



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ & ΟΡΑΣΗ**

Μεταπτυχιακή Εργασία:

**“ΤΟΝΟΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΗ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ
ΟΦΘΑΛΜΟΥΣ ΜΕ ΣΥΝΔΡΟΜΟ
ΨΕΥΔΟΑΠΟΦΟΛΙΔΩΣΗΣ: ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ”**

Γραμμενάνδη Αιμιλία

Επιβλέπων: Ευστάθιος Δετοράκης

Ακαδημαϊκό έτος 2009-2010



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ & ΟΡΑΣΗ**

Μεταπτυχιακή Εργασία:

**“ΤΟΝΟΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΗ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ
ΟΦΘΑΛΜΟΥΣ ΜΕ ΣΥΝΔΡΟΜΟ
ΨΕΥΔΟΑΠΟΦΟΛΙΔΩΣΗΣ: ΚΛΙΝΙΚΟΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ”**

Γραμμενάνδη Αιμιλία

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση» και παρουσιάστηκε στην Τριμελή Επιτροπή αποτελούμενη από τους:

- 1. Ευστάθιος Δετοράκης**
- 2. Μιλτιάδης Τσιλιμπάρης**
- 3. Ιωάννης Παλλήκαρης**

Περίληψη

Το σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης χαρακτηρίζεται από την εναπόθεση ινώδους υλικού άγνωστης προέλευσης στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού. Το υλικό αυτό παρεμποδίζει τη ροή του υδατοειδούς υγρού, με αποτέλεσμα την πιθανότητα βλάβης στο trabeculum και τη δημιουργία γλαυκώματος. Το αποφολιδωτικό υλικό έχει βρεθεί ότι εναποτίθεται και στο ενδοθήλιο του κερατοειδή αλλά όχι στο στρώμα. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αξιολογήσει τυχόν διαφορές μεταξύ τονομέτρησης επιπέδωσης με τονόμετρο Goldmann (GAT) και μη επιπέδωσης με Dynamic Contour Tonometer (DCT) σε οφθαλμούς με σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης και να τις συσχετίσει με κλινικοεργαστηριακούς παράγοντες όπως το κεντρικό πάχος κερατοειδούς και το αξονικό μήκος. Επίσης να αξιολογήσει τη διαφορά στην ενδοφθάλμια πίεση μετρούμενη με τις δύο μεθόδους.

Στην προοπτική μελέτη έλαβαν μέρος τριάντα οκτώ ασθενείς με αποφολίδωση (38 οφθαλμοί) και στους δύο οφθαλμούς (PEX Group, PG) και δεκαεννιά ασθενείς (19 οφθαλμοί) χωρίς αποφολίδωση σε κανένα οφθαλμό (Control Group, CG). Όλοι οι ασθενείς είχαν φακικούς οφθαλμούς και ιστορικό ελεύθερο όσον αφορά οφθαλμικές επεμβάσεις, φλεγμονές, τραυματισμούς, λήψη αντιγλαυκωματικών κολλυρίων. Αρχικά έγινε η διάγνωση ή ο αποκλεισμός της αποφολίδωσης για τις δύο ομάδες με εξέταση στη σχισμοειδή λυχνία και γωνιοσκοπία. Μετρήθηκαν με τη σειρά η ενδοφθάλμια πίεση με χρήση GAT και DCT, το κεντρικό πάχος κερατοειδούς και το αξονικό μήκος. Επίσης καταγράφηκε η διαφορά μεταξύ DCT-ΕΟΠ και GAT-ΕΟΠ (dIOP) στις δύο ομάδες και εξετάστηκε η συσχέτισή της με το κεντρικό πάχος κερατοειδούς και το αξονικό μήκος.

Η dIOP βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στο PG ($p=0.02$) με μέσο όρο 3,71mmHg σε σχέση με το CG με μέσο όρο 2,71mmHg. Επίσης στο PG υπήρχε σημαντική συσχέτιση του dIOP με το αξονικό μήκος αλλά όχι με το κεντρικό πάχος κερατοειδούς. Αντίθετα στο CG δεν υπήρχε σημαντική συσχέτιση.

Το αποφολιδωτικό υλικό στον οφθαλμό βρίσκεται, μεταξύ άλλων, στα αγγεία του οφθαλμού, στο σκληρό, σε δομές του κόγχου όπως οι μύες, ο

συνδετικός ιστός, οι περιδίνητες φλέβες. Το γεγονός ότι η dIOP βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στο PG σε σχέση με το CG οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εναπόθεση αποφολιδωτικού υλικού πιθανόν να επηρεάζει τις βιομηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού και να μεταβάλλει την οφθαλμική ακαμψία. Η σημαντική συσχέτιση μεταξύ dIOP και αξονικού μήκους καθώς και η απουσία σημαντικής συσχέτισης με το κεντρικό πάχος κερατοειδούς είναι σύμφωνη με υπάρχουσες μελέτες. Οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η υψηλότερη dIOP στους PG οφείλεται σε μεταβολές των βιομηχανικών ιδιοτήτων στο σύνολο του οφθαλμού και όχι αποκλειστικά του κερατοειδή. Επίσης συνηγορεί με το γεγονός ότι αποφολιδωτικό υλικό δεν εναποτίθεται στο στρώμα του κερατοειδή.

Abstract

Pseudoexfoliation Syndrome (PEX) is characterized by the deposition of fibrillar material of unknown origin in the anterior segment of the eye. This material can obstruct aqueous humor flow causing damage to the trabecular meshwork and therefore glaucoma. Pseudoexfoliative material is also found in corneal endothelium but not in corneal stroma. The purpose of the present study is to evaluate differences between tonometry using Goldmann Applanation Tonometer (GAT) and Dynamic Contour Tonometry (DCT) in eyes with pseudoexfoliation syndrome and to correlate them with clinical and laboratorial factors such as central corneal thickness and axial length. The difference between the intraocular pressure, measured with both methods, was also evaluated.

To this prospective study were included thirty eight patients (38 eyes) with Pseudoexfoliation Syndrome in both eyes (pseudoexfoliative group, PG) as well as nineteen patients (19 eyes) without PEX in either eye (control group, CG). All eyes were phakic and without any history of ocular surgery, inflammation, trauma or antiglaucomatous medications. Initially was detected the presence or exclusion of exfoliation syndrome for both groups using biomicroscopy and gonioscopy. Then were examined successively the intraocular pressure using GAT and DCT, the central corneal thickness and the axial length. It was also calculated the difference between DCT-IOP and GAT-IOP (dIOP) in both groups and were examined correlations between dIOP and central corneal thickness and axial length.

dIOP was significantly higher ($p=0.02$) in PG with mean value 3.71mmHg compared to CG with mean value 2.71mmHg. In PG there was also significant correlation of dIOP with axial length but not with central corneal thickness. On the contrary in CG there was not significant correlation.

The pseudoexfoliative material is presented at the ophthalmic vessels, sclera, orbital tissues such as extraocular muscles, orbital connective tissue and vortex veins. The fact that dIOP was found significantly higher in PG than in CG implies that the deposition of exfoliative material may affect the biomechanical properties of the eyeball and may be associated with changes

in ocular rigidity. The significant correlation of dIOP with axial length and also the absence of significant correlation with central corneal thickness are in agreement with previous reports. It implies that the higher dIOP in PG is caused by changes of the biomechanical properties of the whole eyeball and not only of the cornea. It is also in accordance with the fact that pseudoexfoliative material is not deposited in the corneal stroma.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Γενικό μέρος

▪ Κεφάλαιο 1	Σελ.10
§ <u>1. Ψευδοαποφολίδωση</u>	Σελ.10
§ 1.1. Ιστορική αναδρομή	Σελ.10
§ 1.2. Παθοφυσιολογία	Σελ.10
§ 1.3. Αίτια	Σελ.11
§ 1.4. Συχνότητα, ηλικία, φύλο	Σελ.11
§ 1.5. Φυλή	Σελ.12
§ 1.6. Κληρονομικότητα	Σελ.12
§ 1.7. Προδιαθεσικοί παράγοντες	Σελ.12
§ 1.8. Συσχέτιση	Σελ.12
§ 1.9. Διάγνωση	Σελ.13
▪ Κεφάλαιο 2	Σελ.15
§ <u>2.1. Αποχέτευση υδατοειδούς υγρού</u>	Σελ.15
§ 2.1.1. Το υδατοειδές υγρό	Σελ.15
§ 2.1.2. Ανατομικές δομές	Σελ.15
§ 2.1.3. Οδοί αποχέτευσης	Σελ.16
§ 2.1.4. Βασικές λειτουργίες	Σελ.17
§ <u>2.2. Ενδοφθάλμια πίεση</u>	Σελ.18
▪ Κεφάλαιο 3	Σελ.20
§ <u>3.1. Γλαύκωμα</u>	Σελ.20
§ 3.1.1. Συχνότητα	Σελ.20
§ 3.1.2. Ο όρος γλαύκωμα	Σελ.20
§ 3.1.3. Τύποι γλαυκώματος	Σελ.22
§ <u>3.2. Ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα</u>	Σελ.26
§ <u>3.3. Μελέτη γλαυκώματος</u>	Σελ.27
▪ Κεφάλαιο 4	Σελ.30
§ <u>4.1. Μέθοδοι τονομέτρησης</u>	Σελ.30

§ 4.1.1. Τονόμετρα	Σελ.30
§ <u>4.2. Αρχές και προβλήματα στις μεθόδους μέτρησης της ΕΟΠ</u>	Σελ.33
§ 4.2.1. Ιστορική αναδρομή	Σελ.34
§ <u>4.3. Μέθοδοι τονομέτρησης με τονόμετρα Goldmann - Pascal και πάχος κερατοειδούς.</u>	Σελ.35
§ <u>4.4. Dynamic Contour Tonometry (DCT)</u>	Σελ.40
§ 4.4.1. Φυσική μεθοδολογία.	Σελ.40
§ 4.4.2. Διαδικασία μέτρησης	Σελ.45
§ 4.4.3. ΟΡΑ και τιμή Q	Σελ.45
§ 4.4.4. DCT σε οφθαλμούς μετά από LASIK	Σελ.47
▪ Κεφάλαιο 5	Σελ.49
§ <u>5.5 Οφθαλμική ακαμψία (ocular rigidity)</u>	Σελ.49
§ 5.5.1. Συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας	Σελ.50

Ειδικό μέρος

▪ Κεφάλαιο 6	Σελ.54
§ <u>6.1. Σκοπός της εργασίας</u>	Σελ.54
§ <u>6.2. Μεθοδολογία</u>	Σελ.54
§ 6.2.1. Συμμετέχοντες	Σελ.54
§ 6.2.2. Κριτήρια αποκλεισμού	Σελ.55
§ 6.2.3. Διαδικασία εξέτασης - Όργανα μέτρησης	Σελ.56
§ 6.2.4. Στατιστική ανάλυση	Σελ.57
▪ Κεφάλαιο 7	Σελ.58
§ <u>7.1. Αποτελέσματα</u>	Σελ.58
§ 7.1.1. GAT-ΕΟΠ και DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες	Σελ.58
§ 7.1.2. Αξονικό μήκος στις δύο ομάδες	Σελ.58
§ 7.1.3. Κεντρικό πάχος κερατοειδούς στις δύο ομάδες	Σελ.58
§ 7.1.4. Διαφορά μεταξύ της ΕΟΠ μετρούμενη με τις δύο μεθόδους στις δύο ομάδες	Σελ.59

§ 7.1.5. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της GAT-ΕΟΠ	Σελ.59
§ 7.1.6. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της DCT-ΕΟΠ	Σελ.59
§ 7.1.7. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της dIOP	Σελ.59
§ 7.1.8. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της GAT- ΕΟΠ	Σελ.60
§ 7.1.9. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της DCT-ΕΟΠ	Σελ.60
§ 7.1.10. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της dIOP	Σελ.60
§ 7.1.11. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της GAT-ΕΟΠ	Σελ.60
§ 7.1.12. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της DCT-ΕΟΠ	Σελ.60
§ 7.1.13. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της dIOP	Σελ.60
▪ Κεφάλαιο 8	Σελ.64
§ <u>8.1. Συζήτηση</u>	Σελ.64
§ <u>8.2. Συμπεράσματα</u>	Σελ.69
▪ Βιβλιογραφία	Σελ.72
▪ Παράρτημα	Σελ.82

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

1. Ψευδοαποφολίδωση

1.1. Ιστορική αναδρομή

Το 1917, ένας Φιλανδός οφθαλμίατρος ονομαζόμενος Lindberg περιέγραψε για πρώτη φορά το σύνδρομο της ψευδοαποφολίδωσης. Ο Dnořák Thebold πρότεινε τον όρο ψευδοαποφολίδωση για να το διαφοροποιήσουν από την πραγματική αποφολίδωση του περιφάκιο του κρυσταλλοειδή φακού που οφείλεται σε θερμότητα ή μεταβολές προκαλούμενες από υπέρυθρη ακτινοβολία στο πρόσθιο περιφάκιο.^{1,2}

1.2. Παθοφυσιολογία

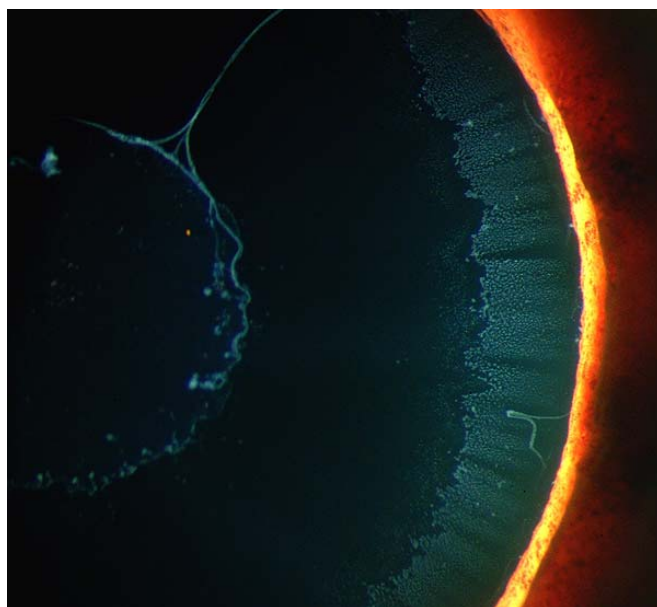
Είναι ο σχηματισμός και η εναπόθεση ινοδοκοκκιωματώδους υλικού που ιστοχημικά και δομικά μοιάζει με αμυλοειδές, χρώματος γκρίζου-λευκού, επί και γύρω από το πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού.³ Το υλικό αυτό είναι μια γλυκοπρωτεΐνη που προέρχεται από μια μεγάλη ποικιλία κυττάρων.² Ωστόσο, αποφολιδωτική ινιδοπάθεια έχει αναφερθεί και σε άλλους ιστούς του σώματος, όπως το δέρμα και σπλαχνικά όργανα (πνεύμονες, ήπαρ, καρδιά, νεφρούς), καθώς και στα αιμοφόρα αγγεία, σε μύες, στον συνδετικό ιστό, στον κόγχο, και στις μήνιγγες.¹ Συνεπώς το σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης πιθανόν να αποτελεί την οφθαλμική εκδήλωση μιας συστηματικής διαταραχής.

Στον οφθαλμό οι ιστοί οι οποίοι προσβάλλονται είναι το πρόσθιο περιφάκιο του φακού, η ίριδα, η γωνία του προσθίου θαλάμου, τα ινίδια της Ζιννείου ζώνης, το ακτινωτό σώμα, η επιφάνεια του πρόσθιου υαλώδους και ο επιπεφυκότας. Η προέλευση του υλικού πιστεύεται ότι είναι πολυεστιακή και φαίνεται ότι παράγεται από το περιφάκιο του φακού στην περιοχή του ισημερινού, το χρωστικό επιθήλιο της ίριδας και το μη χρωστικό επιθήλιο του

ακτινωτού σώματος δευτεροπαθώς, εξαιτίας ανώμαλης βασικής μεμβράνης η οποία παράγεται από γηράσκοντα επιθηλιακά κύτταρα.⁴

1.3. Αίτια

Η γενετική αποκωδικοποίηση της πάθησης παρέμεινε αδιευκρίνιστη έως το 2007 όταν η γενετική μελέτη στο Reykjavik προσδιόρισε τη σχέση πολυμορφισμού του μονού νουκλεοτιδίου στο γονίδιο LOXL1, που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη οξειδάση της λυσίνης.^{5,6} Το LOXL1 είναι μέλος της γενετικής οικογένειας που παίζει ρόλο στον μεταβολισμό της ελαστίνης. Η σύνθεση αποφολιδωτικού υλικού έχει συσχετισθεί με τον παθολογικό μεταβολισμό της ελαστίνης. Αυτό οδηγεί στην αντιμετώπιση του συνδρόμου ψευδοαποφολίδωσης ως μια συστηματική διαταραχή της ομοιόστασης της ελαστίνης και μπορεί να εξηγήσει τα ιστολογικά ευρήματα και τις ενδοφθάλμιες και εξωφθάλμιες επιπλοκές του συνδρόμου ψευδοαποφολίδωσης.⁶



Σχήμα 1. Αποφολιδωτικό υλικό στο πρόσθιο περιφάκιο του φακού.

1.4. Συχνότητα, ηλικία, φύλο

Η συχνότητα εμφάνισης αυξάνεται με την ηλικία., και είναι συχνότερη στις γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες σε αναλογία 3:2.⁴ Σπάνια συναντάται πριν την ηλικία των πενήντα.¹ Κατά την αρχική της εμφάνιση η

ψευδοαποφολίδωση είναι μονόπλευρη στα δύο τρίτα των περιπτώσεων, συνήθως όμως τελικά εξελίσσεται αμφοτερόπλευρα.

1.5. Φυλή

Αν και δεν έχει καθοριστεί ένα ακριβές σχήμα κληρονομικότητας, εμφανίζεται συχνότερα στις Σκανδιναβικές χώρες.⁴ Ενδεικτικά, η συχνότητα εμφάνισης στην Ευρώπη βρέθηκε να είναι 4,7% στην Αγγλία 6,3% στη Νορβηγία, 4% στη Γερμανία, 1,1% στην Ελλάδα και 5,5% στη Γαλλία.

1.6. Κληρονομικότητα

Η εμφάνισή της σε οικογένειες πιθανολογεί να κληρονομείται ως επικρατές αυτοσωμικό με ατελή διείσδυση και αργή έναρξη.

1.7. Προδιαθεσικοί παράγοντες

Πιθανοί προδιαθεσικοί παράγοντες είναι το υπεριώδες φως, το βόρειο γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο. Οι κλιματικοί παράγοντες πιθανόν να μην παίζουν σημαντικό ρόλο στην παθογένεση.¹

1.8. Συσχέτιση

Στον οφθαλμό, σχετίζεται με την εμφάνιση ενός τύπου γλαυκώματος που είναι γνωστό ως ψευδοαποφολιδωτικό ή glaucoma capsulare. Συνδέεται επίσης με αυξημένη συχνότητα καταρράκτη αλλά και επιπλοκών κατά την αντίστοιχη επέμβαση (δυσκολία διαστολής της κόρης, ρήξη οπισθίου περιφακίου και Ζιννείου ζώνης, εντονότερη μετεγχειρητική αντίδραση).³ Αν και δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία πάνω στο θέμα, σύμφωνα με κάποιους συγγραφείς η ψευδοαποφολίδωση συνδέεται με τη νόσο Alzheimer, την γεροντική άνοια, την εγκεφαλική ατροφία, τη χρόνια εγκεφαλική ισχαιμία, το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, τα παροδικά ισχαιμικά επεισόδια, τη στεφανιαία νόσο και την απώλεια ακοής. Επίσης, τα επίπεδα ομοκυστεΐνης εμφανίζονται να είναι υψηλότερα σε ασθενείς με σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης και ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα.^{7,8} Στους τελευταίους έχει βρεθεί αυξημένη συγκέντρωση ομοκυστεΐνης στα δάκρυα και το πλάσμα.⁹ Η διαταραχή του μεταβολισμού της ομοκυστεΐνης αυξάνει την πιθανότητα αγγειακών βλαβών (π.χ. αποφράξεων) και συνεπώς είναι χρήσιμη

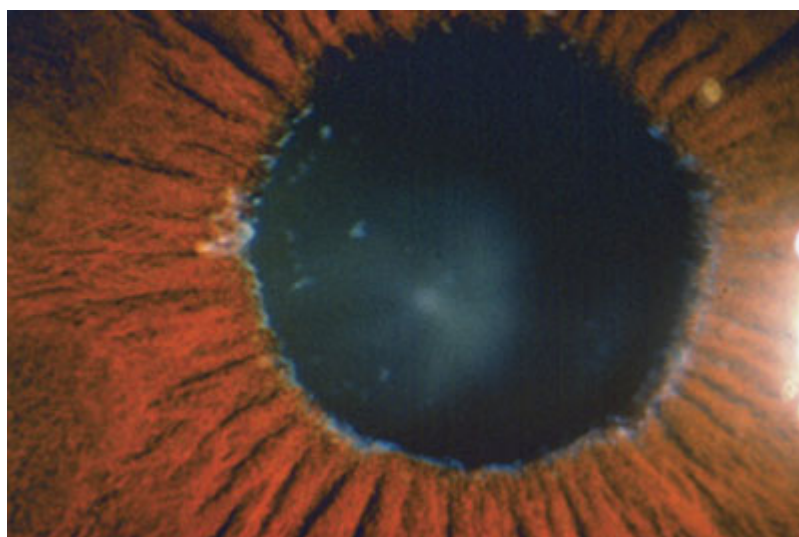
η εξέταση της ομάδας αυτής των ασθενών από καρδιολόγο. Αυτές οι συστηματικές διαταραχές εξηγούν και τη συχνή συσχέτιση του συνδρόμου ψευδοαποφολίδωσης με συστηματικές αγγειακές παθήσεις.^{1,6}

1.9. Διάγνωση

Η διάγνωση γίνεται κλινικά με **βιομικροσκόπηση** στη σχισμοειδή λυχνία με 85% ευαισθησία και 100% ειδικότητα.¹ Τα ευρήματα είναι τα εξής:

-η πρόσθια επιφάνεια του φακού παρουσιάζει ψευδοαποφολιδωτικό υλικό. Η συνεχής τριβή της κόρης απομακρύνει το υλικό από τη μέση περιοχή του φακού σχηματίζοντας έναν κεντρικό δίσκο διαμέτρου 1-2,5mm με μια περιφερική ταινία, που φαίνεται μετά από μυδρίαση, και μια διαυγή ζώνη ανάμεσά τους (3-ring sign).¹

-το κορικό χείλος παρουσιάζει ψευδοαποφολιδωτικό υλικό.



Σχήμα 2. Αποφολιδωτικό υλικό στο κορικό χείλος.

-ελλείμματα στο κορικό χείλος είναι επίσης συχνά και αυξάνονται με την ηλικία.

-η ατροφία του σφιγκτήρα δίνει εικόνα «σκοροφαγωμένων» ελλειμμάτων κατά τη διαφανοσκόπηση τα οποία είναι περισσότερο εμφανή σε οφθαλμούς με ελλείμματα του κορικού χείλους.

