιο υαλοειδές ή λεπτή επαμφιβληστροειδική μεμβράνη που δεν προκαλεί έλξη επί του αμφιβληστροειδούς).

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η διάγνωση ήταν αμ-

βλυσωπία αλλά στην πραγματικότητα επρόκειτο για aberroria. Η διαγνωστική παραπλάνηση οφείλεται στο γεγονός ότι, οι συνήθεις δοκιμασίες της εκτίμησης της διαθλαστικής κατάστασης δεν αποκαλύπτουν τις ΕΥΤ. Αυτό που είναι πραγματικά σημαντικό, στο να αποκλυφθεί η aberroria, είναι ότι η κατάλληλη μέθοδος διόρθωσης των ΕΥΤ επιφέρει βελτίωση της όρασης επειδή η aberroria αφορά στο επίπεδο της οπτικής λειτουργίας του οφθαλμού. Αντίθετα στην αμβλυωπία δεν είναι δυνατόν να βελτιωθεί η όραση επειδή αφορά στο επίπεδο του εγκεφαλικού φλοιού.¹¹

Παρουσιάζει ενδιαφέρον η ύπαρξη της aberroria σε διάφορα διαθλαστικά status του οφθαλμού. Έχει υποστηριχθεί ότι οι ΕΥΤ πιθανόν να παίζουν ένα ρόλο στην ανάπτυξη διαθλαστικών σφαλμάτων επειδή μειώνεται η ποιότητα του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή και ότι η εκτίμηση της σφαιρικής εκτροπής σε συγκεκριμένα στάδια της ανάπτυξης του οφθαλμού μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών της ανάπτυξης μυωπίας.^{12,13} Επίσης σε μια μεγάλη σειρά με υπερμετωπικούς, μυωπικούς και εμμετωπικούς οφθαλμούς τα ευρήματα υποστήριξαν ότι στους υπερμετωπικούς οφθαλμούς υπήρχαν διαφορές στα χαρακτηριστικά του κρυσταλλοειδούς φακού (ασφαιρικότητα, καμπυλότητα και βαθμιαία μεταβολή - gradient του δείκτη διάθλασης) σε σχέση με τους οφθαλμούς με άλλο διαθλαστικό status.¹⁴

Τέλος, όσον αφορά την οπτική λειτουργία σε ψευδοφακικούς οφθαλμούς οι σφαιρικές εκτροπές των εσωτερικών οπτικών και η κόμη του κερατοειδούς διαφέρουν μεταξύ των οφθαλμών με διαφορετικούς τύπους ενδοφθάλμιων φακών.¹⁵ Επομένως για την επίτευξη καλύτερης ποιότητας όρασης μετά την εγχείρηση του καταράκτη, ο χειρουργός πρέπει να επιλέγει τον ενδοφθάλμιο φακό με τον κατάλληλο σχεδιασμό του οπτικού του τμήματος καθώς και το κατάλληλο υλικό που θα ελαχιστοποιήσει τις ΕΥΤ και θα βελτιώσει και την ευαισθησία αντίθεσης.⁷

Διόρθωση των εκτροπών υψηλής τάξης - Συμπεράσματα.

Η διόρθωση των ΕΥΤ προϋποθέτει κατανόηση της έννοιας και των κλινικών επιπτώσεων της aberroria καθώς και εκτίμηση της με τα εκτροπόμετρα. Επομένως η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της οφθαλμικής διαγνωστικής θα συμβάλει σημαντικά στην διόρθωση των ΕΥΤ. Φαίνεται δε ότι, η ανάπτυξη της τεχνολογίας των προσαρμοστικών οπτικών θα προσφέρει στην οπτική διόρθωση των ΕΥΤ. Προσαρμοστικά οπτικά είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην βελτίωση της λειτουργίας των οπτικών συστημάτων με τη μείωση των παραμορφώσεων του κυματομετώπου (wavefront).