-η διασπορά χρωστικής είναι ένα συχνό εύρημα το οποίο πρέπει να θέσει σε εγρήγορση τον ιατρό για την πιθανότητα ψευδοαποφολίδωσης. Στο

σφιγκτήρα της ίριδας τα κοκκία χρωστικής έχουν μία κυκλωτερή διάταξη ενώ στην περιφέρεια της ίριδας είναι περισσότερο διάχυτα διασκορπισμένα.

-ο κερατοειδής δυνατόν να εμφανίζει εναποθέσεις τόσο ψευδοαποφολιδωτικού υλικού όσο και χρωστικής.

-μπορεί να είναι ορατή μια ήπια άθροιση πρωτεϊνών (flare) στο υδατοειδές.

Με **γωνιοσκοπία**, τα ευρήματα στη γωνία του προσθίου θαλάμου είναι τα εξής:

-υπέρχρωση του ηθμού είναι συχνή και συνήθως περισσότερο έντονη στην κάτω περιοχή του. Η χρωστική κείται στην επιφάνεια του ηθμού και έχει μια κατά τόπους κατανομή. Μια κτενοειδής ταινία χρωστικής η οποία βρίσκεται επί ή προσθίως της γραμμής Schwalbe (γραμμή Sampolesi) είναι συχνά εμφανής.

-εικόνα του ηθμού σαν πιτυρίδα εξαιτίας της εναπόθεσης ψευδοαποφολιδωτικού υλικού.

-στενές γωνίες υπάρχουν σε ορισμένες περιπτώσεις, ενώ ακόμη και σε οφθαλμούς με ευρέως ανοικτές γωνίες και έντονη υπέρχρωση, η ενδοφθάλμια πίεση δυνατόν να αυξηθεί μετά από διαστολή της κόρης.

Επίσης, τα ινίδια της Ζιννείου ζώνης μπορεί να είναι ασθενή και να καλύπτονται από ψευδοαποφολιδωτικό υλικό.

Η συσσώρευση ψευδοαποφολιδωτικού υλικού και /ή χρωστικής που απελευθερώνεται από την ίριδα, οδηγεί στην παρεμπόδιση της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού από τη γωνία του προσθίου θαλάμου.⁴

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

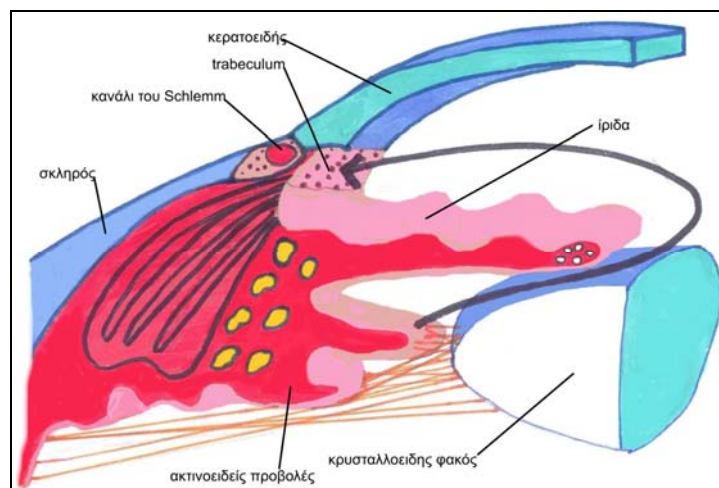
2.1. Αποχέτευση υδατοειδούς υγρού

2.1.1. Το υδατοειδές υγρό

Το υδατοειδές υγρό είναι διαυγές και άχρωμο υγρό που εκκρίνεται από το μη χρωστικό επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος, καταλαμβάνει τον πρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο του οφθαλμού και αποχετεύεται από τη γωνία του προσθίου θαλάμου. Παράγεται σε ποσότητα 2-3μl/min κατά την διάρκεια της ημέρας, και έτσι το υγρό που καταλαμβάνει τον πρόσθιο θάλαμο ανανεώνεται κάθε 100min.²

2.1.2. Ανατομικές δομές

Οι κύριες ανατομικές δομές του οφθαλμού που λαμβάνουν μέρος στην αποχέτευση του υδατοειδούς είναι το ακτινωτό σώμα, η γωνία του προσθίου θαλάμου (διηθητικός ηθμός, trabeculum), και το κανάλι ή σωλήνας του Schlemm.



Σχήμα 3. Δομές που λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή και αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.

Το **ακτινωτό σώμα**, σε κάποιο σημείο της επιφάνειάς του εμφανίζει πτυχές που ονομάζονται ακτινοειδείς προβολές, οι οποίες είναι ιδιαίτερα αγγειοβριθείς και παράγουν το υδατοειδές υγρό με υπερδιήθηση και ενεργό

έκκριση. Άλλη μοίρα του ακτινωτού σώματος είναι ο ακτινωτός μυς, που εμφανίζει με τη σειρά του δύο μοίρες, την έξω ή επιμήκη και την έσω ή κυκλοτερή. Η σύσπαση των έξω επιμηκών ινών τείνει μηχανικά το trabeculum διευκολύνοντας έτσι την εκροή του υδατοειδούς υγρού.

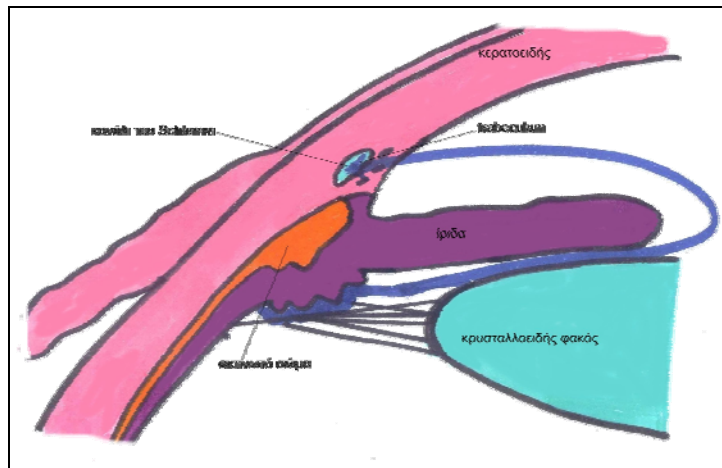
Ο **διηθητικός ηθμός (trabeculum)** υπαλείφει την περιφέρεια και την γωνία του προσθίου θαλάμου. Αποτελεί ένα δίκτυο με στρογγυλά ή ωοειδή ανοίγματα από τα οποία διέρχεται το υδατοειδές υγρό για να περάσει στο κανάλι ή σωλήνα του Schlemm. Με τη δράση του ακτινωτού μυός τα ανοίγματα του trabeculum διευρύνονται και έτσι διευκολύνεται η απαγωγή του υδατοειδούς υγρού.

Το **κανάλι του Schlemm** είναι μια κυκλοτερής σωληνοειδής κατασκευή η οποία βρίσκεται προς τα έξω του trabeculum και σε επαφή με αυτό. Συλλέγει το υδατοειδές υγρό, το οποίο διέρχεται μέσα από τα ανοίγματα του trabeculum. Το κανάλι του Schlemm έχει στο τοίχωμά του στόμια 25-35 συλλεκτικών σωληνίσκων, τα συλλεκτικά κανάλια ή υδάτινες φλέβες, διαμέσου των οποίων το υδατοειδές υγρό καταλήγει στο επισκληρικό φλεβικό σύστημα (στη φλεβική κυκλοφορία).³

2.1.3. Οδοί αποχέτευσης

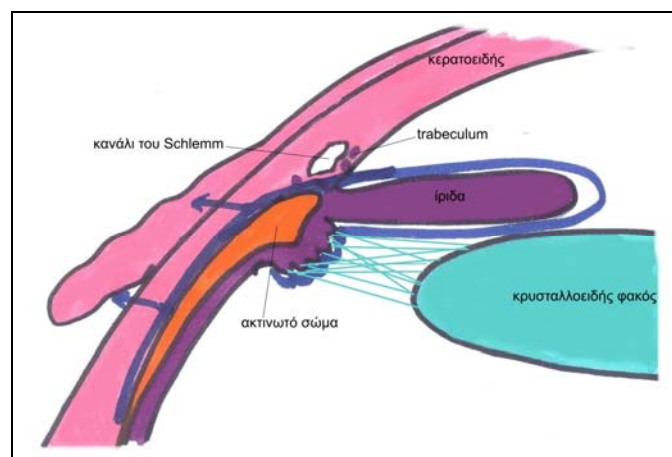
Η φυσιολογική ροή του υδατοειδούς υγρού ξεκινά με την παραγωγή του από τις ακτινοειδείς προβολές, γεμίζει τον οπίσθιο θάλαμο, διέρχεται από την φακοκοραία σχισμή στον πρόσθιο θάλαμο και αποχετεύεται από τις ακόλουθες οδούς:

-Ηθμοειδική ή συνήθης οδός:είναι υπεύθυνη για το 90% περίπου της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού. Το υδατοειδές υγρό οδεύει προς τη γωνία του προσθίου θαλάμου και διαμέσου του trabeculum και του σωλήνα του Schlemm φτάνει στη φλεβική κυκλοφορία και αποχετεύεται από τις επισκληρικές φλέβες. Αυτή είναι μια οδός με υψηλή ροή ευαίσθητη στην πίεση, έτσι ώστε αυξάνοντας την πίεση αυξάνεται η αποχέτευση. Αυξημένη αντίσταση στην αποχέτευση λόγω ηλικίας ή εξαιτίας κάποιας ασθένειας απαιτεί υψηλότερη πίεση για να διατηρηθεί η ίδια ροή στην έξοδο του υγρού από τον οφθαλμό, και συνεπώς οδηγεί σε υψηλότερη ενδοφθάλμια πίεση.



Σχήμα 4. Η ηθμοειδική οδός αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού.

-Ραγοειδοσκληρική ή ασυνήθης οδός: είναι υπεύθυνη για το υπόλοιπο 10% του υδατοειδούς. Το υδατοειδές περνά διασχίζοντας το ακτινωτό σώμα στον υπερχοριοειδικό χώρο και αποχετεύεται με τη φλεβική κυκλοφορία του ακτινωτού σώματος χοριοειδούς και του σκληρού. Η ραγοειδοσκληρική οδός είναι ανεξάρτητη της πίεσης και η αποχέτευση μέσω αυτής της οδού μειώνεται με την ηλικία. Ποσότητα υδατοειδούς επίσης αποχετεύεται μέσω της ίριδας.⁴



Σχήμα 5. Η ραγοειδοσκληρική οδός αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού.

2.1.4. Βασικές λειτουργίες

Οι βασικές λειτουργίες του υδατοειδούς υγρού είναι οι ακόλουθες:

-μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών (γλυκόζη, αμινοξέα κλπ) στις ανάγγειες δομές όπως ο κρυσταλλοειδής φακός, ο κερατοειδής, το trabeculum αλλά και η πρόσθια επιφάνεια του υαλοειδούς.

-απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού (γαλακτικού οξέος, πυροσταφιλικού οξέος, και CO₂) του κρυσταλλοειδούς φακού και του κερατοειδή.

-εξυπηρετεί σε μικρό βαθμό τη διάθλαση ($\delta\delta=1,336$)

-αποτελεί το βασικό παράγοντα στη ρύθμιση της ενδοφθάλμιας πίεσης.^{3,10}

Ουσιαστικά, η ενδοφθάλμια πίεση είναι ανά πάσα στιγμή το αποτέλεσμα δυναμικής ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής υδατοειδούς υγρού και της αποχέτευσής του.

2.2. Ενδοφθάλμια πίεση

Ο χαρακτηρισμός της φυσιολογικής ενδοφθάλμιας πίεσης (ΕΟΠ) γίνεται με βάση τους ακόλουθους τρεις παράγοντες:

-ρυθμός έκκρισης υδατοειδούς

-αντίσταση η οποία συναντάται στα κανάλια αποχέτευσης

-επίπεδο πίεσης των επισκληρίων φλεβών.

Η κατανομή της ΕΟΠ στο γενικό πληθυσμό έχει ένα εύρος από 11mmHg έως 21mmHg (μέση τιμή 16 ± 2.5). Αν και δεν υπάρχει κάποιο απόλυτο σημείο, ΕΟΠ 21mmHg θεωρείται ως το ανώτερο του φυσιολογικού και επίπεδα υψηλότερα αυτής λαμβάνονται ως ύποπτα.

Η φυσιολογική ΕΟΠ κυμαίνεται ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την καρδιακή συχνότητα, το επίπεδο πίεσης αίματος, τη στάση του σώματος και την αναπνοή. Υπάρχει μία τάση να είναι υψηλότερη το πρωί και χαμηλότερη το απόγευμα και το βράδυ. Το μέσο εύρος ημερήσιας διακύμανσης σε φυσιολογικούς οφθαλμούς είναι 5mmHg.⁴

Η φυσιολογική ΕΟΠ στον πληθυσμό δεν έχει μια κανονική κατανομή αλλά παρουσιάζει μια δεξιά λοξή κατανομή, με αποτέλεσμα ένα μεγαλύτερο ποσοστό πληθυσμού να έχει ΕΟΠ που υπερβαίνει τα 21mmHg. Η δεξιά αυτή λοξή κατανομή αυξάνεται με την ηλικία και διαφέρει ανάλογα με την φυλή. Για

παράδειγμα, η μέση ΕΟΠ στην Ιαπωνία είναι 11.6mmHg ενώ στα Μπαρμπάντος είναι 18.1mmHg. Η ΕΟΠ τείνει να είναι αυξημένη στους ηλικιωμένους.²

Κάθε διαταραχή στην παραγωγή, στην ενδοφθάλμια κυκλοφορία και κυρίως στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού, προκαλεί μεταβολή της ΕΟΠ που εκδηλώνεται με τη μορφή αύξησης ή ελάττωσης της τιμής της. Η αύξηση της ΕΟΠ αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση γλαυκώματος.¹⁰

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.1. Γλαύκωμα

3.1.1 Συχνότητα

Το γλαύκωμα αποτελεί, μετά τον καταρράκτη, τη δεύτερη αιτία τύφλωσης παγκοσμίως. Η συχνότητα του γλαυκώματος στο γενικό πληθυσμό άνω των 40 ετών είναι 1.8-2.2%.¹⁰



Σχήμα 6. Φυσιολογική όραση (αριστερά) και όραση ατόμου με προχωρημένο γλαύκωμα (δεξιά).

3.1.2. Ο όρος γλαύκωμα

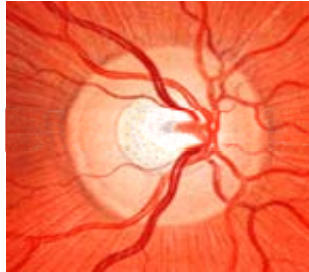
Ο όρος γλαύκωμα χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ομάδα οφθαλμικών νόσων που χαρακτηρίζονται από χρόνια και προοδευτική οπτική νευροπάθεια. Η γλαυκωματική οπτική νευροπάθεια χαρακτηρίζεται από δομικές μεταβολές στην κεφαλή του οπτικού νεύρου, όπως η εμφάνιση παθολογικής κοίλανσης και ατροφίας. Συνήθως συνυπάρχει απώλεια του οπτικού πεδίου και αυξημένη ΕΟΠ.¹⁰ Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας στην παθοφυσιολογία, την κλινική εικόνα και την αντιμετώπιση των διαφόρων τύπων γλαυκώματος, δεν υπάρχει ένας μοναδικός ορισμός ο οποίος να μπορεί να συμπεριλάβει ικανοποιητικά όλες τις μορφές. Με ευρύτερους όρους, το γλαύκωμα περιλαμβάνει τα παρακάτω⁴:

- 1.ενδοφθάλμια πίεση
- 2.βλάβη της κεφαλής του οπτικού νεύρου.
- 3.απώλεια οπτικού πεδίου.
- 4.γωνία αποχέτευσης.

Στήλη 1: απεικόνιση κεφαλής οπτικού νεύρου

Στήλη 2: φωτογραφία κεφαλής οπτικού νεύρου

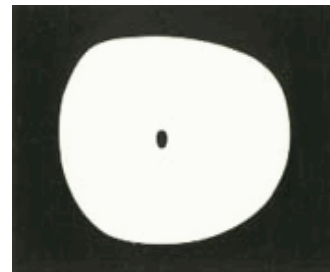
Στήλη 3: αντίστοιχο οπτικό πεδίο



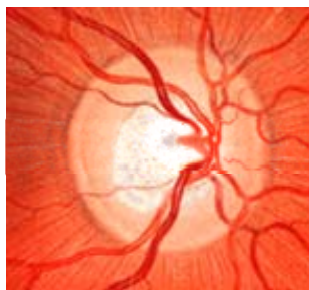
Φυσιολογικός οπτικός δίσκος



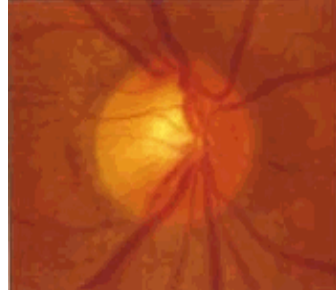
Φωτογραφία φυσιολογικού οπτικού δίσκου



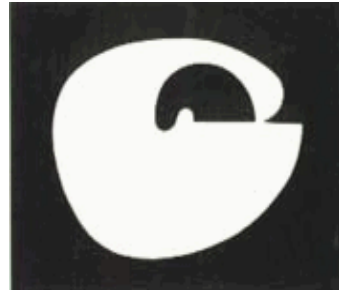
Φυσιολογικό οπτικό πεδίο



Αρχική κοίλανση οπτικού δίσκου



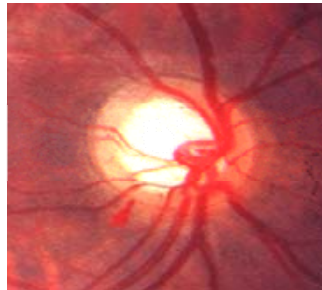
Γλαύκωμα αρχικού σταδίου



Απώλεια οπτικού πεδίου



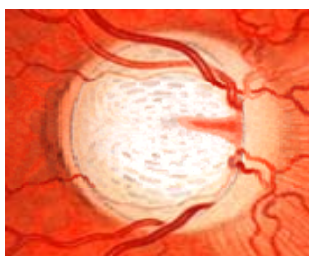
Μέτρια κοίλανση οπτικού δίσκου



Γλαύκωμα μετρίου σταδίου



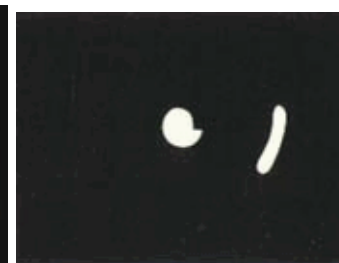
Προχωρημένη απώλεια οπτικού πεδίου



Προχωρημένη κοίλανση οπτικού δίσκου



Γλαύκωμα τελικού σταδίου



Tunnel Vision

Σχήμα 7. Η εξέλιξη του γλαυκώματος. Απεικόνιση, φωτογραφία του οπτικού δίσκου και οπτικό πεδίο.

Ο όρος **οφθαλμική υπέρταση** αναφέρεται στον οφθαλμό που παρουσιάζει ΕΟΠ πάνω από τα φυσιολογικά όρια, έχει όμως φυσιολογικά οπτικά πεδία, οπτική θηλή και αμφιβληστροειδική στιβάδα νευρικών ινών. Το **γλαύκωμα φυσιολογικής ή χαμηλής πίεσης** αναφέρεται στον οφθαλμό που παρουσιάζει ΕΟΠ μικρότερη από 21mmHg και εμφανίζει γλαυκωματικές αλλοιώσεις.²

3.1.3. Τύποι γλαυκώματος

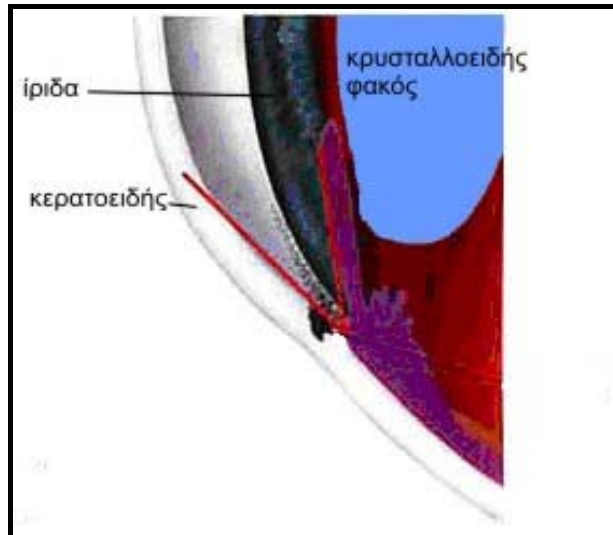
Οι δύο κύριοι τύποι γλαυκώματος είναι:

1. συγγενές ή εξελικτικό: εκδηλώνεται αμέσως ή τους πρώτους μήνες μετά τη γέννηση, σπάνια όμως στα πρώτα έτη της ζωής (παιδικό γλαύκωμα). Οφείλεται σε διαμαρτία κατά τη διάπλαση του οφθαλμού κατά την εμβρυϊκή ζωή που αφορά αποκλειστικά τη γωνία του προσθίου θαλάμου (πρωτοπαθές) είτε και άλλους ιστούς πλησίον της γωνίας (δευτεροπαθές).

2. επίκτητο: εκδηλώνεται σε όλη τη διάρκεια της ζωής.¹⁰

Μια άλλη ταξινόμηση βασίζεται στον μηχανισμό με τον οποίο παρακωλύεται η αποχέτευση του υδατοειδούς. Έτσι υπάρχει γλαύκωμα:

1. ανοικτής γωνίας ή χρόνιο απλό: είναι ο πιο συχνός τύπος γλαυκώματος, με συχνότητα περίπου 1.5-2% στο γενικό πληθυσμό με ηλικία άνω των 40 ετών. Η συχνότητα αυτή αυξάνει σημαντικά σε άτομα με κληρονομική προδιάθεση και άτομα της μαύρης φυλής. Κληρονομείται με πολυγονιδιακό πολυπαραγοντικό χαρακτήρα. Είναι πάθηση χρόνια, εξελικτική και αμφοτερόπλευρη, αλλά η προσβολή του ενός οφθαλμού μπορεί να προηγηθεί του άλλου.¹⁰



Σχήμα 8. Ανοικτή γωνία σε γλαύκωμα ανοικτής γωνίας.

- Παράγοντες κινδύνου

Οι παράγοντες κινδύνου για την ανάπτυξη χρόνιου γλαυκώματος ανοικτής γωνίας είναι:

-η ανεύρεση υψηλότερων τιμών στην τονομέτρηση ρουτίνας

-η ηλικία

-η φυλή

-το οικογενειακό ιστορικό

-η μυωπία

-ο σακχαρώδης διαβήτης

-οι αγγειακές διαταραχές (συστηματική υπέρταση, νυχτερινή υπόταση, αγγειοσπασμός).

- Παθογένεση

Παθογενετικά οφείλεται στη μείωση της αποχετευτικής ικανότητας της γωνίας στο trabeculum. Παράγοντες που πιθανόν να συμβάλουν σε αυτό περιλαμβάνουν μεταβολές στην εξωκυττάρια ουσία, υαλινοποίηση των δοκίδων του σκληροκερατοειδικού δικτυωτού, μεταβολές των ενδοθηλιακών κυττάρων, αυξημένη απόπτωση των κυττάρων του trabeculum.

- Διάγνωση

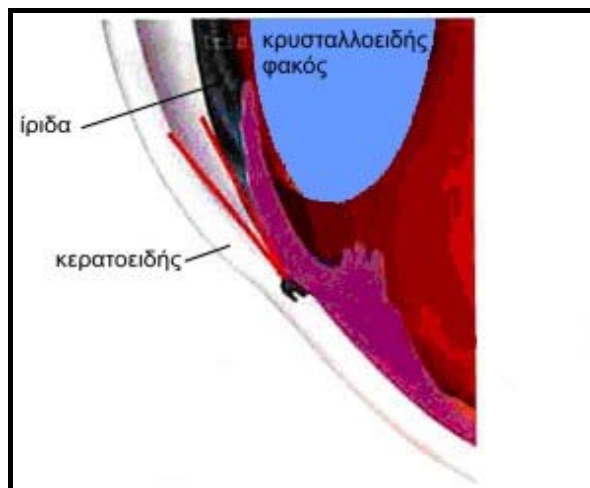
Η διάγνωση είναι συχνά τυχαία, μια και η ασθένεια χαρακτηρίζεται από την απουσία υποκειμενικών ενοχλημάτων. Κριτήρια αποτελούν η αύξηση της ΕΟΠ, η ατροφική κοίλανση της οπτικής θηλής, οι αλλοιώσεις του οπτικού πεδίου και η μελέτη της γωνίας του προσθίου θαλάμου.²

-Θεραπεία

Η **θεραπεία** είναι φαρμακευτική και σε περίπτωση αποτυχίας γίνεται χειρουργική αντιμετώπιση (laser τραμπεκουλοπλαστική, τραμπεκουλεκτομή).

2.κλειστής γωνίας: η αύξηση της ΕΟΠ συμβαίνει σαν αποτέλεσμα παρεμπόδισης της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού από μερική ή πλήρη απόφραξη της γωνίας από την περιφερική ίριδα. Η κατάσταση εμφανίζεται σε ανατομικά προδιατεθειμένους οφθαλμούς και συχνά είναι αμφοτερόπλευρη, αν και η εμφάνιση της οξείας μορφής είναι συχνά ασύμμετρη.⁴

Τις περισσότερες φορές ο αποκλεισμός της γωνίας προέρχεται από τον κορικό αποκλεισμό, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία ροής του υδατοειδούς υγρού προς τον πρόσθιο θάλαμο από την φακοκοραία σχισμή, με αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της ΕΟΠ στον οπίσθιο θάλαμο, ώθηση της περιφέρειας της ίριδας προς τα εμπρός και αποκλεισμό της γωνίας.



Σχήμα 9. Κλειστή γωνία σε γλαύκωμα κλειστής γωνίας.

- Διάγνωση

Η **διάγνωση** βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εξέταση του προσθίου τμήματος και προσεκτική γωνιοσκοπία.

- Παράγοντες κινδύνου

Οι **παράγοντες κινδύνου** περιλαμβάνουν:

-ηλικία:η μέση ηλικία εμφάνισης είναι τα 60 έτη, ενώ η συχνότητα αυξάνεται από εκεί και έπειτα.

-φύλο:οι γυναίκες προσβάλλονται συχνότερα από τους άνδρες με συχνότητα 4:1.

-φυλή:είναι συχνότερο σε Ασιάτες.

-οικογενειακό ιστορικό.⁴

- Ταξινόμηση

Η **ταξινόμησή** του περιλαμβάνει πέντε στάδια, που όμως δεν ακολουθούν απαραίτητα μια αλληλουχία. Αυτά είναι:⁴

α. Λανθάνον

β. Διαλείπον (υποξύ).

γ. Οξύ (συμφορητικό και μετασυμφορητικό)

δ. Χρόνιο

ε. Απόλυτο

- Συμπτώματα

Τα **συμπτώματα** του οξέος γλαυκώματος κλειστής γωνίας περιλαμβάνουν:

-ταχέως εξελισσόμενη μείωση της όρασης

-περιοφθάλμιο άλγος

-ναυτία και έμετος σε σοβαρές περιπτώσεις

- Θεραπεία

Η **θεραπεία** είναι αρχικά φαρμακευτική και αργότερα περιφερική ιριδοτομή με laser.⁴

Τέλος, η ταξινόμηση μπορεί να γίνει ανάλογα με την παρουσία ή απουσία σχετιζόμενων παραγόντων οι οποίοι συμβάλουν στην αύξηση της πίεσης.

Στα **πρωτοπαθή** γλαυκώματα η αύξηση της ΕΟΠ δεν σχετίζεται με καμία οφθαλμική διαταραχή, και διακρίνονται σε ανοιχτής ή κλειστής γωνίας.

Στα **δευτεροπαθή** μια αναγνωρίσιμη οφθαλμική διαταραχή διαφοροποιεί την αποχέτευση του υδατοειδούς, η οποία με τη σειρά της έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ΕΟΠ. Ανάλογα με το σημείο στο οποίο παρεμποδίζεται η αποχέτευση, τα δευτεροπαθή υποδιαιρούνται σε:⁴

-προηθμοειδικό γλάυκωμα, όπως το νεοαγγειακό και το ιριδοκερατοειδικό.

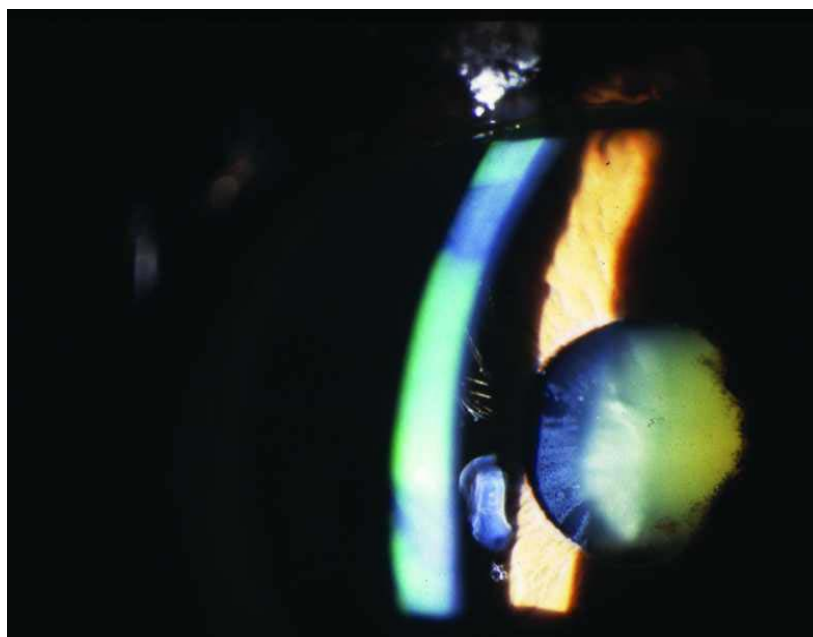
-ηθμοειδικό, όπως το χρωστικό, το φακολυτικό και το ψευδοαποφολιδωτικό.

-μεταηθμοειδικό όπως στο σύνδρομο Sturge-Weber.

3.2. Ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα

Είναι δευτεροπαθές γλαύκωμα ανοικτής γωνίας με φυσιολογικό βάθος προσθίου θαλάμου και φαίνεται να σχετίζεται με τη μείωση της αποχετευτικής δυνατότητας λόγω ενός συνδυασμού «κωλύματος» στον ηθμό λόγω συσσώρευσης ψευδοαποφολιδωτικού υλικού και/ ή χρωστικής η οποία απελευθερώνεται από την ίριδα, καθώς και δυσλειτουργίας του ενδοθηλίου του ηθμού.

Ο αθροιστικός **κίνδυνος** αυξημένης ΕΟΠ σε έναν οφθαλμό με ψευδοαποφολίδωση είναι 5% σε 5 έτη και 15% σε 10 έτη. Αν ο ένας οφθαλμός έχει γλαύκωμα και ο άλλος παρουσιάζει ψευδοαποφολίδωση, ο κίνδυνος γλαυκώματος στον οφθαλμό αυτό εντός 5 ετών είναι περίπου 50%. Αν ο δεύτερος οφθαλμός δεν παρουσιάζει ψευδοαποφολίδωση, ο κίνδυνος για επακόλουθη ανάπτυξη γλαυκώματος είναι χαμηλός.^{3,4} Η αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση είναι δείκτης μετάπτωσης του συνδρόμου ψευδοαποφολίδωσης σε ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα με πιθανότερο κύριο αίτιο την αδυναμία των μακροφάγων του σχηματισμού του γωνιακού δικτυωτού της γωνίας του προσθίου θαλάμου να ανταπεξέλθουν στη συνεχή συσσώρευση αποφολιδωτικού υλικού. Η μεγάλη διακύμανση της 24ωρης ενδοφθάλμιας πίεσης, χαρακτηριστικό επίσης του αποφολιδωτικού γλαυκώματος, οδηγεί σε βλάβη του οπτικού νεύρου.⁶



Σχήμα 10. Ψευδοαποφολιδωτικό υλικό σε οφθαλμό με αποφολιδωτικό γλαύκωμα.

Η **ηλικία εμφάνισης** είναι συνήθως κατά τη διάρκεια της έβδομης δεκαετίας της ζωής, και συνεπώς πιο όψιμη σε σχέση με το πρωτοπαθές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας. Η έκταση της χρωστικής της γωνίας συσχετίζεται με τη βαρύτητα του γλαυκώματος. Οι ασθενείς με ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα δεν παρουσιάζουν αυξημένη συχνότητα απόκρισης στα στεροειδή.

Η **πρόγνωση** είναι χειρότερη σε σχέση με το πρωτοπαθές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας. Κατά γενικό κανόνα οι τιμές της ΕΟΠ είναι υψηλότερες και οι γλαυκωματικές βλάβες εξελίσσονται με ταχύτερους ρυθμούς και είναι δυσκολότερο να ελεγχθούν (πιθανά λόγω ευαισθησίας του ηθμοειδούς πετάλου).

Η **αντιμετώπιση** απαιτεί στενή παρακολούθηση των ασθενών, γιατί συχνά έχουν υψηλές ΕΟΠ με μεγαλύτερες διακυμάνσεις, ενώ η κοίλανση και η απώλεια του οπτικού πεδίου είναι δυνατόν να αναπτυχθούν ταχύτερα.

Η **θεραπεία** ακολουθεί τις εξής οδούς:

-φαρμακευτική αγωγή: είναι η ίδια με το πρωτοπαθές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας, παρουσιάζει ωστόσο περισσότερες δυσκολίες. Παρά την αρχική της επιτυχία, στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη συχνότητα όψιμης αποτυχίας και έτσι οι ασθενείς είναι πιθανότερο να χρειαστούν επακολούθως θεραπεία με laser ή χειρουργική επέμβαση.

-τραμπεκουλοπλαστική με laser: είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, πιθανώς εξαιτίας της υπέρχρωσης του ηθμού. Εντούτοις, παρά την αρχικά καλή ανταπόκριση, συμβαίνει μια σταδιακή όψιμη αύξηση της ΕΟΠ, ώστε μετά από 4 έτη τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά.

-τραμπεκουλεκτομή: σε πρώιμο στάδιο μπορεί να είναι ευεργετική.^{3,4}

3.3 Μελέτη γλαυκώματος

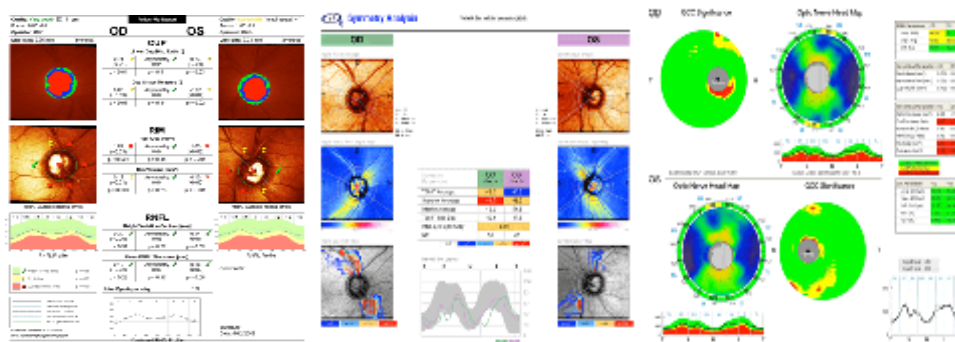
Ανεξάρτητα από την κατηγοριοποίηση και τις ιδιαιτερότητες των διαφόρων μορφών γλαυκώματος, η μελέτη και παρακολούθηση των γλαυκωματικών ασθενών πρέπει να περιλαμβάνει:¹¹

-απεικόνιση του οπτικού δίσκου και της στιβάδας των νευρικών ινών

Γίνεται με στερεοσκοπική φωτογράφιση του οπτικού δίσκου και ανέυθρη φωτογράφιση της στιβάδας των νευρικών ινών στα πλαίσια της ανίχνευσης των γλαυκωματικών αλλοιώσεων και της καταγραφής της αρχικής εικόνας του οπτικού δίσκου τη στιγμή της διάγνωσης. Μερικά κέντρα διαθέτουν μηχανήματα ψηφιακής ανάλυσης για το σκοπό αυτό.

-ποσοτική μέτρηση της κεφαλής του οπτικού δίσκου και της στιβάδας των νευρικών ινών του αμφιβληστροειδή

Πρόκειται για νέα και πολλά υποσχόμενη επιστήμη, χρήσιμη τόσο για τη διάγνωση όσο και για την παρακολούθηση του γλαυκώματος.¹² Το Heidelberg Retina Tomograph (HRT) δημιουργεί μια τρισδιάστατη εικόνα της κεφαλής του οπτικού νεύρου, και μετράει και το πάχος της στιβάδας των νευρικών ινών. Το Scanning Laser Polarimetry (GDx) μετράει το σχετικό (και όχι το απόλυτο) πάχος της στιβάδας των νευρικών ινών του αμφιβληστροειδούς. Το Optical Coherence Tomography (OCT) έχει τη δυνατότητα να παρέχει μια απόλυτη μέτρηση του πάχους της στιβάδας των νευρικών ινών.



Σχήμα 11. Ανάλυση της κεφαλής του οπτικού δίσκου και της στιβάδας των νευρικών ινών με χρήση HRT, GDx, OCT αντίστοιχα.

-αυτοματοποιημένη στατική περιμετρία

Χρησιμεύει για την ανίχνευση και παρακολούθηση των ελλειμμάτων στα οπτικά πεδία. Το οπτικό πεδίο είναι η έκταση του διαστήματος που μπορεί να αντιληφθεί ο ακίνητος οφθαλμός όταν προσηλώνει κατευθείαν μπροστά. Στην κλινική πράξη εξετάζεται το οπτικό πεδίο κάθε οφθαλμού χωριστά.³ Τυπικά η εξέταση επαναλαμβάνεται κάθε έξι με δώδεκα μήνες, εκτός αν παρατηρούνται εξελικτικές βλάβες στα οπτικά πεδία οπότε επαναλαμβάνεται συντομότερα.

Οι πρώιμες διαταραχές των οπτικών πεδίων στο γλαύκωμα περιλαμβάνουν δεσμιδικές εκπτώσεις με μορφή:

- παρακεντρικού σκοτώματος Bjerrum
- ρινικού βήματος έκπτωση
- τοξοειδούς διεύρυνσης της τυφλής κηλίδας
- τοξοειδών παρακεντρικών σκοτωμάτων

-επαναλαμβανόμενη τονομέτρηση

Η επαναλαμβανόμενη τονομέτρηση ή η δημιουργία ημερήσιας καμπύλης είναι χρήσιμα στον καθορισμό του ρόλου της ΕΟΠ και της αποτελεσματικότητας της θεραπείας.¹¹

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

4.1. Μέθοδοι τονομέτρησης

Η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης αποτελεί μία από τις συχνότερες πρακτικές της οφθαλμολογικής εξέτασης και κατέχει σημαντικό ρόλο κυρίως στη διάγνωση και παρακολούθηση του γλαυκώματος. Από την προηγούμενη εκατονταετία κιόλας είχε διαπιστωθεί η σημασία της μέτρησης της ενδοφθαλμίου πίεσεως (ΕΟΠ) στην διαγνωστική του γλαυκώματος. Αρχικά η μέτρηση γινόταν δακτυλικά.

Επειδή η πιο ακριβής μέθοδος μέτρησης της ΕΟΠ, που είναι η μανομετρική (δηλαδή με καθετηριασμό του προσθίου θαλάμου), δεν είναι συμβατή με την καθημερινή πράξη, έχουν αναπτυχθεί τα τονόμετρα, τα οποία είναι συσκευές που μετρούν έμμεσα την ΕΟΠ. Κάθε τονόμετρο βασίζεται σε ορισμένες φυσικές αρχές ώστε εφαρμοζόμενο εξωτερικά του βολβού να παρέχει μια εκτίμηση της ΕΟΠ.

4.1.1. Τονόμετρα

Τα τονόμετρα περιλαμβάνουν:⁴

- τονόμετρο **Goldmann**

Είναι ένα τονόμετρο επιπέδωσης. Τα τελευταία σαράντα χρόνια είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο τονόμετρο, μια και αποτελεί μια σταθερή και εύκολη μέθοδο με χαμηλή μεταβλητότητα μετρήσεων μεταξύ τόσο του ίδιου, όσο και διαφορετικών εξεταστών.^{13,14}

- τονόμετρο **Schiotz**

Πρόκειται για ένα τονόμετρο εμβύθισης, που εισήχθηκε στην κλινική πρακτική το 1905.^{4,15} Ένα έμβολο στο οποίο έχει εφαρμοστεί ένα προκαθορισμένο βάρος πιέζει τον κερατοειδή. Το ποσό της εμβύθισης που προκαλεί μετράται σε μία κλίμακα και με τη βοήθεια ειδικών πινάκων η ένδειξη μετατρέπεται σε χιλιοστά υδραργύρου. Δε θεωρείται πολύ αξιόπιστο.



Σχήμα 12. Το τονόμετρο Schiotz

- τονόμετρο Perkins

Είναι ένα τονόμετρο επιπέδωσης χειρός το οποίο χρησιμοποιεί ένα πρίσμα Goldmann εφαρμοσμένο σε μία μικρή φωτεινή πηγή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κλινήρεις ή ασθενείς υπό αναισθησία. Ωστόσο για να επιτευχθούν αξιόλογες μετρήσεις χρειάζεται αρκετή πρακτική.

- τονόμετρο αέρος

Είναι ένα τονόμετρο μη επαφής που χρησιμοποιεί την αρχή του τονομέτρου επιπέδωσης με τη διαφορά ότι το κεντρικό τμήμα του κερατοειδούς επιπεδώνεται από ένα πίδακα αέρα. Η μετρούμενη τιμή της ΕΟΠ σχετίζεται άμεσα με τον χρόνο που χρειάστηκε για την επιπέδωση του κερατοειδούς. Δεν χρειάζεται να γίνει ενστάλαξη τοπικού αναισθητικού ή φλουορεσεΐνης και δεν υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης κατά την τονομέτρηση. Ωστόσο συχνά η διαδικασία τονομέτρησης δεν είναι καλά ανεκτή από τον ασθενή και έχει μικρότερη ακρίβεια και αξιοπιστία σε σχέση με το τονόμετρο Goldmann.¹⁶

- πνευμοτονόμετρο

Είναι ένα τονόμετρο χειρός μη επαφής. Δημιουργεί μια σταθερή ροή αέρα διαμέσου ενός καθετήρα καλυμμένου με μία μεμβράνη η οποία έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή. Η πίεση κάτω από την μεμβράνη αυξάνει βαθμιαία μέχρι να φθάσει την αντίροπη δύναμη του κερατοειδή. Στην κατάσταση αυτή της ισορροπίας, η συσκευή υπολογίζει έμμεσα την ΕΟΠ στον πρόσθιο θάλαμο.^{16,17}

- tono-pen

Είναι ένα αυτόνομο, μικρού μεγέθους, φορητό, τονόμετρο επιπέδωσης. Πριν από την τονομέτρηση χρειάζεται ρύθμιση και στην κεφαλή του τοποθετείται ένα αποστειρωμένο κάλυμμα. Μετά την ενστάλαξη τοπικού αναισθητικού, έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή. Ένας ήχος ειδοποιεί ότι έγινε σωστά η επιπέδωση και η ένδειξη εμφανίζεται στην οθόνη.

Η μικρή κεφαλή του είναι χρήσιμη για τη μέτρηση της ΕΟΠ σε οφθαλμούς με κερατοειδικές ανωμαλίες, ωστόσο για να έχουμε αξιόπιστο αποτέλεσμα χρειάζονται περισσότερες μετρήσεις και υπολογισμός του μέσου όρου τους.¹⁶

Η συνειδητοποίηση ότι το πάχος του κερατοειδούς και οι εν γένει βιομηχανικές του ιδιότητες επηρεάζουν την μέτρηση της ΕΟΠ με τα είδη τονομέτρων που περιγράφηκαν, οδήγησε στην προσπάθεια ανάπτυξης των καινούργιων τονομέτρων των οποίων οι μετρήσεις δεν επηρεάζονται από την σύσταση του κερατοειδούς, όπως:

- δυναμική περιμετρική τονομετρία -Dynamic contour tonometry (DCT)

Είναι μια καινούργια μέθοδος τονομέτρησης η οποία πραγματοποιείται με το τονόμετρο Pascal. Η κεφαλή αυτού του τονομέτρου έχει ένα ειδικό σχήμα που επιτρέπει την απευθείας μέτρηση της ΕΟΠ ελαχιστοποιώντας την πίεση που ασκείται στον κερατοειδή.¹⁸

- αναλυτής οφθαλμικής απόκρισης (ORA)

Είναι επίσης ένα νέο τονόμετρο, το οποίο εκτός από την ΕΟΠ, αξιολογεί τις βιομηχανικές παραμέτρους του κερατοειδούς, βασιζόμενο στη μετατόπιση που προκαλεί ένα ρεύμα αέρα στον κερατοειδή.¹⁹ Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην τονομέτρηση μη επαφής. Ένα ρεύμα αέρα κατευθύνεται στον κερατοειδή μέχρι να επιτευχθεί η επιπέδωσή του. Η πρώτη αυτή επιπέδωση λειτουργεί ως διακόπτης που διακόπτει το ρεύμα αέρα, μετά από μια μικρή επιπλέον αύξηση στην πίεση αέρα που προκαλεί ενός βαθμού παραμόρφωση στον κερατοειδή. Η πίεση αέρα μειώνεται σταθερά μέχρι να μηδενιστεί.