Αυτά περιλαμβάνουν ειδικής κατασκευής γυαλιά, φακούς επαφής, ενδοφθάλμιους φακούς καθώς και διαθλαστική χειρουργική εξατομικευμένη κατά περίπτωση αναλόγως με τα δεδομένα που προκύπτουν από την εκτροπομετρία του οφθαλμού και στα θέματα αυτά αναμένεται περαιτέρω εξέλιξη.¹

THE CLINICAL IMPORTANCE OF ABERRORIA AND ITS IMPACT ON SPATIAL VISION

C. Kalogeropoulos¹, L. Razis², D. Kalogeropoulos¹

1. Department of Ophthalmology, University of Ioannina

2. Laser & Ophthalmos, Thessaloniki

Abstract

In the present informative article an analysis of clinical significance of aberrations of the eye's entire optical system is carried-out. Optical aberrations have an impact on the visual acuity (best corrected visual acuity) and also the contrast sensitivity resulting in reduced spatial vision.

The classic correction of refractive disorders using sphere, cylinder and axis parameters is inappropriate in cases with higher order aberrations of the eye's optical system. The removal of those aberrations, which must be taken into consideration also in refractive surgery (modern cataract surgery included), improves spatial vision (visual acuity and contrast sensitivity).

The aberroria is a new refractive entity and requires our attention in the "supernormal vision" era.

Key words: aberroria, spatial vision, contrast sensitivity, higher order aberrations, lower order aberrations.

References

1. Agarwal A, Agarwal A, Jacob S et al. Aberroria: a new refractive entity. Ocular Surgery News U.S. 2002; 2:14-19.
2. Agarwal A, Agarwal A, Jacob S. Aberroria: the discovery of a new refractive entity. Ophthalmology Times 2007; 1:1-4.
3. Princeton-Nadler M, Miller D, Nadler D. Glare and contrast sensitivity for clinicians. Springer-Verlag 1990.
4. Μαγουλάς Μ. Τοπογραφία και wavefront. ΒΗΤΑ Ιατρικές Εκδόσεις 2005, Αθήνα.
5. Ασημέλλης Γ. Οπτική και υπερόραση. Εκδόσεις Σύγχρονη Γνώση, 2007, Αθήνα.
6. Κατσούλος Κ, Ασημέλλης Γ. Η σύγχρονη διαθλαστική εξέταση. Εκδόσεις Σύγχρονη Γνώση, 2008,

Αθήνα.

7. Applegate R, Marcos S, Thibos L. Aberrometry: clinical and research applications. *Optometry and Vision Science*. 2003; 80(2):85-86.

8. Cade F, Cruzat A, Paschalis F. Analysis of four aberrometers for evaluating lower and higher order aberrations. *PLOS ONE*, 2013; 8(1):e54990.

9. Prakash G, Sharma N, Chowdhary V. Association between amblyopia and higher-order aberration. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:901-904.

10. de Faber J, Higher-order aberration; explanation of idiopathic amblyopia? [guest editorial] *J Cataract Refract Surg* 2007; 33(5):753.

11. Agarwal A, Prakash G, Jacob S et al. Can uncompensated higher order aberration profile, or aberropia be respon-

sible for subnormal best corrected vision and pseudo-amblyopia. *Med Hypotheses* 2009; 72(5):574-577.

12. Charman WN. Aberration and myopia. *Ophthalmic Physiol Optics* 2005; 25(4):285-301.

13. Papamastorakis G, Panagopoulou S, Tsilimbaris MK et al. Ocular higher-order aberrations in a school children population. *J Optom* 2014 (Epub ahead of print).

14. Philip K, Martinez A, Ho A et al. Total ocular, anterior corneal and lenticular higher order aberrations in hyperopic, myopic and emmetropic eyes. *Vision Research* 2012; 52:31-37.

15. Hayashi K, Yashida M, Hayashi H. Correlation of higher-order wavefront aberrations with visual function in pseudophakic eyes. *Eye* 2008; 22:1476-1482.