Η συσκευή κάνει δύο μετρήσεις: τη δύναμη που χρειάζεται ώστε να επιπεδωθεί ο κερατοειδής όταν η πίεση αέρα αυξάνεται και τη δύναμη με την οποία ο κερατοειδής γίνεται ξανά επίπεδος όταν η πίεση αέρα μειώνεται. Η δεύτερη επιπέδωση επιτυγχάνεται με μία μικρότερη δύναμη σε σχέση με την πρώτη, και αυτό αποδίδεται στην εφύγγραση του κερατοειδή. Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών δυνάμεων ονομάζεται κερατοειδική υστέρηση.²⁰

4.2. Αρχές και προβλήματα στις μεθόδους μέτρησης της ΕΟΠ.

Η ΕΟΠ διατηρείται μέσω μιας συνεχούς παραγωγής υδατοειδούς υγρού από το ακτινωτό σώμα, περίπου 2 μl/min. Η πίεση που προκύπτει, ως αποτέλεσμα μιας δυναμικής ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και αποχέτευσης υδατοειδούς υγρού από τον οφθαλμό, μεταδίδεται συμμετρικά στις εξωτερικές στοιβάδες του, στο σκληρό και τον κερατοειδή, και μπορεί να μετρηθεί εκεί.¹⁶

Η έμμεση μέτρηση της ΕΟΠ αποτελεί την αρχή της μη επεμβατικής τονομέτρησης και για την εφαρμογή της καλούνται να επιλυθούν διάφορα προβλήματα.

Κατ' αρχήν, τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα τονόμετρα λειτουργούν προκαλώντας παραμόρφωση στην επιφάνεια του οφθαλμού. Η τονομέτρηση πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

-είτε εφαρμόζοντας μια σταθερή δύναμη και μετρώντας την παραμόρφωση του βολβού που προκύπτει από τη δύναμη αυτή

-είτε παράγοντας μια σταθερή παραμόρφωση και μέσω αυτής καθορίζεται η δύναμη που χρειάζεται για να επιτευχθεί η παραμόρφωση.

Οι παραπάνω όμως αρχές δεν επιτρέπουν τη μέτρηση της ΕΟΠ σε ανέπαφο οφθαλμό. Επίσης η ποικίλη φύση και ελαστικότητα του κερατοειδή και του σκληρού εισάγουν μια μεταβαλλόμενη αντίσταση στην παραμόρφωση του βολβού. Εκτός των παραπάνω, η παραμόρφωση του βολβού προκαλεί μετατόπιση υδατοειδούς υγρού και οι μεταβολές στην ΕΟΠ που προκύπτουν εξαρτώνται πάλι από την ελαστικότητα των ιστών που περιβάλλουν τον οφθαλμό. Συνεπώς, όλες οι τεχνικές έμμεσης μέτρησης της ΕΟΠ παρέχουν την κατά προσέγγιση τιμή της πραγματικής ΕΟΠ.

4.2.1. Ιστορική αναδρομή

Η **τονομετρία Maklakoff** εμφανίστηκε το 1885. Βασίζεται στην επιπέδωση μιας μεταβλητής περιοχής της επιφάνειας του κερατοειδούς. Για να πραγματοποιηθεί γινόταν πρώτα αναισθησία του κερατοειδή με χρήση κοκαΐνης. Το τονόμετρο ασκεί μια σταθερή δύναμη (μέσω π.χ. ενός βαριδίου) και διαθέτει μια επίπεδη επιφάνεια που επιπεδώνει μια μεταβλητή επιφάνεια κερατοειδούς. Η επίπεδη επιφάνεια μαρκάρεται με ειδικό μελάνι. Με την επιπέδωση του κερατοειδούς, η επιφάνεια του τονομέτρου που έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή χάνει το μελάνι της. Στη συνέχεια το αποτύπωμα του τονομέτρου μεταφέρεται σε χαρτί. Η επιφάνεια, στο κέντρο της κηλίδας από μελάνι, που έχει χάσει το μελάνι της, είναι ανάλογη της ΕΟΠ²¹.

Η τονομετρία Maklakoff είναι τονομετρία επιπέδωσης που βασίζεται στο νόμο των Imbert-Fick. Σύμφωνα με το νόμο των Imbert-Fick, που δημοσιεύτηκε το 1886, η πίεση στο εσωτερικό μιας σφαίρας με πολύ λεπτά τοιχώματα είναι ίση με τη δύναμη που χρειάζεται για την επιπέδωση συγκεκριμένης επιφάνειας της σφαίρας, δια την επιφάνεια αυτή. Αυτή όμως η σχέση ισχύει μόνο για πολύ λεπτή και χωρίς τάση σφαίρα. Η επίδραση της τριχοειδούς πίεσης της δακρυϊκής στιβάδας και της ακαμψίας του παραμορφωμένου κερατοειδή αγνοήθηκαν.

Η **τονομέτρηση κατά Schiøtz** αντικατέστησε ευρέως την τονομέτρηση Maklakoff μετά το 1905. Εδώ ο υπολογισμός της ΕΟΠ γίνεται από το βάθος που ένα έμβολο βυθίζεται στον κερατοειδή, όταν το τονόμετρο τοποθετείται στην επιφάνειά του. Η απόσταση αυτή μετατρέπεται μέσω μιας βαθμονομημένης κλίμακας σε ΕΟΠ. Για τη μέτρηση διαφόρων τιμών της ΕΟΠ γίνεται χρήση από επιπρόσθετα βαρίδια.

Όπως η τονομέτρηση Maklakoff, έτσι και αυτή η τεχνική δημιουργεί μια μεταβλητή παραμόρφωση του οφθαλμού και συνεπώς εξαρτάται κατά πολύ από την κερατοειδική ακαμψία. Ο Schiøtz θεώρησε την ακαμψία σταθερή, σύμφωνα με το νόμο του Hook, και εισήγαγε "σταθερές ελαστικότητας", για να εξαλείψει την επίδραση από τη μετατόπιση του υδατοειδούς υγρού. Οι καμπύλες μετατόπισης του υδατοειδούς υγρού αποκάλυψαν τελικά μια πιο σύνθετη και όχι γραμμική συσχέτιση μεταξύ της εφαρμοζόμενης δύναμης και

της μετατόπισης του υδατοειδούς υγρού όταν επιπλέον βάρη προστίθονταν στο τονόμετρο.

Το **τονόμετρο Goldmann** (GAT) εισήχθηκε το 1955 ως το πρώτο τονόμετρο επιπέδωσης.²² Λειτουργήσε με μια σημαντικά μικρότερη δύναμη παραμόρφωσης και σταθερή επιφάνεια επιπέδωσης. Για πρώτη φορά, το τονόμετρο εφαρμόστηκε στον κερατοειδή οριζόντια και όχι κάθετα. Η διαδικασία αυτή μείωσε στο ελάχιστο το λάθος που προέκυπτε από τη μεταβλητή ακαμψία του βολβού. Όντας πολύ πιο ακριβές και εύχρηστο, το τονόμετρο Goldmann αντικατέστησε στις δύο επόμενες δεκαετίες τόσο το τονόμετρο Schiotz όσο και το τονόμετρο Maklakoff, τα οποία σήμερα σπάνια χρησιμοποιούνται.

Ωστόσο, η επιπέδωση του κερατοειδούς εξακολουθεί να καθιστά αυτή τη μέθοδο εξαρτώμενη από τις ιδιότητες του κερατοειδούς, από τη δακρυϊκή στοιβάδα και από τη μετατόπιση του υδατοειδούς υγρού. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για μια εγκυρη τονομέτρηση με το τονόμετρο αυτό είναι η ακριβής επιπέδωση συγκεκριμένης περιοχής κερατοειδούς στη σχισμοειδή λυχνία και αποτελεί μια εγγενώς υποκειμενική διαδικασία.

Ο Goldmann προέβλεψε ότι η ακρίβεια των μετρήσεων επηρεάζεται από το πάχος του κερατοειδούς σε πολύ λεπτούς και πολύ παχείς κερατοειδείς αλλά λανθασμένα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι περιπτώσεις αυτές είναι σπάνιες.²¹

4.3. Μέθοδοι τονομέτρησης με τονόμετρα Goldmann - Pascal και πάχος κερατοειδούς.

Όπως αναφέρθηκε, το δημοφιλέστερο τονόμετρο είναι το **τονόμετρο επιπέδωσης του Goldmann**.⁴ Με αυτό το τονόμετρο υπολογίζεται η δύναμη που χρειάζεται για την επιπέδωση συγκεκριμένης περιοχής του κεντρικού κερατοειδούς και η μέτρηση αυτή αναγάγεται σε πίεση. Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στην αρχή των Imbert-Fick, σύμφωνα με την οποία η πίεση P στο εσωτερικό μίας σφαίρας ισούται με το κλάσμα της δύναμης F που

χρειάζεται για την επιπέδωση τμήματός της δια την επιφάνεια A του τμήματος αυτού:

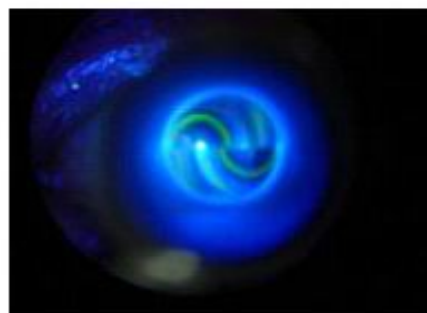
$$P=F/A$$

Η αρχή αυτή, όπως αναφέρθηκε, ισχύει για μια ιδανικά σφαιρική, ξηρή, απόλυτα ελαστική, και άπειρα λεπτή σφαίρα.²³ Ο κερατοειδής όμως δεν πληρεί κανένα από αυτά τα κριτήρια, μια και είναι ασφαιρικός, υγρός, και δεν είναι ούτε απόλυτα ελαστικός ούτε απεριόριστα λεπτός. Στον οφθαλμό ασκούνται οι ακόλουθες δύο δυνάμεις²⁴:

-μία δύναμη που παράγεται λόγω της σκληρικής ακαμψίας (γιατί ο οφθαλμός δε διαθέτει λεπτά τοιχώματα) με κατεύθυνση από τον βολβό προς τα έξω

-μία δύναμη που παράγεται από την επιφανειακή τάση της δακρυϊκής στιβάδας (γιατί ο οφθαλμός δεν είναι ξηρός) με κατεύθυνση προς τον βολβό

Ο Goldmann καθόρισε ότι όταν μια επίπεδη επιφάνεια έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή και ασκεί δύναμη ικανή να επιπεδώσει μια κυκλική επιφάνεια διαμέτρου 3,06mm, τότε η δύναμη που προκαλείται από την σκληρική ακαμψία εξουδετερώνει τη δύναμη που προκαλείται από την επιφανειακή τάση των δακρύων. Συνεπώς η δύναμη που χρειάζεται για την επιπέδωση κυκλικής επιφάνειας του κερατοειδούς διαμέτρου 3,06mm είναι ανάλογη της ΕΟΠ. Ειδικότερα, η δύναμη (μετρούμενη σε dynes) πολλαπλασιασμένη με το 10 ισούται με την ΕΟΠ (μετρούμενη σε mmHg).



Σχήμα 13. Το τονόμετρο Goldmann και τα ημικύκλια που φαίνονται κατά την τονομέτρηση στη σχισμοειδή λυχνία.

Η κεφαλή επιπέδωσης του τονομέτρου διαθέτει ένα διπλό πρίσμα.² Για την πραγματοποίηση της τονομέτρησης, το τονόμετρο τοποθετείται στη σχισμοειδή λυχνία. Πριν την τονομέτρηση το επιθήλιο του κερατοειδούς αναισθητοποιείται με την ενστάλαξη κατάλληλου κολλυρίου και χρίεται με φλουορεσεΐνη.² Το πρίσμα φωτίζεται πλάγια από τη σχισμοειδή λυχνία με το μπλε του κοβαλτίου και ο κερατοειδής παρατηρείται ομοαξονικά μέσα από την κεφαλή επιπέδωσης. Η κεφαλή μετακινείται αργά μέχρι να ακουμπήσει την επιφάνεια του κερατοειδούς. Όταν το πρίσμα ακουμπήσει στον κερατοειδή σχηματίζονται δύο πράσινα ημικύκλια. Η δύναμη που χρειάζεται για να επιπεδωθεί ο κερατοειδής αυξάνεται γυρνώντας έναν βαθμονομημένο τροχό στη βάση του οργάνου, ρυθμισμένο σε mmHg. Ο τροχός μετακινείται μέχρι τα εσωτερικά των ημικυκλίων να έρθουν σε επαφή, που σημαίνει ότι η επιθυμούμενη περιοχή έχει επιπεδωθεί. Η ΕΟΠ διαβάζεται από την ανάλογη κλίμακα δίπλα στον τροχό.¹⁶

Τα **πιθανά σφάλματα** στην τονομέτρηση με χρήση του τονομέτρου επιπέδωσης είναι:⁴

-ακατάλληλο σχήμα φλουροσείνης εξαιτίας περίσσειας ή ανεπαρκούς ποσότητας φλουροσείνης με αποτέλεσμα υπό- ή υπερεκτίμηση της ΕΟΠ αντίστοιχα.

-εξωτερική πίεση στο βολβό που οδηγεί σε πλασματικά υψηλότερη πίεση.

-εσφαλμένη ρύθμιση (calibration) και συνεπώς εσφαλμένη ένδειξη

-κερατοειδική παθολογία όπως η ύπαρξη έντονου οιδήματος ή ανομοιομορφίας με αποτέλεσμα ανακριβείς μετρήσεις.

Παρόλο που το τονόμετρο Goldmann αποτελεί τη χρυσή τομή για τη μέτρηση της ΕΟΠ, υπάρχουν ωστόσο γνωστές **πηγές σφαλμάτων** με τη μέθοδο αυτή, που περιλαμβάνουν το πάχος του κερατοειδούς, την καμπυλότητα και τη δομή του.^{25,26}

Η **παχυμετρία** είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του πάχους του κερατοειδούς με σκοπό τη συσχέτιση με οφθαλμικές παθήσεις.²⁷ Η παχυμετρία με υπερήχους είναι σήμερα η κύρια χρησιμοποιούμενη μέθοδος.^{28,29} Ο πρώτος που την εισήγαγε ήταν ο Kremer το 1980.³⁰ Η σημασία του πάχους του κερατοειδούς στην διαγνωστική του γλαυκώματος έγινε ευρέως αντιληπτή μετά την δημοσίευση των αποτελεσμάτων της OHTS (Ocular Hypertension Treatment Study) η οποία εισήγαγε την μέτρηση του πάχους του κερατοειδούς στην καθημερινή πρακτική του γλαυκώματος.

Οι Goldmann και Schmit υπολόγισαν το κεντρικό πάχος του κερατοειδούς (central corneal thickness-CCT) ίσο με 500 μικρόμετρα χρησιμοποιώντας την οπτική παχυμετρία, η οποία τείνει να υποεκτιμά το CCT σε σχέση με την παχυμετρία με υπερήχους.²⁵ Γνώριζαν ότι μεταβολές σε αυτό τον παράγοντα θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη μέτρηση της ΕΟΠ με τη μέθοδο της επιπέδωσης. Πίστευαν ωστόσο ότι τέτοιου είδους μεταβολές ήταν σπάνιες.³¹ Η ανάπτυξη όμως της παχυμετρίας με υπερήχους ανέδειξε ένα

μεγάλο εύρος τιμών CCT , με σημαντικές μεταβολές μεταξύ των διαφόρων φυλών.^{32,33} Επίσης, ένας λεπτός κερατοειδής αποδείχτηκε ότι αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εξέλιξη της οφθαλμικής υπερτονίας σε γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας, καθώς και ένα σημαντικό προγνωστικό παράγοντα γλαυκωματικής βλάβης στην αρχική εξέταση.³⁴ Αν και η CCT πιθανόν να αποτελεί ξεχωριστό παράγοντα κινδύνου, ανεξάρτητα από την επίπτωσή της στην ΕΟΠ, είναι σήμερα ένας αναγνωρισμένος παράγοντας σύγχυσης στη μέτρηση της ΕΟΠ με GAT.

Συγκεκριμένα, οι λεπτοί κερατοειδείς σχετίζονται με υπο-εκτίμηση της GAT ΕΟΠ, ενώ οι παχιοί κερατοειδείς με υπερ-εκτίμηση. Σε διάφορες μελέτες έχει αποδειχτεί ότι το μέσο CCT οφθαλμών με οφθαλμική υπερτονία ήταν σημαντικά αυξημένο σε σχέση με γλαυκωματικούς οφθαλμούς ή σε σχέση με φυσιολογικούς οφθαλμούς.^{30,35}

Οι Whitacre και συνεργάτες πραγματοποίησαν ταυτόχρονα μανομετρία και επιπέδωση Perkins σε οφθαλμούς με διαφορετικό CCT. Βρήκαν μια κλινικά σημαντική υπο-εκτίμηση της ΕΟΠ έως 4,9 mmHg σε λεπτούς κερατοειδείς και υπερ-εκτίμηση έως 6,8mm Hg σε παχείς κερατοειδείς.

Αν και έχουν κατά καιρούς δημοσιευτεί νομογράμματα για τη διόρθωση της GAT ΕΟΠ που βασίζονται στο CCT, κανένα δε θεωρείται με συνέπεια ακριβές.³⁶ Συνεπώς η προσοχή στράφηκε στις μεθόδους ακριβούς μέτρησης της ΕΟΠ ανεξάρτητα από τις μεταβολές του πάχους του κερατοειδούς και της δομής του.

Η Dynamic Contour Tonometry, είναι η πρώτη τεχνική μέτρησης που δεν προκαλεί παραμόρφωση του οφθαλμού. Το Pascal τονόμετρο σχεδιάστηκε με την προοπτική να μετράει την ΕΟΠ με την μικρότερη δυνατή μετατόπιση υδατοειδούς υγρού και τη λιγότερο εξαρτώμενη από τις ιδιότητες του κερατοειδούς.¹⁶

Το **Pascal Dynamic Contour Tonometer** (DCT; SMT Swiss Microtechnology AG, Port, Switzerland) είναι εμπορικά διαθέσιμο από το 2004.³⁷ Θεωρητικά, είναι ανεπηρέαστο από το CCT και την καμπυλότητα του κερατοειδούς.²⁵ Δεν υπολογίζει την ΕΟΠ μέσω της δύναμης που ασκείται σε μία συγκεκριμένη επιφάνεια. Αντιθέτως υπολογίζει άμεσα τις δυναμικές τονικές διακυμάνσεις της ΕΟΠ χρησιμοποιώντας έναν πιεζοηλεκτρικό

αισθητήρα πίεσης που βρίσκεται ενσωματωμένος στην κεφαλή της συσκευής. Διαθέτει μία καμπύλη κεφαλή, που προσαρμόζεται στον κερατοειδή ανάλογα με την καμπυλότητά του. Θεωρητικά του δίνει μία ουδέτερη μορφή, τέτοια ώστε δυνάμεις καμπύλωσης ή εφαπτόμενες να μην ασκούνται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ κερατοειδούς και κεφαλής του τονομέτρου. Σε αυτή την κατάσταση, τόσο οι δυνάμεις που ασκούνται στο εσωτερικό (ΕΟΠ, ακαμψία) όσο και οι δυνάμεις που ασκούνται στο εξωτερικό (τριχοειδικές, εναποθέσεως) του κερατοειδή είναι ίσες, και η πίεση μετρείται από τον αισθητήρα στην κεφαλή του τονομέτρου.³⁸



Σχήμα 14. Το Pascal Dynamic Contour Tonometer

4.4. Dynamic Contour Tonometry (DCT)

4.4.1. Φυσική μεθοδολογία

Η Dynamic contour Tonometry (DCT) είναι μια συνεχής (δυναμική) και άμεση τονομέτρηση.¹⁶ Μετράει την ΕΟΠ στην επιφάνεια επαφής μεταξύ της ευαίσθητης κεφαλής του τονόμετρου και του κερατοειδούς.

Βασίζεται στο νόμο της υδροστατικής πίεσης του Blaise Pascal σύμφωνα με τον οποίο η πίεση που δημιουργεί ένα εξωτερικό αίτιο σε κάποιο σημείο ενός υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημειά του υγρού. Για να πραγματοποιηθεί άμεση μέτρηση της ΕΟΠ πρέπει οι δυνάμεις στην

επιφάνεια επαφής μεταξύ της άκαμπτης κεφαλής του τονόμετρου και του μερικώς άκαμπτου κερατοειδικού ιστού να εξουδετερώνουν τις δυνάμεις που δημιουργούνται από την ΕΟΠ. Αυτές οι δυνάμεις στην επιφάνεια επαφής είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες και δρουν κάθετα σε αυτήν.

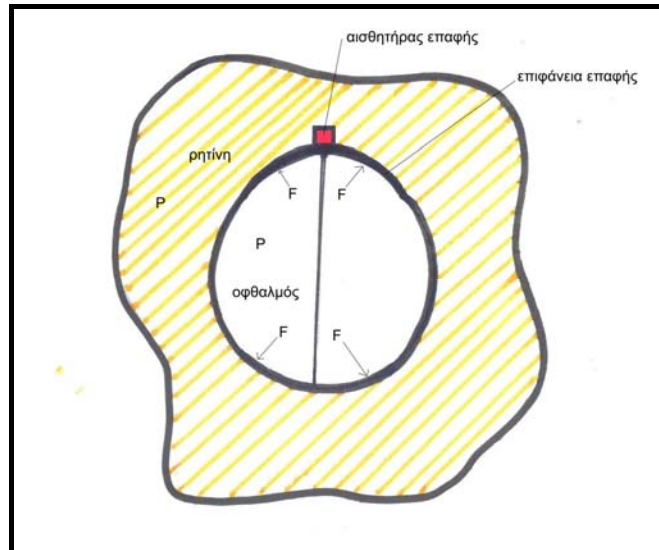
Για να πραγματοποιηθεί η τονομέτρηση η κεφαλή του DCT ακουμπάει το κέντρο του κερατοειδούς και εξαναγκάζει ελαφρά τον κερατοειδή να λάβει τη δική της κοίλη καμπυλότητα μέχρι να επιτευχθεί μια ισορροπία δυνάμεων και στις δυο πλευρές του κερατοειδή. Ο αισθητήρας πίεσης έχει την ίδια καμπυλότητα με την κεφαλή του τονόμετρου και μετράει την ΕΟΠ στην εξωτερική επιφάνεια του κερατοειδούς.

Τα ακόλουθα τρία υποθετικά πεδία απεικονίζουν την αρχή λειτουργίας της Dynamic Contour Tonometry.

1. Έστω ότι όλος ο βολβός επιπλέει σε ένα δοχείο γεμάτο με χυτευμένη ρητίνη. Ο κερατοειδής συμπεριφέρεται σαν ένα ελλειπτικό κέλυφος που αντιδρά με δυσκαμψία στην εκτάnuση, αλλά με αρκετή ελαστικότητα στην κάμψη. Η πίεση στη χυτευμένη ρητίνη ισούται ακριβώς με την ενδοφθάλμια πίεση (P). Οι δυνάμεις F , που δημιουργούνται από την πίεση (P), δρουν ομοιόμορφα και στις δυο επιφάνειες του κερατοειδή. Οι δυνάμεις στην επιφάνεια επαφής μεταξύ της υγρής ρητίνης και του βολβού, ισούνται με την ΕΟΠ. Ο βολβός διατηρεί το σχήμα του σχεδόν ανεξάρτητα από τις διαφορές της πίεσης στον κερατοειδή. Παραμένει με το ίδιο σχεδόν σχήμα που διαθέτει σε ζωντανό οφθαλμό.

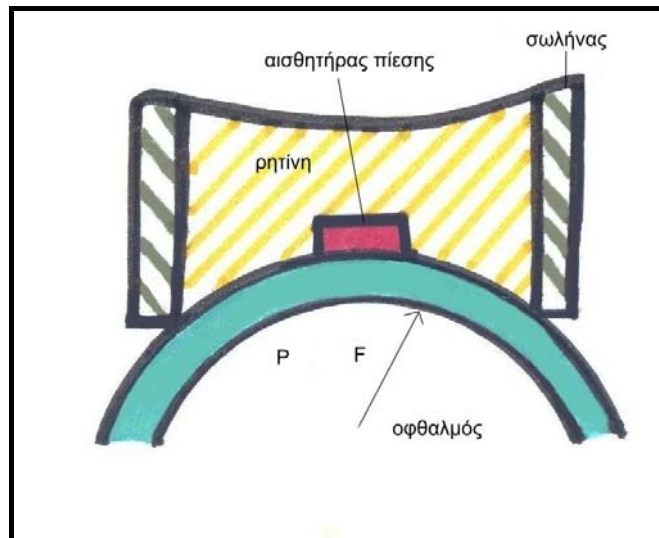
Η ρητίνη τώρα πήζει χωρίς συρρίκνωση ή κάποια άλλη μεταβολή και σχηματίζει έναν κοίλο χώρο από στερεό υλικό που περιβάλλει τον οφθαλμό. Οι δυνάμεις στην επιφάνεια επαφής εξακολουθούν να δρουν με τον ίδιο τρόπο, τώρα όμως μεταξύ ενός στερεού τοιχώματος και του ημιστέρους βολβού. Ο αισθητήρας πίεσης που είναι τοποθετημένος στο τοίχωμα έχει το ίδιο σχήμα με το τμήμα του τοιχώματος που αντικαθιστά και μετράει την πραγματική πίεση p , χωρίς παραμόρφωση του κερατοειδούς.

Φυσικά, ένα τέτοιο τονόμετρο όπως αυτό που περιγράφηκε δε θα μπορούσε να έχει καμιά πρακτική εφαρμογή.



Σχήμα 15. Υποθετική διάταξη για μέτρηση ΕΟΠ διαμέσου του κερατοειδή (βήμα πρώτο). $P = \text{ΕΟΠ}$, $F = \eta$ δύναμη που δημιουργείται από την ΕΟΠ.

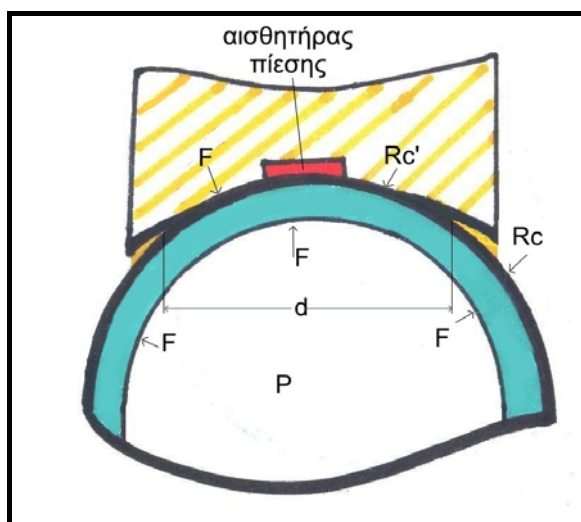
2. Το δεύτερο βήμα οδηγεί σε μια περισσότερο πρακτική αλλά ακόμα υποθετική προσέγγιση. Ένας σωλήνας γεμάτος με ρητίνη τοποθετείται πάνω στον κερατοειδή με μία δύναμη τοποθέτησης αρκετά ισχυρή ώστε να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ του σωλήνα και του κερατοειδή. Και σε αυτή την περίπτωση η ρητίνη είναι κάτω από πίεση P , και πήζει κάτω από σταθερές συνθήκες χωρίς συρρίκνωση ή κάποια άλλη μεταβολή. Μετά την απομάκρυνση του κερατοειδή, απεικονίζει το αντίθετο σχήμα (καλούπι) του κερατοειδή. Ωστόσο, σε αντίθεση με το πρώτο θεωρητικό μοντέλο και όπως καλύτερα θα γίνει κατανοητό στο τρίτο βήμα, το περίγραμμα του κερατοειδή τώρα είναι διαφορετικό από το αρχικό του σχήμα. Μετά ένας αισθητήρας πίεσης ενσωματώνεται στο κέντρο της ρητίνης και έχει την ίδια καμπυλότητα με το τμήμα της ρητίνης που αντικαθιστά. Αν η κεφαλή ακουμπάει στον κερατοειδή με την ίδια δύναμη εναπόθεσης που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως στο σωλήνα, τότε αποκαθίσταται η ίδια δύναμη που υπήρχε πριν από τη πήξη της ρητίνης. Ως αποτέλεσμα, ο αισθητήρας πίεσης μετράει την πίεση P , διαμέσου του κερατοειδή.



Σχήμα 16. Υποθετική διάταξη για μέτρηση ΕΟΠ διαμέσου του κερατοειδή (βήμα δεύτερο). P =ΕΟΠ, F =η δύναμη που δημιουργείται από την ΕΟΠ.

3. Για το τρίτο βήμα χρησιμοποιείται μια κεφαλή μεγαλύτερης διαμέτρου, παρόμοιας με την κεφαλή του τονομέτρου επιπέδωσης Goldmann, αλλά με την καμπυλότητα και τον ενσωματωμένο αισθητήρα πίεσης που περιγράφηκε στο δεύτερο βήμα.

Τώρα η δύναμη εναπόθεσης μπορεί να επιλεγεί από ένα μεγάλο εύρος δυνάμεων. Επηρεάζει μόνο τη διάμετρο του contour matching, δηλαδή την περιοχή όπου η επιφάνεια του κερατοειδή παίρνει το σχήμα της κεφαλής του τονομέτρου. Η δύναμη εναπόθεσης επηρεάζει την κατανομή των δυνάμεων της contour match area μόνο στις άκρες. Με παρόμοιο τρόπο, η ΕΟΠ, η ακτίνα καμπυλότητας και το πάχος του κερατοειδή ή άλλες κερατοειδικές ιδιότητες επηρεάζουν κυρίως τη διάμετρο επαφής. Αυτό εξηγεί το ελάχιστο σφάλμα στη μέτρηση που παρατηρείται σε μεγάλο εύρος κερατοειδών με διαφορετικές ιδιότητες.



Σχήμα 17. Το Dynamic Contour Tonometer: η επιφάνεια επαφής A_c με contour διαμετρο d , $P=EOΠ$, $F=η$ δύναμη που δημιουργείται από την ΕΟΠ.

Σύμφωνα με το σχήμα, οι δυνάμεις F που ασκούνται ομογενώς από την ΕΟΠ P , δημιουργούν επαπτομενικές τάσεις στο εσωτερικό του κερατοειδή. Αν η contour match area (A_c) που καθορίζεται από τη διάμετρο d , εξεταστεί χωριστά, τότε οι δυνάμεις F δρουν και στις δυο πλευρές του κερατοειδή και συνεπώς το τμήμα του κερατοειδή γύρω από την κορυφή δεν έχει τάσεις. Ωστόσο, κοντά στην επιφάνεια A_c , οι δυνάμεις F δρουν μόνο εσωτερικά και δημιουργούν επαπτομενικές τάσεις που εξαπλώνονται σαν ομόκεντρες δυνάμεις έλξης στο άκρο του κερατοειδή και επιπεδώνουν το περίγραμμα του κερατοειδή στην A_c . Η ακτίνα καμπυλότητας R_c , θα αυξηθεί σε σχέση με το φυσιολογικό ($R_c' = R_c + \Delta R$).

Θεωρητικά ο κερατοειδής κάθε ατόμου χρειάζεται μια "κατά παραγγελία" κεφαλή να ταιριάζει στο ανάλογο περίγραμμα. Ωστόσο, in vivo μετρήσεις κατέληξαν σε ένα "σταθερό περίγραμμα" που παρέχει αξιόπιστες μετρήσεις της πραγματικής ΕΟΠ για ένα αρκετά μεγάλο εύρος διαστάσεων και ιδιοτήτων κερατοειδή.

Η κεφαλή του Dynamic Contour Tonometer διαθέτει έναν κεντρικά τοποθετημένο πιεζο-ανθεκτικό αισθητήρα πίεσης με διάμετρο λιγότερη από $0,25\text{mm}^2$. Η ανάλυση είναι υψηλότερη από 0.1mmHg σε εύρος μεγαλύτερο των 300mmHg . Το περίγραμμα της κεφαλής έχει ακτίνα 10.5mm . Η δύναμη εναπόθεσης έχει μία σταθερά χαμηλή τιμή $9,81\text{ mN}(1\text{g})$, που εξασφαλίζει μόνο οριακή παραμόρφωση του οφθαλμού.

4.4.2. Διαδικασία μέτρησης

Μια πρακτική εφαρμογή του DCT πραγματοποιήθηκε στο PASCAL Dynamic Contour B τονόμετρο (Ziener Ophthalmic Systems ACr, Port, Switzerland).¹⁶ Το PASCAL είναι ένα μηχάνημα που προσαρμόζεται στη σχισμοειδή λυχνία και χρησιμοποιείται κατά τον ίδιο τρόπο με το τονόμετρο Goldmann.

Για την τονομέτρηση, το τονόμετρο τοποθετείται στη σχισμοειδή λυχνία. Πριν την τονομέτρηση ενσταλάζεται αναισθητικό κολλύριο στον κερατοειδή. Το τονόμετρο διαθέτει προστατευτικά καλύμματα που αντικαθιστούνται μετά από κάθε χρήση.

Τοποθετημένο στον οπτικό άξονα της σχισμοειδούς λυχνίας, το PASCAL δίνει στον χρήστη την εικόνα της επιφάνειας επαφής μεταξύ κερατοειδή και κεφαλής του τονομέτρου. Μια διαφανής κεφαλή που διαθέτει αισθητήρα πίεσης με κοίλη επιφάνεια επαφής (κεφαλή-αισθητήρας sensor tip) εφαρμόζεται στο κέντρο του κερατοειδή του ασθενή ασκώντας μία μικρή σταθερή δύναμη. Η δύναμη αυτή δημιουργείται από έναν ενεργοποιητή με ελατήριο (cantilever). Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης που βρίσκεται στην επιφάνεια επαφής της κεφαλής με τον κερατοειδή δημιουργεί ένα ηλεκτρικό σήμα που είναι ανάλογο με την ΕΟΠ. Η κεντρική μονάδα δημιουργεί ένα ακουστικό σήμα του οποίου ο τόνος είναι ανάλογος της πίεσης που μετράει και είναι μία ακουστική ένδειξη ότι η επαφή με τον οφθαλμό είναι η σωστή. Το σήμα της πίεσης, που μεταβάλλεται με την παλμική οφθαλμική αιματική ροή, ανιχνεύεται για μια περίοδο περίπου 5 sec (που αντιστοιχεί προσεγγιστικά σε πέντε με δέκα καρδιακούς παλμούς). Μετά το τονόμετρο απομακρύνεται από τον οφθαλμό και η μέτρηση ολοκληρώνεται.

4.4.3. OPA και τιμή Q

Το λογισμικό του PASCAL υπολογίζει την ΕΟΠ και την μεταβολή της που προκαλείται από τον καρδιακό παλμό (% OPA) από το ψηφιοποιημένο εξαρτώμενο από την πίεση ηλεκτρικό σήμα και από την αρχική τιμή του επιπέδου του σήματος που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση. Αυτά τα σήματα αποθηκεύονται και επεξεργάζονται από ένα μικροεπεξεργαστή που βρίσκεται στο τονόμετρο. Το λογισμικό του PASCAL υπολογίζει την ΕΟΠ και

την μεταβολή της που προκαλείται από τον καρδιακό παλμό (ΟΡΑ) από το ψηφιοποιημένο ηλεκτρικό σήμα που εξαρτάται από την πίεση και από την αρχική τιμή επιπέδου του σήματος που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση. Τα σήματα αυτά αποθηκεύονται και επεξεργάζονται από ένα μικροεπεξεργαστή που βρίσκεται στο τονόμετρο και τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων.

Εκτός από την αριθμητική τιμή για την ΕΟΠ και το ΟΡΑ (σε mmHg), ένας μετρητής ποιότητας της λήψης, το Q, επίσης υπολογίζεται και εμφανίζεται για κάθε μέτρηση. Πρόκειται για έναν αριθμό που λαμβάνει τιμές από το ένα έως το πέντε που αποτελούν δείκτη αξιοπιστίας για την μέτρηση. Η ιδανική τιμή του δείκτη αυτού είναι το ένα, το δύο και το τρία θεωρούνται αποδεκτά, ενώ το τέσσερα και το πέντε θεωρούνται μη αποδεκτά και οι μετρήσεις αυτές απορρίπτονται. Η μέτρηση της ποιότητας λήψης υπολογίζεται από τον αριθμό των αξιόλογων δεδομένων που έχουν συλλεχθεί, το θορυβο, την παρουσία ψευδών ευρημάτων (artifact) και την κανονικότητα και το σχήμα των δεδομένων. Το Q αποτελεί χρήσιμο δείκτη αξιοπιστίας του αποτελέσματος και μειώνει την πιθανότητα εσφαλμένης μέτρησης λόγω ψευδών ευρημάτων ή χαμηλής ποιότητας δεδομένων. Δε χρειάζεται άλλη ενέργεια από μέρους του εξεταστή εκτός της ενεργοποίησης του τονομέτρου και του κεντραρίσματος του αισθητήρα της κεφαλής στον κερατοειδή του ασθενή. Συνεπώς, ο εξεταστής δεν είναι σε θέση να επηρεάσει τη μέτρηση ή το αποτέλεσμα.

Εξ ορισμού, η ΕΟΠ που μετριέται από το PASCAL είναι η διαστολική ΕΟΠ. Η διαφορά μεταξύ διαστολικής και συστολικής ΕΟΠ επίσης υπολογίζεται και εμφανίζεται ως ΟΡΑ, παρέχοντας ένα δείκτη για τις διακυμάνσεις της πίεσης στις οποίες εκτίθεται το οπτικό νεύρο. Επίσης μπορεί να τυπωθεί η καμπύλη πίεσης με τις χαρακτηριστικές διακυμάνσεις, μαζί με το αριθμητικό αποτέλεσμα, από έναν εκτυπωτή προαιρετικά που σκοπό έχει την τεκμηρίωση και τον περαιτέρω έλεγχο.

Η παρατήρηση των καμπύλων πίεσης κάθε ασθενούς, παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που μπορεί να μεταβάλλονται από ασθενή σε ασθενή. Το οφθαλμικό εύρος παλμού σε υγιείς οφθαλμούς τυπικά είναι 1,5-3

mmHg και ίσο (με απόκλιση $\pm 10\%$) και στους δύο οφθαλμούς. Ένας περισσότερο ελαστικός κερατοειδής, μια υψηλή συστηματική αιμάτωση και υψηλή συστηματική αρτηριακή πίεση μπορούν να αυξήσουν το OPA (συνήθως μέχρι 7mmHg). Οι πιο άκαμπτοι κερατοειδείς και με μειωμένη αιμάτωση οδηγούν σε τιμές OPA μικρότερες από 1,5 mmHg. Μια μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο οφθαλμών, αριστερού και δεξιού, είναι δείκτες μίας στένωσης ή συριγγίου στον συρραγγώδη κόλπο.

Αν και η έννοια του οφθαλμικού εύρους παλμού είναι κάπως ασαφής, έχει προταθεί ότι μια χαμηλή τιμή εύρους συνδέεται με ανεπαρκή αιμάτωση του οφθαλμού και πιθανόν να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για επιδείνωση του οπτικού πεδίου.³⁹ Αντιθέτως, το οφθαλμικό εύρος παλμού μειώνεται μετά από τραμπεκουλεκτομή, γεγονός που αποτελεί έναν καλό προγνωστικό παράγοντα για τον επιτυχή μακροχρόνιο έλεγχο της ΕΟΠ.⁴⁰

4.4.4. DCT σε οφθαλμούς μετά από LASIK

Άλλη μια εφαρμογή του DCT είναι σε οφθαλμούς μετά από Laser in situ keratomileusis (LASIK). Με τη LASIK μεταβάλλεται η διαθλαστική δύναμη του κερατοειδή με εκτομή με τη χρήση laser του στρώματος του κερατοειδή. Στη LASIK που πραγματοποιείται σε μυωπικούς οφθαλμούς η διαδικασία αυτή οδηγεί σε μείωση του κεντρικού πάχους κερατοειδούς, επιπέδωση της επιφάνειας του κερατοειδούς και σημαντική μεταβολή των βιο-μηχανικών ιδιοτήτων του κερατοειδούς. Συνεπώς η τονομέτρηση επιπέδωσης στους οφθαλμούς αυτούς υποτιμά την ΕΟΠ.

Σύμφωνα με μελέτες, η DCT δεν επηρεάζεται σημαντικά από μεταβολές στη CCT μετά από LASIK, ενώ οι μετρήσεις με το GAT προκύπτουν σημαντικά μειωμένες. Η προσπάθεια να διορθωθούν μετρήσεις με το GAT με τη χρήση διορθωτικών πινάκων δεν οδηγεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα.⁴¹ Η DCT από την άλλη αποτελεί μια αξιόπιστη και ακριβή μέθοδο για τη μέτρηση της ΕΟΠ σε οφθαλμούς μετά το LASIK.

Dynamic contour tonometry	Goldmann applanation tonometry
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Αρχές λειτουργίας - Μέτρηση και μετατροπή της ΕΟΠ σε ηλεκτρικά σήματα μέσω ενός ριζοστοιχείου, το οποίο εφαρμόζεται στον κερατοειδή με σταθερή δύναμη. 	<ul style="list-style-type: none"> - Μέτρηση της δύναμης που χρειάζεται για την επιπέδωση μιας σταθερής περιοχής στην επιφάνεια του κερατοειδή.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Αποτελέσματα - Δυναμική μέτρηση της συστολικής ΕΟΠ, διαστολικής ΕΟΠ και ΟΡΑ, ένδειξη της ποιότητας μέτρησης. 	<ul style="list-style-type: none"> - Στατική και αναλογική μέτρηση της μέσης ΕΟΠ, ΟΡΑ.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Πηγές σφαλμάτων -Μετρήσεις χαμηλής ποιότητας. 	<ul style="list-style-type: none"> - Η επιρροή από τις βιο-μηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς, όπως το κεντρικό πάχος του κερατοειδούς και η ελαστικότητα, οδηγούν σε μια ψευδώς υψηλή ή χαμηλή μέτρηση σε οφθαλμούς με παχείς ή λεπτούς κερατοειδείς (οφθαλμούς μετά από LASIK) ή οφθαλμούς με παθολογίες του κερατοειδούς (ουλές, οίδημα) - Υποκειμενικότητα εξεταστή, αναλογική κλίμακα
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Εφαρμοσιμότητα - Δεν παρέχει μέτρηση ή παρέχει χαμηλής ποιότητας μετρήσεις σε οφθαλμούς με πολύ χαμηλή ΕΟΠ ή ΟΡΑ, ή ασθενείς με αδυναμία συνεργασίας, χαμηλή όραση, ή νυσταγμό. 	<ul style="list-style-type: none"> - Χρειάζεται εκτίμηση της ΕΟΠ από πεπειραμένο εξεταστή.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Προετοιμασία πριν από τη μέτρηση. - Εφαρμογή τοπικού αναισθητικού - Εγκατάσταση καλύμματος κεφαλής. - Εισαγωγή της κεφαλής στην υποδοχή της κεφαλής. 	<ul style="list-style-type: none"> - Εφαρμογή τοπικού αναισθητικού και φλουορεσεΐνης. - Απολύμανση της κεφαλής - Εισαγωγή της κεφαλής στην υποδοχή της κεφαλής.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Συντήρηση - Βαθμονόμηση και έλεγχος σε τακτικά διαστήματα. - Περιστασιακός καθαρισμός. - Αντικατάσταση μπαταριών. 	<ul style="list-style-type: none"> - Βαθμονόμηση και έλεγχος σε τακτικά διαστήματα. - Περιστασιακός καθαρισμός.

Πίνακας 1. Σύγκριση της Dynamic contour tonometry και Goldmann applanation tonometry.¹⁶

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

5.1. Οφθαλμική ακαμψία (ocular rigidity)

Η αυξημένη ΕΟΠ αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα κινδύνου για την ανάπτυξη και εξέλιξη της γλαυκωματικής οπτικής νευροπάθειας.⁴⁰ Ο μηχανισμός με τον οποίο η αυξημένη ΕΟΠ προδιαθέτει τον οφθαλμό για απώλεια νευρικών ινών και η διαδικασία που ακολουθεί και οδηγεί σε φθορά του νευράξονα των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς ή ακόμα και σε απόπτωση των γαγγλιακών αμφιβληστροειδικών κυττάρων δεν είναι απόλυτα κατανοητοί. Έχει υποτεθεί ότι οι βιομηχανικές ιδιότητες της κεφαλής του οπτικού νεύρου και/ή του σκληρού παίζουν ρόλο στο γενικότερο πλαίσιο.^{43,44,45,46,47,48} Η μέτρηση ωστόσο των ελαστικών αυτών ιδιοτήτων των επιφανειών του οφθαλμού in vivo είναι δύσκολη.

Μια πρώτη σημαντική προσέγγιση των βιομηχανικών ιδιοτήτων του οφθαλμού και συγκεκριμένα της οφθαλμικής ακαμψίας έγινε από τον Friedenwald.

Ο όρος οφθαλμική ακαμψία αναφέρεται σε μία μετρούμενη φυσική παράμετρο του οφθαλμού που εκφράζει τις ελαστικές ιδιότητες του οφθαλμικού βολβού. Το 1937, ο Friedenwald περιέγραψε τον συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας ως ένα “μέτρο της αντίστασης, την οποία ο οφθαλμός προβάλλει σε δυνάμεις που προκαλούν την εκτάνωσή του” και ανέπτυξε μία εξίσωση για τον υπολογισμό της.^{42,49,50}

Όταν η οφθαλμική ακαμψία αυξάνεται, σημαίνει ότι ο οφθαλμός είναι πιο δύσκαμπτος, όταν μειώνεται, σημαίνει ότι ο οφθαλμός είναι λιγότερο δύσκαμπτος. Ο όρος οφθαλμική ακαμψία χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνολική δομική δυσκαμψία του σκληρού, χοριοειδή, μεμβράνη του Bruch, αμφιβληστροειδή και κερατοειδή. Η δομική δυσκαμψία είναι ένας μηχανικός όρος που συνδυάζει τους ξεχωριστούς παράγοντες της δομής, αρχιτεκτονική, και ιδιότητες της ύλης. Από την άποψη αυτή, οι οφθαλμικοί ιστοί μπορούν να γίνουν πιο δύσκαμπτοι επειδή, είτε συνολικά είτε ξεχωριστά, γίνονται πιο εύρωστοι (πιο παχιοί για παράδειγμα) και /ή η εξωκυττάρια ουσία τους

μεταβάλλεται με τέτοιο τρόπο ώστε γίνονται είτε μεμονωμένα είτε συνολικά πιο δύσκαμπτοι, ή λιγότερο εύκαμπτοι. Ωστόσο η δομική δυσκαμψία του σκληρού αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα της οφθαλμικής ακαμψίας, όπως αναφέρεται στην εξίσωση του Friedenwald.

5.1.1. Συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας

Ο **συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας** συσχετίζει τη μεταβολή της πίεσης με τη μεταβολή του όγκου μέσα στον οφθαλμό.⁵¹ Η παράμετρος της οφθαλμικής ελαστικότητας-ακαμψίας φαίνεται ότι σχετίζεται με διάφορες παθήσεις, γι αυτό καθίσταται αναγκαίος ο μαθηματικός προσδιορισμός της. Δυστυχώς οι μηχανικές λειτουργίες του ματιού είναι μη-γραμμικές και ελαστικές. Γι αυτό είναι απαραίτητος ένας εμπειρικός τύπος. Ο μαθηματικός τύπος που είναι σήμερα αποδεκτός για τον προσδιορισμό του συντελεστή ακαμψίας του οφθαλμού αναπτύχθηκε, όπως αναφέρθηκε, από τον Friedenwald . Ο Friedenwald⁴⁹ παρατήρησε ότι η κλίση της καμπύλης πίεσης-όγκου, τόσο στη δική του έρευνα όσο και σε προηγούμενες, είναι ανάλογη της ενδοφθάλμιας πίεσης, δηλαδή

$$dP / dV = aP$$

το οποίο μετά την μαθηματική μετατροπή γίνεται

$$\Delta V = 1/a \ln (P2/P1) = 1/ MK \ln (P2/P1) = 1/K \log (P2/P1)$$

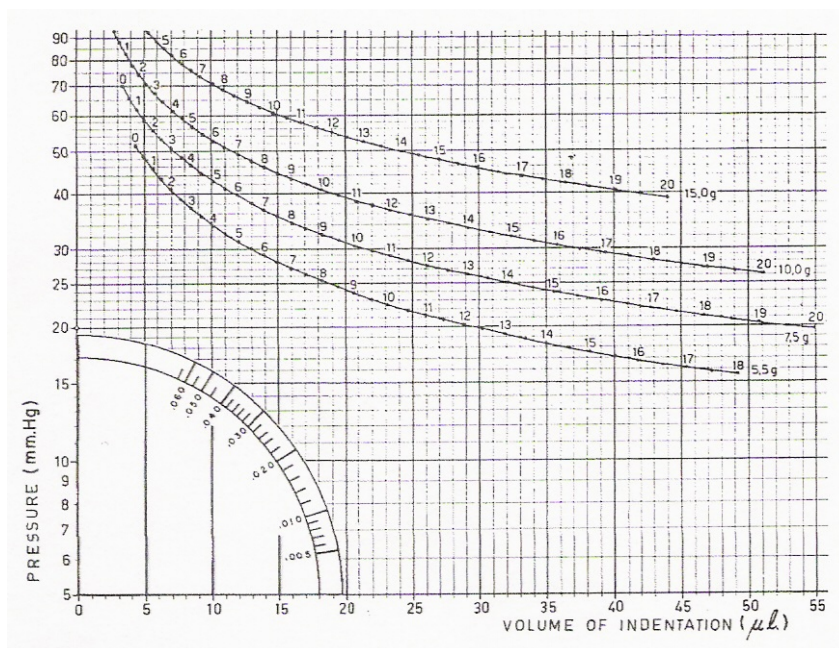
όπου P1 η αρχική ενδοφθάλμια πίεση και P2 η ενδοφθάλμια πίεση μετά από μια μεταβολή ΔV του ενδοφθάλμιου όγκου και $M=2.303$ ο παράγοντας που μετατρέπει τους νεπέριους λογαρίθμους με βάση το e σε λογαρίθμους με βάση το 10. Ο αναλογικός παράγοντας K αποκαλείται συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας (ocular rigidity) του Friedenwald και πάντα υπολογίζεται με τη χρήση λογαρίθμων με βάση το 10.

Η έρευνά του ήταν η πρώτη απόπειρα ανάλυσης των μετρήσεων του τονομέτρου Schiottz σε σχέση με τις μεταβολές που προκαλεί στην ενδοφθάλμια πίεση και περιλαμβάνει τη θεωρητική ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν το τονόμετρο, τη μαθηματική συσχέτιση πίεσης – όγκου καθώς και τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο πρώτο μέρος της έρευνας έγινε ανάλυση του τρόπου υπολογισμού της ελαστικότητας από μια σειρά μετρήσεων σε ένα οφθαλμό με τη χρήση 2 ή

περισσότερων διαφορετικών τονομετρικών βαρών. Επίσης αναφέρθηκε πως από το ίδιο σετ μετρήσεων μπορεί να υπολογιστεί η ενδοφθάλμια πίεση. Στο δεύτερο μέρος έγινε ανάλυση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της μεθόδου και εξετάστηκε κατά πόσο οι παρεκκλίσεις των τιμών του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας και της ενδοφθάλμιας πίεσης, που υπολογίστηκαν πειραματικά, αντιστοιχούν με τις πραγματικές.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε από τον Friedenwald ήταν το τονόμετρο του Schiøtz ελαφρά διαφοροποιημένο στο βάρος. Το τονόμετρο, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το βάρος του εμβόλου, ζύγιζε 13 γραμμάρια σε αντίθεση με το πρωτότυπο τονόμετρο του Schiøtz το οποίο είχε βάρος 12. Ο Schiøtz προγενέστερα είχε κάνει μια πειραματική προσέγγιση πάνω στο θέμα. Κατ' επέκταση λοιπόν έγινε μετατροπή των αποτελεσμάτων του Schiøtz και δημιουργήθηκε ένα νέο διάγραμμα. Ωστόσο σε κάποιες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν και τα 2 όργανα, όπου παρατηρήθηκε απόλυτη ταύτιση των αποτελεσμάτων .



Σχήμα 18. Το νομόγραμμα του Friedenwald

Στις μετρήσεις ο ασθενής ήταν ξαπλωμένος και μετά από την ενστάλαξη διαλύματος αναισθητικού πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις σε κάθε μάτι για κάθε βάρος ξεχωριστά. Ως ένδειξη για κάθε βάρος θεωρήθηκε ο μέσος όρος των ζευγών που συλλέχθηκαν.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνάς του όσον αφορά τη συσχέτιση του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας με τους ακόλουθους παράγοντες:

-ηλικία, όπου βρέθηκε θετική συσχέτιση της ηλικίας με την οφθαλμική ευενδοτότητα, μια και με την αύξηση της ηλικίας ο σκληρός γίνεται πιο δύσκαμπτος.

-αξονική διάθλαση, όπου βρέθηκε ότι οι τιμές του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας είναι μεγαλύτερες στα υπερμετρωπικά μάτια από ότι στα εμμετρωπικά και από ότι στα μυωπικά, δηλαδή τα μυωπικά μάτια είναι λιγότερο διασταλτά.

-καμπυλότητα κερατοειδούς, όπου δε διαπιστώθηκε σχέση μεταξύ συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας και αστιγματισμού ενώ βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας και ακτίνας καμπυλότητας, συνεπώς οι οφθαλμοί με μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας έχουν χαμηλό συντελεστή.

Μετά την παρουσίαση της έρευνας του Friedenwald αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τον υπολογισμό και τις κλινικές εφαρμογές της οφθαλμικής ακαμψίας.^{52,53,54,55}

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της εξίσωσης του Friedenwald's είναι ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε οφθαλμούς μετά από εξόρυξη. Επιπρόσθετα, όταν η εξίσωση του Friedenwald's χρησιμοποιείται για κλινικές εφαρμογές, ο υπολογισμός του συντελεστή της οφθαλμικής ακαμψίας γίνεται έμμεσα με βάση την ένδειξη δύο μετρήσεων της ενδοφθάλμιας πίεσης, με την χρησιμοποίηση τονομέτρων επιπέδωσης.

Άλλοι ερευνητές πραγματοποίησαν άμεσες μανομετρικές μετρήσεις υπολογισμού της ελαστικότητας του οφθαλμού. Η εξαγωγή των νέων εξισώσεων έγινε με βάση την εξίσωση του Friedenwald. Σε αντίθεση με τον Friedenwald ,ο οποίος υποστήριζε ότι η τιμή του K (συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας) είναι σταθερή, από τις νέες μελέτες προέκυψε ότι το K είναι κυμαινόμενο και συγκεκριμένα μειώνεται όσο αυξάνεται η ενδοφθάλμια πίεση. Βρήκαν δηλαδή ότι η ευενδοτότητα του οφθαλμού αυξάνει αυξανόμενης της ενδοφθάλμιας πίεσης και ανέπτυξαν εναλλακτικές εξισώσεις για την περιγραφή αυτής της μεταβλητής σε σχέση με την ενδοφθάλμια πίεση.^{51,56,57,58,59} Παρόλο που αυτές οι εξισώσεις είναι πιο ακριβείς στον

προσδιορισμό του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας, έχουν το μειονέκτημα ότι είναι πολύ περίπλοκες και παρουσιάζουν δυσκολίες στην εφαρμογή τους στην κλινική πράξη.

Τελευταία το ερευνητικό ενδιαφέρον για την οφθαλμική ελαστικότητα έχει αναθερμανθεί διότι υπάρχουν ερευνητικές ενδείξεις ότι η οφθαλμική ελαστικότητα σχετίζεται με κλινικές εφαρμογές, όπως η παθολογική μυωπία (μεταβολές στις ελαστικές μηχανικές ιδιότητες του σκληρού), το γλαύκωμα, η διαθλαστική χειρουργική, μεταβολές στις αιμοδυναμικές ιδιότητες (ocular blood flow) του οφθαλμού και διάφορες σχετιζόμενες παθολογικές καταστάσεις.^{54,55,60,61}

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

6.1. Σκοπός της εργασίας

Το σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης, όπως αναφέρθηκε, χαρακτηρίζεται από την συστηματική παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στο σώμα σε ιστούς όπως το μυοκάρδιο, στο ενδοθήλιο των μεγάλων αγγείων, στο δέρμα και στον συνδετικό ιστό. Επίσης, εναποτίθεται σε διάφορες θέσεις στον οφθαλμικό κόγχο όπως στην πρόσθια επιφάνεια του κρυσταλλοειδή φακού, στο κορικό χείλος, στη γωνία του προσθίου θαλάμου και στο γωνιακό δικτυωτό.

Η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στους ιστούς μπορεί να επηρεάσει τις μηχανικές και ελαστικές ιδιότητές τους. Δεδομένης της σχέσης μεταξύ οφθαλμικής ακαμψίας και γλαυκώματος, ενδεχόμενη μεταβολή στην οφθαλμική ακαμψία λόγω αποφολίδωσης θα μπορούσε να επηρεάσει την παθοφυσιολογία του ψευδοαποφολιδωτικού γλαυκώματος. Επομένως θα ήταν σκόπιμη η μελέτη των χαρακτηριστικών ακαμψίας σε αποφολιδωτικούς οφθαλμούς με ή χωρίς γλαύκωμα.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μέτρηση του μεγέθους αυτού χρησιμοποιώντας ως μέτρο –δείκτη τη διαφορά μεταξύ μετρήσεων των τονομέτρων Goldmann και Pascal. Η τελευταία έχει στο παρελθόν χρησιμοποιηθεί και σε άλλες παρατηρήσεις σχετιζόμενες με την οφθαλμική ακαμψία.

6.2. Μεθοδολογία

6.2.1. Συμμετέχοντες

Στην προοπτική μελέτη έλαβαν μέρος 38 ασθενείς με αποφολίδωση και στους δύο οφθαλμούς (PEX Group, PG) και 19 ασθενείς χωρίς αποφολίδωση σε κανένα οφθαλμό (Control Group, CG). Η επιλογή τους έγινε από το

Οφθαλμολογικό Τμήμα του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Ηρακλείου. Όλοι οι ασθενείς που συμπεριλήφθηκαν είναι Καυκάσιοι. Όλοι υπέγραψαν ένα γραπτό ενημερωτικό έντυπο συγκατάθεσης σύμφωνα με τις αρχές της Διακήρυξης του Ελσίνκι.

Η διάγνωση της αποφολίδωσης βασίστηκε σε γωνιοσκοπία στη σχισμοειδή λυχνία και βιομικροσκοπία που πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά από μυδρίαση⁶² σε όλους τους ασθενείς για να γίνει η κατάταξή τους στα δύο group. Σκοπός της γωνιοσκοπίας ήταν να ανιχνεύσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στοιχεία που σχετίζονται με την ψευδοαποφολίδωση όπως η υπέρχρωση του ηθμού με ετερόκλητη κατανομή της χρωστικής, κυρίως στην κάτω περιοχή του, καθώς και την ύπαρξη κτενοειδούς ταινίας χρωστικής επί ή προσθίως της γραμμής Schwalbe (γραμμή Sampaolesi).¹² Η απουσία ή παρουσία αποφολίδωσης εξετάστηκε χωριστά από δύο πεπειραμένους και ανεξάρτητους εξεταστές και συμπεριλήφθηκαν μόνο οι ασθενείς για τους οποίους υπήρχε συμφωνία από τους δύο εξεταστές όσον αφορά την παρουσία ή απουσία αποφολίδωσης.

Στην ομάδα των αποφολιδωτικών (PG) συμπεριλήφθηκαν 38 οφθαλμοί από 38 ασθενείς, ηλικίας (51-86) ετών, από τους οποίους οι 17 ήταν άνδρες και οι 21 γυναίκες. Το control group (CG) το αποτέλεσαν 19 οφθαλμοί 19 ασθενών, ηλικίας (49-80) ετών, από τους οποίους οι 8 ήταν άνδρες και οι 11 γυναίκες.

Ομάδα	Οφθαλμοί	Ηλικία(έτη)	Ηλικία (μ.ο±sd)	Άνδρες	%Άνδρες	Γυναίκες	%Γυναίκες
PG	38	51-86	70.3±6.7	17	44.73	21	55.27
CG	19	49-80	68.7±7.5	8	42.10	11	57.90

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των δύο ομάδων όσον αφορά τον αριθμό συμμετεχόντων, την ηλικία και το φύλο τους.

6.2.2. Κριτήρια αποκλεισμού

Από τη μελέτη αποκλείστηκαν ασθενείς που στο ιστορικό τους υπήρχε:

- τραυματισμός
- φλεγμονή

-οφθαλμικό χειρουργείο

-χρήση αντιγλαυκωματικών φαρμάκων

Οφθαλμοί με ιστορικό τραυματισμού, φλεγμονής ή οφθαλμικού χειρουργείου (συμπεριλαμβανομένου καταρράκτη ή διαθλαστικής χειρουργικής) σε έναν από τους δύο οφθαλμούς αποκλείστηκαν από τη μελέτη, με το σκεπτικό ότι η διαδικασία επούλωσης και ο ψευδοφακός ή η αφακία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις. Επίσης δεν συμπεριλήφθηκαν ασθενείς που λαμβάνουν αντιγλαυκωματική αγωγή για να αποκλειστεί τυχόν επιρροή των φαρμάκων στις μετρήσεις με GAT και DCT. Από κάθε ομάδα συμπεριλήφθηκε μόνο ο δεξιός οφθαλμός.

6.2.3. Διαδικασία εξέτασης - Όργανα μέτρησης

Όλοι οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε μια περιεκτική κλινική οφθαλμολογική εξέταση. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν περιλαμβάνουν:

-**GAT-ΕΟΠ** (mmHg)

-**DCT-ΕΟΠ** (mmHg)

-κεντρικό πάχος κερατοειδούς **CCT** (μm)

-αξονικό μήκος **AL** (mm).

Αρχικά μετρήθηκε η **DCT-ΕΟΠ** με τη χρήση DCT (SMT Swiss Microtechnology AG, Port, Switzerland), αμέσως μετά την ενστάλαξη κολλυρίου προπακαΐνης στους εξεταζόμενους οφθαλμούς. Ο λόγος που η DCT-IOP μετρήθηκε πρώτη από την GAT-IOP είναι για να αποφευχθούν τυχόν επιδράσεις στον κερατοειδή από την επιπέδωση. Λήφθηκαν τρία αποτελέσματα καλής ποιότητας, σύμφωνα με τον δείκτη Q του μηχανήματος (αποτελέσματα με δείκτη Q1, Q2, Q3 θεωρούνται αξιόπιστα σύμφωνα με τον κατασκευαστή) και καταγράφηκε ο μέσος όρος τους για κάθε ασθενή.

Μετάπειτα, και αφού πέρασαν τουλάχιστον 10 λεπτά, μετρήθηκε η **GAT-ΕΟΠ** (μετά την εφαρμογή μιας λωρίδας φλουορεσεΐνης στο κάτω κόλπωμα του επιπεφυκότα).

Η διαφορά μεταξύ DCT-ΕΟΠ και GAT-ΕΟΠ καταγράφηκε και αυτή (**dIOP**).

Η εξέταση του **CCT** και **AL** πραγματοποιήθηκε τελευταία με το Alcon OcuScan® RxP Ophthalmic Ultrasound System. Χρησιμοποιήθηκε καθετήρας 20Mhz για παχυμετρία, με ανάλυση ± 1 μm και ακρίβεια ± 5 μm. Για τη

βιομετρία χρησιμοποιήθηκε καθετήρας 10Mhz, με ανάλυση $\pm 0.1\text{mm}$ και θεωρητική ακρίβεια $\pm 0.05\text{mm}$, σύμφωνα με τον κατασκευαστή (Alcon laboratories, Alcon, Irvine, CA, USA). Τόσο για το CCT όσο και για το AL λήφθηκαν 10 διαδοχικές μετρήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

Όλες οι οφθαλμολογικές κλινικές εξετάσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο έμπειρο εξεταστή, που δεν γνώριζε σε ποια από τις δύο ομάδες ανήκε ο ασθενής.

6.2.4. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με SPSS 16 (SPSS, Chicago, IL) και ως στατιστική σημαντικότητα τέθηκε το 0.05. Το independent samples t-test χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστούν οι διαφορές μεταξύ PG και CG στα GAT, DCT, dIOP, ηλικίας, CCT και AL. Οι διαφορές φύλου μεταξύ PG και CG υπολογίστηκαν με το Pearson's Chi square test. Η συσχέτιση μεταξύ GAT, DCT και dIOP και CCT, AL και ηλικίας και στις δύο ομάδες έγινε με τη χρήση του Pearson's bivariate correlation coefficient.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

7.1. Αποτελέσματα

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των δύο ομάδων, με τη χρήση του independent samples t-test βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους στην ηλικία. Επίσης με το Pearson' s Chi square test βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο φύλο στις δύο ομάδες.

7.1.1. GAT-ΕΟΠ και DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες

Με το independent samples t-test βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρούμενες GAT-ΕΟΠ και DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

Ομάδα	CG		PG		p
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
GAT-ΕΟΠ(mmHg)	15,47	3,76	14,87	3,38	0,82
DCT-ΕΟΠ(mmHg)	17,57	4,17	18,58	4,69	0,23

Πίνακας 3. Σύγκριση μεταξύ GAT-ΕΟΠ και DCT_ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.2. Αξονικό μήκος στις δύο ομάδες

Με το independent samples t-test βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μετρούμενο αξονικό μήκος στις δύο ομάδες.

Ομάδα	CG		PG		p
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
AL (mm)	22,78	0,64	23,13	1,02	0,17

Πίνακας 4. Σύγκριση του αξονικού μήκους στις δύο ομάδες.

7.1.3. Κεντρικό πάχος κερατοειδούς στις δύο ομάδες

Με το independent samples t-test βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο μετρούμενο κεντρικό πάχος κερατοειδούς στις δύο ομάδες.

Ομάδα	CG		PG		p
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
CCT (μm)	540,47	38,11	520,32	34,83	0,051

Πίνακας 5. Σύγκριση του κεντρικού πάχους κερατοειδούς στις δύο ομάδες.

7.1.4. Διαφορά μεταξύ της ΕΟΠ μετρούμενη με τις δύο μεθόδους στις δύο ομάδες

Με το independent samples t-test βρέθηκε ότι **υπάρχει** στατιστικά σημαντική διαφορά στην dIOP μετρούμενη με τις δύο μεθόδους στις δύο ομάδες.

Ομάδα	CG		PG		p
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation	
dIOP (mmHg)	2,09	1,83	3,70	2,64	0,02

Πίνακας 6. Σύγκριση μεταξύ ΕΟΠ μετρούμενη με GAT και DCT στις δύο ομάδες.

7.1.5. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της GAT-ΕΟΠ

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της GAT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.6. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της DCT-ΕΟΠ

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.7. Συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της dIOP

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας των ασθενών και της dIOP στις δύο ομάδες.

7.1.8. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της GAT-ΕΟΠ

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της GAT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.9. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της DCT-ΕΟΠ

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.10. Συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της dIOP

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κεντρικού πάχους κερατοειδούς και της dIOP στις δύο ομάδες.

7.1.11. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της GAT-ΕΟΠ

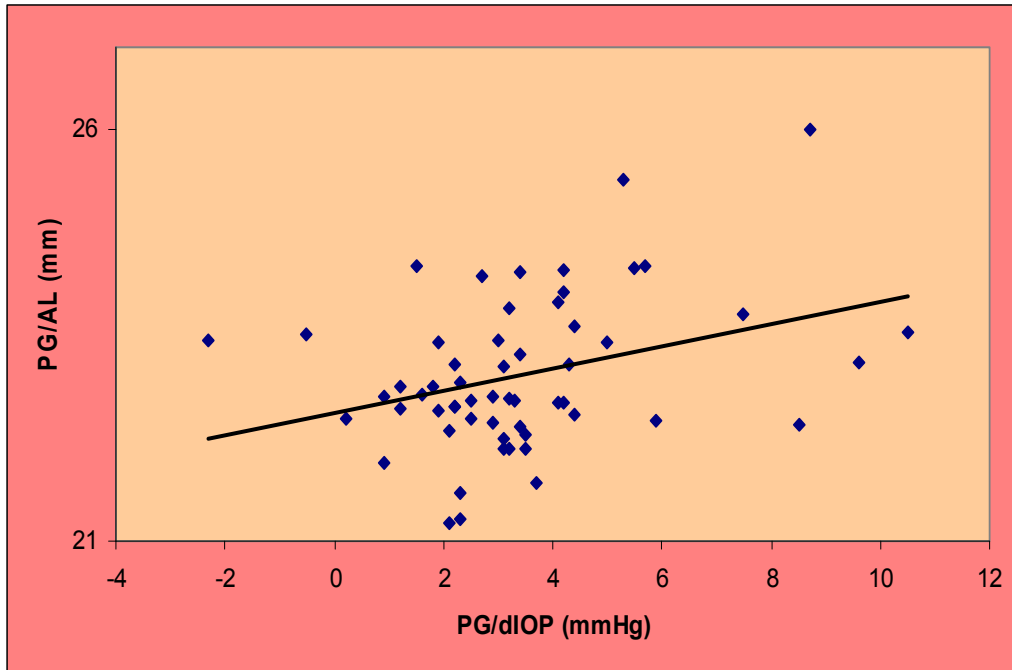
Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της GAT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

7.1.12. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της DCT-ΕΟΠ

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της DCT-ΕΟΠ στις δύο ομάδες.

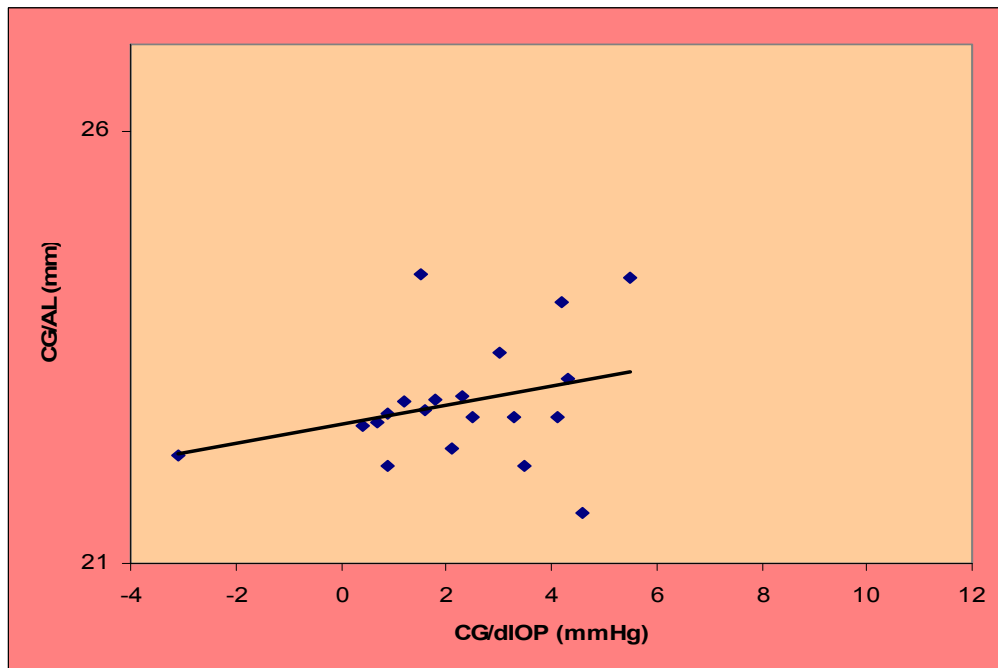
7.1.13. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της dIOP

Με το Pearson's bivariate correlation coefficient βρέθηκε ότι **υπάρχει** στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της dIOP στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς (PG) ($r=0.334$ $p=0.041$) αλλά όχι στους μη αποφολιδωτικούς (CG) ($r=0.29$ $p=0.20$).



r=0.33 **p=0.04**

Διάγραμμα 1. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της dIOP στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς και τιμές του συντελεστή Pearson και του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας αντίστοιχα.



r=0.29 **p=0.20**

Διάγραμμα 2. Συσχέτιση μεταξύ του αξονικού μήκους και της dIOP στους μη αποφολιδωτικούς οφθαλμούς και τιμές του συντελεστή Pearson και του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας αντίστοιχα

Συσχέτιση (PG)

		GAT-IOP	DCT_IOP	dIOP
AGE	Pearson Correlation	-,270	-,259	,058
	Sig. (2-tailed)	,097	,122	,735
	N	38	38	38
CCT	Pearson Correlation	,030	-,032	-,095
	Sig. (2-tailed)	,861	,853	,575
	N	38	38	38
AL	Pearson Correlation	-,367	-,274	,334*
	Sig. (2-tailed)	,123	,186	,041
	N	38	38	38

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας7. Συσχέτιση μεταξύ ηλικίας (AGE), CCT, AL και GAT-ΕΟΠ, DCT-ΕΟΠ, dIOP στους PG

Pearson Correlation: συντελεστής συσχέτισης Pearson

Sig. (2-tailed): επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας

N: αριθμός αποφολιδωτικών οφθαλμών

Συσχέτιση (CG)				
		GAT-IOP	DCT-IOP	dIOP
AGE	Pearson Correlation	-,200	-,174	,193
	Sig. (2-tailed)	,398	,463	,415
	N	19	19	19
CCT	Pearson Correlation	-,115	-,155	-,243
	Sig. (2-tailed)	,628	,513	,302
	N	19	19	19
AL	Pearson Correlation	-,250	-,327	,291
	Sig. (2-tailed)	,145	,159	,204
	N	19	19	19

Πίνακας 8. Συσχέτιση μεταξύ ηλικίας (AGE), CCT, AL και GAT-ΕΟΠ, DCT-ΕΟΠ, dIOP στους CG

Pearson Correlation: συντελεστής συσχέτισης Pearson

Sig. (2-tailed): επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας

N: αριθμός μη αποφολιδωτικών οφθαλμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

8.1. Συζήτηση

Το ψευδοαποφολιδωτικό σύνδρομο είναι μια συχνή ηλικιακή πάθηση που χαρακτηρίζεται από πιθανή διαταραχή στη σύνθεση της βασικής μεμβράνης που έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή και εναπόθεση λευκωπού ινίδιο-κοκκιωματώδους υλικού σε πολλούς ενδο- και έξω- οφθαλμικούς ιστούς. Συνδέεται μεταξύ άλλων, με αυξημένη συχνότητα γλαυκώματος. Αφορά το πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού, ωστόσο αποφολιδωτικό υλικό έχει αναφερθεί ότι υπάρχει επίσης σε οφθαλμικά αγγεία καθώς και σε ιστούς του κόγχου. Το γεγονός αυτό μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στην ελαστικότητα των δομών του οφθαλμού.

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο να μελετήσει διαφορές μεταξύ μετρήσεων της ΕΟΠ με GAT και DCT σε αποφολιδωτικούς και μη οφθαλμούς και τη σχέση τους με το κεντρικό πάχος κερατοειδούς και το αξονικό μήκος. Από τα αποτελέσματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης προκαλεί διαφορές μεταξύ των μετρήσεων με GAT και DCT. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με μεταβολές στις βιο-μηχανικές ιδιότητες των οφθαλμικών τοιχωμάτων.

Αν και το GAT παραμένει το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο τονόμετρο, υπάρχουν αρκετές αμφιβολίες για το κατά πόσο μετράει πάντα την πραγματική πίεση ή τα χαρακτηριστικά του κερατοειδούς και του σκληρού μεταβάλλουν τις μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Το γεγονός ότι σε διάφορες μελέτες ασθενείς με οφθαλμική υπέρταση είχαν υψηλό κεντρικό πάχος κερατοειδούς (CCT) οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το GAT υπερεκτιμά την ΕΟΠ σε οφθαλμούς με παχείς κερατοειδείς.^{63,64} Επίσης στην ocular hypertension treatment study το χαμηλό CCT ήταν ένας παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη γλαυκώματος.⁶⁵

Το DCT είναι ένα τονόμετρο μη επιπέδωσης, που χρησιμεύει στο να μετράει την ΕΟΠ ανεξάρτητα από τις δομικές ιδιότητες του κερατοειδή. Διαθέτει μια κοίλη κεφαλή που προσαρμόζεται ανάλογα με το περίγραμμα και αντικατοπτρίζει την επιφάνεια του περιγράμματος ενός κερατοειδή χωρίς

τάση, όπου οι έσω- και έξω- οφθαλμικές πιέσεις είναι ίσες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες όπου οι δυνάμεις εξισορροπούνται, ο αισθητήρας πίεσης που είναι ενσωματωμένος στην επιφάνεια επαφής μετράει την ΕΟΠ. Μια και στις συνθήκες αυτές η επιπέδωση, αν υπάρχει, είναι μηδαμινή, οι μετρήσεις δεν επηρεάζονται από τις ιδιότητες του κερατοειδή. Σε μελέτες που έγιναν σε πτωματικούς ανθρώπινους οφθαλμούς, οι ΕΟΠ που μετρήθηκαν με DCT, συγκρινόμενες με αυτές που μετρήθηκαν με GAT, πλησίαζαν σημαντικά τις πιέσεις που λήφθηκαν με μανομετρικές μεθόδους.⁶⁶ Άλλη μια μελέτη που αποδεικνύει ότι το DCT εξαρτάται λιγότερο από τις ιδιότητες του κερατοειδούς, έγινε σε οφθαλμούς με laser in situ keratomileusis (LASIK). Η ΕΟΠ που μετρήθηκε με το GAT πριν και μετά τη LASIK είχε στατιστικά σημαντική διαφορά, σε αντίθεση με την ΕΟΠ με το DCT, που προ- και μετεγχειρητικά ήταν σχεδόν η ίδια.⁶⁷

Στην μελέτη που πραγματοποιήθηκε αρχικά μετρήθηκε η GAT-ΕΟΠ και μετά η DCT-ΕΟΠ. Ο λόγος ήταν ότι το τονόμετρο επιπέδωσης έχει μία μαλακτική δράση στο υδατοειδές υγρό,⁶⁸ που μπορεί να προκαλέσει μεταβολές. Η μέτρηση με το DCT έγινε μετά από τουλάχιστον δέκα λεπτά, έτσι ώστε η όποια δράση της επιπέδωσης να έχει εξαληφθεί.

Τόσο στους CG όσο και στους PG η ΕΟΠ βρέθηκε αυξημένη μετρούμενη με το DCT σε σχέση με την ΕΟΠ μετρούμενη με το GAT με μέση τιμή 2.09 mmHg στους CG και 3.70 mmHg στους PG. Το γεγονός αυτό είναι σε συμφωνία με προγενέστερες μελέτες, όπως για παράδειγμα:

-στη Latino Eye Study η DCT-ΕΟΠ βρέθηκε κατά 1,7 mmHg (μέση τιμή) υψηλότερη σε σχέση με την GAT-ΕΟΠ.²⁵

-οι Kniestedt και συνεργάτες μετρώντας την ΕΟΠ με DCT, GAT και μανομετρικά σε πτωματικούς οφθαλμούς βρήκαν ότι οι GAT-ΕΟΠ ήταν κατά 4mmHg υψηλότερες σε σχέση με τις πραγματικές ενώ οι DCT-ΕΟΠ συνέπιπταν με τις πραγματικές.⁶⁹

-σε άλλες κλινικές μελέτες η διαφορά αυτή βρέθηκε 2.3, 1.7 και 1.0 mmHg.^{70,71,72}

-μελέτες στις οποίες η GAT-ΕΟΠ βρέθηκε 1,2 έως 2.0 mmHg χαμηλότερη σε σχέση με αυτήν που μετρήθηκε μανομετρικά in vivo.^{73,74}

Η διαφορά στην ΕΟΠ μετρούμενη με διαφορετικές τονομετρικές μεθόδους έχει και στο παρελθόν χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της βιο-μηχανικής συμπεριφοράς του οφθαλμού και έχει συσχετισθεί με την οφθαλμική ακαμψία:

-οι Δετοράκης και συνεργάτες στο *Applanation Tonometry versus Dynamic Contour Tonometry in eyes treated with latanoprost* βρήκαν ότι η dIOP σε χρήστες λατανοπρόστης ως μονοθεραπεία ήταν αυξημένη, με συμπέρασμα ότι η λατανοπρόστη πιθανόν να επηρεάζει τις βιο-μηχανικές ιδιότητες των οφθαλμικών τοιχωμάτων.⁶⁸

-Οι Vasconcelos de Moraes και συνεργάτες σε μελέτη που έγινε σε υπό αγωγή γλαυκωματικούς οφθαλμούς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ημερήσια μεταβολή της ΕΟΠ με χρήση GAT είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το DCT, κι αυτό πιθανόν να αποδίδεται στις βιομηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού.⁷⁵

-σε άλλη μελέτη βρέθηκε ότι το DCT παρέχει μετρήσεις της ΕΟΠ που εξαρτώνται λιγότερο από κερατοειδικούς παράγοντες σε σχέση με το GAT.⁷⁶

Οι δύο ομάδες PG και CG δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους όσον αφορά την ηλικία και το φύλο. Επίσης στο ιστορικό τους δεν υπήρχαν παράγοντες όπως το γλαύκωμα, η λήψη αντιγλαυκωματικής αγωγής, οφθαλμική φλεγμονή, οφθαλμικό τραύμα ή χειρουργείο που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οφθαλμική ακαμψία. Συνεπώς η υψηλότερη dIOP στους PG δεν μπορεί παρά να αποδοθεί σε μεταβολή της οφθαλμικής ακαμψίας.

Πολλές μελέτες αναφέρουν μια γενικευμένη διαταραχή της οφθαλμικής και οπισθοβολβικής αιμάτωσης σε ασθενείς με αποφολίδωση, γλαυκωματικούς και μη.⁷⁷

Όσον αφορά την ίριδα, έχει αποδειχτεί ότι υπάρχει σημαντική αγγειοπάθεια με στένωση των αγγείων, υπο-αιμάτωση, διαταραχή του αιματο-υδατοειδικού φραγμού και υποξία προσθίου θαλάμου. Επίσης υπάρχει απώλεια της φυσιολογικής ακτινωτής αγγείωσης της ίριδας και νεοαγγείωση. Η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στα τοιχώματα των αγγείων και η ανάπτυξη γύρω από την κόρη ανωμαλιών κατά τη διαφανοσκόπηση αποδείχτηκε ότι οφείλονται σε ισχαιμία.^{78,79,80}

Επίσης υπάρχει μείωση της οφθαλμικής παλμικής αιματικής ροής⁸⁰ και σημαντικά μειωμένη ταχύτητα αιματικής ροής, καθώς και αυξημένοι δείκτες αντίστασης στην οφθαλμική αρτηρία, την κεντρική αρτηρία

αμφιβληστροειδούς και τις οπίσθιες βραχείες ακτινοειδείς αρτηρίες.⁷⁷ Σε γλαυκωματικούς ασθενείς με σύνδρομο ψευδοαποφολιδωσης η αιματική ροή στη lamina cribrosa και τον νευροαμφιβληστροειδικό δακτύλιο βρέθηκε ότι μειώνονται καθώς προχωρεί η γλαυκωματική βλάβη⁸¹ και επίσης βρέθηκε αυξημένο ποσοστό αιμορραγιών στο δίσκο και απόφραξης της κεντρικής φλέβας αμφιβληστροειδούς.⁸²

Η μορφολογική συσχέτιση των παθοφυσιολογικών αυτών ευρημάτων είναι η συσσώρευση αποφολιδωτικού υλικού γύρω από τα αγγεία καθώς και οι ελαστοτικές αλλοιώσεις στα τοιχώματα των αγγείων. Οι συσσωρεύσεις και αλλοιώσεις αυτές έχουν αποδειχτεί με τη χρήση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας και έγχρωμης Doppler απεικόνισης στα τοιχώματα των αγγείων της ίριδας, των υδάτινων φλεβών, των ακτινοειδών αρτηριών και της κεντρικής αμφιβληστροειδικής φλέβας.^{83,84,85}

Συνεπώς η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού και οι αλλοιώσεις στα τοιχώματα των αγγείων αυτών θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ελαστικότητά τους και τη συνεισφορά του χοριοειδούς στην οφθαλμική ακαμψία.

Ένας άλλος πιθανός μηχανισμός που μπορεί να δικαιολογήσει τη διαφορά στην dIOP των δύο ομάδων αφορά τη lamina cribrosa.⁸⁶ Αν και δεν έχει αποδειχτεί παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στο σημείο αυτό, ωστόσο οι Netland και συνεργάτες απέδειξαν την παρουσία αθροισμάτων ελαστικής ανώμαλης και ποικίλης μορφής (ελάστωση) στην lamina cribrosa που είναι μεγαλύτερη σε οφθαλμούς με αποφολιδωση σε σύγκριση με οφθαλμούς με γλαύκωμα ανοικτής γωνίας. Αυτό αποδεικνύει μια ανώμαλη ρύθμιση στη σύνθεση και την αποδομή της ελαστίνης και οι μεταβολές αυτές του συνδετικού ιστού στη lamina cribrosa θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οφθαλμική ακαμψία.

Εξάλλου, αποφολιδωτικό υλικό, έχει βρεθεί ότι υπάρχει σε ιστούς του κόγχου όπως οι κάθετοι και λοξοί μύες, στον συνδετικό ιστό του κόγχου και στις περιδίνητες φλέβες.^{87,88} Το γεγονός αυτό μπορεί να επηρεάσει και να μεταβάλει τις ελαστικές ιδιότητες των περιοφθάλμιων ιστών, μεταβάλλοντας και τις βιο-μηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού.

Τόσο η σημαντική συσχέτιση μεταξύ αξονικού μήκους και dIOP στους αποφολιδωτικούς όσο και η απουσία σημαντικής συσχέτισης μεταξύ dIOP και CCT:

- συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες σε οφθαλμούς υπό αγωγή με λατανοπρόστη,⁶⁸ όπου βρέθηκε ότι η dIOP είναι σημαντικά υψηλότερη σε χρήστες λατανοπρόστης

- αποδεικνύουν ότι η dIOP αντικατοπτρίζει μεταβολές προκαλούμενες από το σύνδρομο αποφολίδωσης σε ολόκληρο τον οφθαλμό, συμπεριλαμβανομένου του σκληρού, και όχι μόνο μεταβολές στις βιομηχανικές ιδιότητες του κερατοειδή

- συνηγορούν με το γεγονός ότι το σύνδρομο αποφολίδωσης δεν επηρεάζει το στρώμα του κερατοειδή αλλά κυρίως το ενδοθήλιο, και συνεπώς οι ελαστικές ιδιότητες του κερατοειδή δεν μεταβάλλονται. Η αποφολιδωτική κερατοπάθεια χαρακτηρίζεται από μεταβολές στο ενδοθήλιο του κερατοειδή που παρουσιάζει μειωμένα σε αριθμό κύτταρα, πλειόμορφα και μορφολογικά αλλαγμένα, που φαγοκυτώνουν μεγάλες ποσότητες κοκκίων μελανίνης που απελευθερώνεται από το μελαχρωστικό επιθήλιο της ίριδας.^{89,90,91} Το πάσχον ενδοθήλιο συνθέτει μια μη φυσιολογική εξωκυττάρια ουσία, που οδηγεί σε διάχυτη και ανώμαλη πάχυνση της μεμβράνης του Descemet από τη μία και σε εστιακές συσσωρεύσεις αποφολιδωτικού υλικού από την άλλη. Σε μελέτες ωστόσο που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου στο στρώμα του κερατοειδή δεν βρέθηκαν εναποθέσεις αποφολιδωτικού υλικού στο στρώμα.^{89,90,91,92}

Το γεγονός ότι το κεντρικό πάχος κερατοειδή βρέθηκε μειωμένο στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς (CCT=520,32μm) σε σχέση με τους φυσιολογικούς οφθαλμούς (CCT=540,47μm), αν και η διαφορά τους οριακά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p=0,051$), είναι σύμφωνη με προηγούμενες μελέτες που καταγράφουν μικρότερο πάχος κερατοειδούς σε αποφολιδωτικούς οφθαλμούς.^{89,92,93,94,95,96} Πιθανόν να σχετίζεται με τη μειωμένη πυκνότητα ενδοθηλιακών κυττάρων που παρατηρείται στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς.⁹³ Η Ocular Hypertension Treatment Study κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το μικρότερο πάχος κερατοειδή αποτελεί έναν ισχυρό προγνωστικό παράγοντα για την εξέλιξη του γλαυκώματος ανοικτής γωνίας, όπως μετρήθηκε από την εξέλιξη επαναλαμβανόμενων αλλοιώσεων

του οπτικού πεδίου και μεταβολές του οπτικού δίσκου σε ασθενείς με οφθαλμική υπέρταση. Ασθενείς με οφθαλμική υπέρταση και λεπτό κερατοειδή είχαν σημαντικά μεγαλύτερη πιθανότητα να αναπτύξουν γλαύκωμα, τέτοια ώστε μία μείωση στην τιμή του CCT κατά 40μm να αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης κατά 70%.^{97,65} Μεταγενέστερες μελέτες απέδειξαν ότι οι ασθενείς αυτοί πιθανόν να έχουν πρώιμες γλαυκωματικές λειτουργικές βλάβες.^{98,99}

8.2. Συμπεράσματα

Το σύνδρομο ψευδοαποφολίδωσης αποτελεί ένα κεφάλαιο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος τόσο στην οφθαλμολογία όσο και στην ιατρική γενικότερα, μια και αποτελεί συστηματική νόσο, με άγνωστες ακόμα πτυχές. Αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση γλαυκώματος, και όταν αυτό συμβεί οδηγεί σε επιθετικότερα γλαυκώματα.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την παρακολούθηση και θεραπεία του γλαυκώματος είναι η ενδοφθάλμια πίεση. Ο χρυσός κανόνας για την μέτρησή της παραμένει το τονόμετρο επιπέδωσης Goldmann, αν και έχει αποδειχτεί ότι επηρεάζεται από οφθαλμικές παραμέτρους, κυρίως σε μη φυσιολογικούς οφθαλμούς, σε αντίθεση με τονόμετρα μη επιπέδωσης, όπως το τονόμετρο Pascal.

Η παρούσα εργασία, μετρώντας την ενδοφθάλμια πίεση τόσο με τονόμετρο Goldmann όσο και με Pascal σε μη γλαυκωματικούς, αποφολιδωτικούς και μη οφθαλμούς, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις με τα δύο τονόμετρα. Συγκεκριμένα, η διαφορά στην τιμή της ΕΟΠ που συχνά παρουσιάζεται όταν η μέτρηση γίνεται και με τα δύο τονόμετρα, στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς είναι ακόμα μεγαλύτερη. Αυτό αποτελεί μια χρήσιμη παρατήρηση για τον εξεταστή που πραγματοποιεί τονομέτρηση σε αποφολιδωτικούς οφθαλμούς. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στις μεταβολές που επιφέρει η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στους διάφορους ιστούς του οφθαλμού, που οδηγεί σε μεταβολές των βιομηχανικών ιδιοτήτων των οφθαλμικών τοιχωμάτων και συνεπώς της οφθαλμικής ακαμψίας. Επίσης βρέθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ αξονικού

μήκους και dIOP στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς καθώς και απουσία σημαντικής συσχέτισης μεταξύ dIOP και κεντρικού πάχους κερατοειδούς.

Η συσχέτιση του συνδρόμου αποφολίδωσης με την οφθαλμική ακαμψία μπορεί να βρει εφαρμογές στην κλινική πράξη σε παθολογίες όπου εμπλέκεται η παρουσία αποφολιδωτικού υλικού, όπως το αποφολιδωτικό γλαύκωμα. Το αποφολιδωτικό γλαύκωμα έχει μια ύπουλη και συχνά μονόπλευρη τάση εμφάνισης, συχνά είναι αρκετά προχωρημένο όταν διαγιγνώσκεται, με σημαντικές αλλοιώσεις στο οπτικό πεδίο και οπτική νευροπάθεια. Παρά τη φαρμακευτική και χειρουργική θεραπεία, ένα σημαντικό ποσοστό των αποφολιδωτικών γλαυκωματικών οφθαλμών καταλήγει τελικά σε τύφλωση. Τα χαρακτηριστικά αυτά του αποφολιδωτικού γλαυκώματος αρχικά αποδόθηκαν στην παρουσία αποφολιδωτικού υλικού στον ηθμό καθώς και σε δυσλειτουργία του ενδοθηλίου του ηθμού.⁴ Η παρουσία μεταβολών στην οφθαλμική ακαμψία που αποδείχτηκε ότι συνοδεύει το σύνδρομο αποφολίδωσης πιθανόν να εμπλέκεται στην ανάπτυξη και εξέλιξη του αποφολιδωτικού γλαυκώματος. Περαιτέρω μελέτη των αιτίων μεταβολής της οφθαλμικής ακαμψίας καθώς και της συμμετοχής της στο αποφολιδωτικό γλαύκωμα θα ήταν χρήσιμη για τη διαλεύκανση και το χειρισμό αυτού του ιδιαίτερα επιθετικού τύπου γλαυκώματος.

Η οφθαλμική ακαμψία έχει ιδιαίτερη βαρύτητα σε διάφορες παθολογικές κλινικές καταστάσεις όπως η παθολογική μυωπία (με μεταβολές στις μηχανικές ιδιότητες του μυωπικού σκληρού), το γλαύκωμα, η διαθλαστική χειρουργική, μεταβολές στην οφθαλμική αιματική ροή και τις ανάλογες παθολογικές καταστάσεις,^{49,100,101,102} επηρεάζεται από την τοπική φαρμακευτική αγωγή⁶⁸ και η αύξησή της αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την ανάπτυξη ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς.^{103,104} Συνεπώς η μελέτη της πιθανής μεταβολής της στο αποφολιδωτικό σύνδρομο παρουσιάζει ενδιαφέρον και θα μπορούσε να ερευνηθεί και σε γλαυκωματικούς οφθαλμούς.

Η παρούσα εργασία δεν ασχολήθηκε με την έρευνα του μηχανισμού με τον οποίο η οφθαλμική ακαμψία μεταβάλλεται στους αποφολιδωτικούς οφθαλμούς και με τη βαρύτητα με την οποία οι μεταβολές της επηρεάζουν τις δύο μεθόδους τονομέτρησης, κάτι που μπορεί να αποτελέσει μελλοντικό ερευνητικό πεδίο. Επίσης συγκριτικές μετρήσεις με μονομετρικό

καθητηριασμό σε αποφολιδωτικούς οφθαλμούς μπορούν να συνεισφέρουν στον καθορισμό της εγκυρότερης μεθόδου τονομέτρησης στους οφθαλμούς αυτούς.

Η σημαντική συσχέτιση μεταξύ αξονικού μήκους και dIOP στους αποφολιδωτικούς καθώς και η απουσία σημαντικής συσχέτισης μεταξύ dIOP και κεντρικού πάχους κερατοειδούς ισχυροποιούν τα σύμφωνα αποτελέσματα προγενέστερων μελετών και συνηγορούν με την άποψη ότι το αποφολιδωτικό σύνδρομο δεν επηρεάζει το στρώμα του κερατοειδή.

Ως πιθανές αδυναμίες της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να αναφερθούν ο σχετικά μικρός αριθμός των συμμετεχόντων καθώς και ο μη τυχαιοποιημένος χαρακτήρας της. Επίσης ο αριθμός των αποφολιδωτικών οφθαλμών (38) ήταν αρκετά μεγαλύτερος σε σχέση με τους μη αποφολιδωτικούς (19). Στοιχεία που ενδυναμώνουν την αξία των αποτελεσμάτων της είναι το γεγονός ότι πρόκειται για προοπτική μελέτη καθώς και το γεγονός ότι οι μετρήσεις έγιναν χωρίς να γνωρίζει ο εξεταστής σε ποια ομάδα ανήκει ο εξεταζόμενος, κι αυτό παρέχει αμεροληψία. Τέλος, στη μελέτη δε λήφθηκε υπόψη το OPA, παράγοντας που θα προσφέρει ενδιαφέροντα αποτελέσματα σε πιθανή μελλοντική εργασία.

Τόσο το σύνδρομο αποφολίδωσης, όσο και η οφθαλμική ακαμψία αποτελούν πεδία ερευνητικού ενδιαφέροντος, με πλήθος δεδομένων προς διερεύνηση. Η πιθανή μεταξύ τους συσχέτιση μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των παθολογιών στις οποίες εμπλέκονται.

Βιβλιογραφία

1. Pons M, Garcia C, Eliassi-Rad B, (2008), Glaucoma, Pseudoexfoliation. *emedicine/medscape*, Upd.2008;Feb 25.
2. Spalton DJ, Hitchings RA, Hunter PA, (2005), *Atlas of Clinical Ophthalmology - Third Edition*. Elsevier Mosby, Spain.
3. Στάγκος Ν, (2002), *Κλινική Οφθαλμολογία*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
4. Kanski J, (2004), *Κλινική Οφθαλμολογία*. Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα.
5. Thorleifsson G. et al, (2007), Common sequents variants in the LOXL1 gene confer susceptibility to exfoliation glaucoma. *Science*, Vol.317;no. 5843;pp.1397 – 1400.
6. Κώνστας ΑΓΠ, Μικρόπουλος Δ, Ζιάκας Ν,Μπορμπορίδης Κ, Εμπελσίδης ΘΑ, Δημόπουλος, Αθ, Νάαρ ΜΜ, Αποφολιδωτικό Γλαύκωμα. *Εισήγηση 42^{ου} Πανελληνίου Οφθαλμολογικού Συνεδρίου; Μάιος 2009*. Ελληνική οφθαλμολογική εταιρία. Εντύπωση, 2009;79-84.
7. Vessani RM, Ritch R, Liebmann JM, Jofe M, (2003), Plasma homocysteine is elevated in patients with exfoliation syndrome. *American Journal of Ophthalmology*, 136(1):41-6.
8. Shrum KR, Hattenhauer MG, Hodge D, (2000), Cardiovascular and cerebrovascular mortality associated with ocular pseudoexfoliation. *American Journal of Ophthalmology*, 129(1):83-6.
9. Roedl JB, Bleich S, Reulbach U, Rejdak R, Kornhuber J, Kruse FE, et al, (2007), Homocysteine in tear fluid of patients with pseudoexfoliation glaucoma. *Journal of Glaucoma*, 16(2):234-9.
10. Θεοδοσιαδης Γ, (1996), *Επίτομη Οφθαλμολογία*. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα.
11. Yanoff M, (2004), *Επίτομη οφθαλμολογία διάγνωση-θεραπεία*. Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, Αθήνα.
12. Skuta GL, Cantor LB, Weiss JS, (2009), *Glaucoma 2009-2010 – section 10 - Basic and clinical science course*, American Academy of Ophthalmology, Singapore.

13. Kaufmann C, Bachmann L, Thiel M, (2004), Comparison of Dynamic Contour Tonometry with Goldmann Applanation Tonometry. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Sep;45(9):3118-21.
14. Dielemans I, Vingerling JR, Hofman A, Grobbee DE, de Jong PT, (1994), Reliability of intraocular pressure measurement with the Goldmann applanation tonometer in epidemiological studies. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 232:141–144.
15. Posner A, (1943), Standardization and checking of Schiottz tonometers. *Archives of Ophthalmology*, 30(1):1-13.
16. Grehn F, Stamper R, (2006), *Glaucoma*. Springer, Berlin Heidelberg.
17. Langham ME; McCarthy E, (1968), A rapid pneumatic applanation tonometer. Comparative findings and evaluation. *Archives of Ophthalmology*, Apr;79(4):389–399.
18. Boehm A, Weber A, Pillunat L, Koch R, Spoerl E, (2008), Dynamic Contour Tonometry in Comparison to Intracameral IOP Measurements, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 49:2472-2477.
19. Luce D, (2005), Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 31:156-162.
20. Weinreb RN, Brandt JD, Garway-Heath D, Medeiros FA, (2007), *Intraocular pressure*. Kugler Publications, The Hague, Netherlands.
21. Giaconi JA, Law SK, Caprioli J, (2010), *Pearls of Glaucoma Management*. Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg.
22. Goldman H, Schmidt TH, (1957), Uber Applanations-tonometrie. *Ophthalmologica*, 134: 221-242.
23. Doshi S, Harvey W, (2003), *Investigative techniques and ocular examination*. BH/Optician, Spain.
24. Yanoff M, Duker JS, (2009), *Ophthalmology*. Mosby Elsevier, China.
25. Francis B, Hsieh A, Lai MY, Chopra V, Pena F, Azen S, Varma R, (2007), Effects of Corneal Thickness, Corneal Curvature, and Intraocular Pressure Level on Goldmann Applanation Tonometry and Dynamic Contour Tonometry. *Ophthalmology*, Jan;114(1):20-6.
26. Whitacre MM, Stein R. (1993), Sources of error with use of Goldmann type tonometers. *Survey of Ophthalmology*, 38:1–30.

27. Gupta D, (2005), *Glaucoma diagnosis and management*. Lippincott williams & wilkins, Philadelphia.
28. Krachmer J, Mannis M, Holland E, *Cornea, volume 2*. Mosby, St Louis, 2004, p.233.
29. Kremer FB : A new instrument for clinical pachometry. In Schachar RA, Levy NS, Schachar L, editors : Keratorefractive society meeting on controversial aspects of radial keratotomy, Denison, TX 1980, LAL.
30. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, Keltner JL, Miller JP, Parrish RK 2nd, Wilson MR, Kass MA, (2002), The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of Ophthalmology*, 120:714-20; discussion 829-30.
31. Goldmann H, Schmidt T, (1957), Applanation tonometry [in German]. *Ophthalmologica*, 134:221– 42.
32. Argus W. Ocular, (1995), Hypertension and central corneal thickness, *Ophthalmology*, 102:1810 –2.
33. Orengo-Nania S, La Rosa F, Gross RL, Orengo-Nania S, (2001), Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. *Archives of Ophthalmology*, 119:23-7.
34. Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS, (2004), Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Archives of Ophthalmology*, 122:17–21.
35. Herndon LW, Allingham R, Choudhri SA, et al, (1997), Central corneal thickness in normal, glaucomatous, and ocular hypertensive eyes. *Archives of Ophthalmology*, 115:1137– 41.
36. Feltgen N, Leifert D, Funk J, (2001), Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings. *British Journal of Ophthalmology*, 85:85–7.
37. Sarkisian S, (2006), An Update on Tonometry, A look at new technology and at many of the commercially available devices for measuring IOP. *Glaucoma today*, 4(6),31–36.

38. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC, (2005), Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *Journal of Glaucoma*, 14:344 –50.
39. Vulsteke C, Stalmans I, Renier C, Zeyen T, Correlation between ocular pulse amplitude and visual field defects. *Belgian Ophthalmic Society Annual Meeting 2005*, abstr.172;session BOG-SBO: Glaucoma/ Glaucome.
40. Von Schulthess SR, Kaufmann C, Bachmann LM, et al, (2006), Ocular pulse amplitude after trabeculectomy. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 224:46-51.
41. Kaufmann C, Bachmann L, Thiel MA, (2003), Intraocular Pressure Measurements Using Dynamic Contour Tonometry after Laser In Situ Keratomileusis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44: 3790-3794.
42. Hommer A, Fuchsjaeger-Mayrl G, Resch H, Vass C, Garhofer G, Schmetterer L, (2008), Estimation of Ocular Rigidity Based on Measurement of Pulse Amplitude Using Pneumotonometry and Fundus Pulse Using Laser Interferometry in Glaucoma. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 49:4046-4050.
43. Sigal IA, Flanagan JG, Ethier CR, (2005), Factors influencing optic nerve head biomechanics. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46:4189– 4199.
44. Burgoyne CF, Downs JC, Bellezza AJ, Hart RT, (2004), Three-dimensional reconstruction of normal and early glaucoma monkey optic nerve head connective tissues. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45: 4388–4399.
45. Downs JC, Suh JK, Thomas KA, Bellezza AJ, Burgoyne CF, Hart RT, (2003), Viscoelastic characterization of peripapillary sclera: material properties by quadrant in rabbit and monkey eyes. *Journal of Biomechanical Engineering*, 125:124–131.
46. Spoerl E, Boehm AG, Pillunat LE, (2005), The influence of various substances on the biomechanical behavior of lamina cribrosa and peripapillary sclera. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46:1286– 1290.

47. Sigal IA, Flanagan JG, Tertinegg I, Ethier CR, (2004), Finite element modelling of optic nerve head biomechanics. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45:4378–4387.
48. Ethier CR, (2006), Scleral biomechanics and glaucoma—a connection?. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 41:9 –12.
49. Pallikaris I, Kymionis G, Ginis H, Kounis G, Tsilimbaris M, (2005), Ocular Rigidity in Living Human Eyes. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 46:409-414.
50. Friedenwald JS, (1937), Contribution to the theory and practice of tonometry. *American Journal of Ophthalmology*, 20:985.
51. Κυμιώνης Γ, (2006), Μελέτη των μεταβολών της ελαστικότητας του οφθαλμού σε ασθενείς με ηλικιακή εκφύλιση της ώχρας. *E-Locus - Ιδρυματικό καταθετήριο Πανεπιστημίου Κρήτης*, 03/01.
52. Weber W, (1887), Ocular rigidity measurements. *Archives of Ophthalmology*, 23(1):23
53. Ridley G, (1930), Experimental ocular rigidity evaluation. *British Journal of Experimental Medicine*, 22:217.
54. Kaiser-Kupfer MI, McCain L, Shapiro JR, et al, (1981), Low ocular rigidity in patients with osteogenesis imperfecta. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 120:807.
55. Drance SM, (1960), The coefficient of scleral rigidity in normal and glaucomatous eyes. *Archives of Ophthalmology*, 63:668.
56. Van der Werff TJ, Phil D, (1981), A new single parameter ocular rigidity function. *American Journal of Ophthalmology*, 92:391-395.
57. Eisenlohr JE, Langham ME, Maumenee AE, (1962), Manometric studies of the pressure-volume relationship in living and enucleated eyes of individual human subjects. *British Journal of Ophthalmology*, 46:536-548
58. Edmund C, (1988), Corneal elasticity and ocular rigidity. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 66:134-140.
59. Silver DM, Geyer O, (2000), Pressure-volume relation for the living eye, *Current Eye Research*, 20(2):115-120.
60. Johnson MW, Han DP, Hoffman KE, (1990), The effect of scleral buckling on ocular rigidity. *Ophthalmology*, 97:190.

61. Simone JN, Whitacre MM, (1990), The effect of intraocular gas and fluid volumes on intraocular pressure. *Ophthalmology*, 97:238.
62. Vesti E, Kivela T, (2000), Exfoliation syndrome and exfoliation glaucoma, *Progress in Retinal and Eye Research*, 19:345-368.
63. Herdener S, Pache M, Lautebach S, Funk J, (2006), Dynamic contour tonometry (DCT) versus Goldmann applanation tonometry (GAT) - a comparison of agreement and reproducibility. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245:1027-1030.
64. Brandt JD, (2004), Corneal thickness in glaucoma screening, diagnosis, and management. *Current Opinion in Ophthalmology*, 15:85–89.
65. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, Keltner JL, Miller JP, Parrish RK II, Wilson MR, Kass MA, (2002), The ocular hypertension treatment study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of Ophthalmology*, 120:714–720.
66. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL, (2005), Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 243:359–366
67. Mann C, Bachmann LM, Thiel MA, (2003), Intraocular pressure measurements using dynamic contour tonometry after laser in situ keratomileusis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44:3790–3794.
68. Detorakis ET, Arvanitaki V, Pallikaris IG, Kymionis G, Tsilimbaris MK, (2010), Applanation Tonometry Versus Dynamic Contour Tonometry in Eyes Treated With Latanoprost. *Journal of Glaucoma*, 19:3;194-198.
69. Kniestedt C, Nee M, Stamper RL, (2004), Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes. *Archives of Ophthalmology*, 122:1287–93.
70. Schneider E, Grehn F, (2006), Intraocular pressure measurement—comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *Journal of Glaucoma*, 15:2– 6.

71. Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA, (2004), Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45:3118–21.
72. Pache M, Wilmsmeyer S, Lautebach S, Funk J. (2005), Dynamic contour tonometry versus Goldmann applanation tonometry: a comparative study. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 243:763–7.
73. Feltgen N, Leifert D, Funk J. (2001), Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings. *British Journal of Ophthalmology*, 85:85–7.
74. Marx W, Madjlessi F, Reinhard T, Sundmacher R, et al, (1999), More than 4 years' experience with electronic intraocular needle tonometry [in German]. *Ophthalmologe*, 96:498–502.
75. Vasconcelos de Moraes CG, Castro Reis AS, Sano ME, Barreira AK, Vessani RM, Jr Susanna R. (2009), Intraocular pressure profile during the modified diurnal tension curve using Goldman applanation tonometry and dynamic contour. *Journal of ocular biology diseases and informatics*, Feb 24;2(1):29-32.
76. Erickson DH, Goodwin D, Rollins M, Belaustegui A, Anderson C. (2009), Comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry and their relationship to corneal properties, refractive error, and ocular pulse amplitude. *Optometry*, Apr;80(4):169-74.
77. Grehn F, Stamper R, (2004), *Glaucoma*. Springer, Berlin.
78. Helbig H, Schlötzer-Schrehardt U, Noske W, Kellner U, Foerster MH, Naumann GO. (1994), Anterior-chamber hypoxia and iris vasculopathy in pseudoexfoliation syndrome. *German Journal of Ophthalmology*, May;3(3):148-53.
79. Conway RM, Schlötzer-Schrehardt U, Kühle M, Naumann GO, (2004), Pseudoexfoliation syndrome: pathological manifestations of relevance to intraocular surgery. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, Apr;32(2):199-210.
80. Mistlberger A, Gruchmann M, Hitzl W, Grabner G, (2001), Pulsatile ocular blood flow in patients with pseudoexfoliation. *International Ophthalmology*, Apr;23(4-6):337-42.

81. Harju M, Vesti E, (2001), Blood flow of the optic nerve head and peripapillary retina in exfoliation syndrome with unilateral glaucoma or ocular hypertension. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, April;Vol.239;N.4.
82. Gillies WE, Brooks AMV, (2002), Central retinal vein occlusion in pseudoexfoliation of the lens capsule. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, Vol.30;Iss.3;Pag.176 – 187.
83. Hammer T, Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GOH, (2001), Unilateral or Asymmetric Pseudoexfoliation Syndrome? An Ultrastructural Study. *Archives of Ophthalmology*, 119:1023-1031. -77.
84. Cursiefen C, Hammer T, Küchle M, Naumann GO, Schlötzer-Schrehardt U, (2008), Pseudoexfoliation syndrome in eyes with ischemic central retinal vein occlusion. A histopathologic and electron microscopic study. *Acta ophthalmologica Scandinavica*, 79:476-478.
85. Yüksel N, Karabaş VL, Arslan A, Demirci A, Çağlar Y, (2001), Ocular hemodynamics in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *Ophthalmology*, Jun;108(6):1043-9.
86. Netland PA, Ye H, Streeten BW, Hernandez MR, (1995), Elastosis of the lamina cribrosa in pseudoexfoliation syndrome with glaucoma. *Ophthalmology*, 102:878-86.
87. Schlotzer-Schrehardt U, Kuchle M, Naumann GO, (1991), Electron-microscopic identification of pseudoexfoliation material in extrabulbar tissue. *Archives of Ophthalmology*, 109:565-70.
88. Schlotzer-Scherardt UM, Koca MR, Naumann GOH, Volkholz H, (1992), Pseudoexfoliation syndrome. Ocular manifestation of a systemic disorder?. *Archives of Ophthalmology*, 110(12):1752-1756.
89. Detorakis ET, Koukoula S, Chrisochoou F, Konstas AG, Kozobolis VP, (2005), Central Corneal Mechanical Sensitivity in Pseudoexfoliation Syndrome, *Cornea*, 24:688-691.
90. Naumann GO, Schlotzer-Schrehardt U, (2000), Keratopathy in pseudoexfoliation syndrome as a cause of corneal endothelial decompensation: a clinicopathologic study. *Ophthalmology*, 107:1111-24.

91. Asano N, Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GOH, (1995), A histopathologic study of iris changes in pseudoexfoliation syndrome. *Ophthalmology*, 102;pp.1279–1290
92. Bechmann M, Thiel MJ, Roesen B, Ullrich S, Ulbig MW, Ludwig K, (2000), Central corneal thickness determined with optical coherence tomography in various types of glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*, 84:1233-1237.
93. Aghaian E, Choe JE, Lin S, Stamper RL, (2004), Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology*, Dec;111(12):2211-9.
94. Ventura SAC, Böhnke M, Mojon DS, (2001), Central corneal thickness measurements in patients with normal tension glaucoma, primary open angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma, or ocular hypertension. *British Journal of Ophthalmology*, 85:792.5.
95. Inoue K, Okugawa K, Oshika T, Amano S, (2003), Morphological study of corneal endothelium and corneal thickness in pseudoexfoliation syndrome. *Japanese Journal of Ophthalmology*, May-Jun;47(3):235-9.
96. Gorezis S, Christos G, Stefaniotou M, Moustaklis K, Skyrlas A, Kitsos G, (2008), Comparative results of central corneal thickness measurements in primary open-angle glaucoma, pseudoexfoliation glaucoma, and ocular hypertension. *Ophthalmic Surgery Lasers and Imaging*, Jan-Feb;39(1):17-21.
97. Kim JW, Chen PP, (2004), Central corneal pachymetry and visual field progression in patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmology*, Nov;Vol.111;Iss.11;Pag.2126-2132.
98. Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN, (2003), Corneal thickness measurements and visual function abnormalities in ocular hypertensive patients, *American Journal of Ophthalmology*. 135:131–7.
99. Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN, (2003), Corneal thickness measurements and frequency doubling technology perimetry abnormalities in ocular hypertensive eyes. *Ophthalmology*, 110:1903–8.

100. Friedman E, (2000), The role of the atherosclerotic process in the pathogenesis of age-related macular degeneration. *American Journal of Ophthalmology*, 130:658–663.
101. Silver DM, Geyer O, (2000), Pressure-volume relation for the living human Eye. *Current Eye Research*, 20:115–120.
102. Friberg TR, Fourman SB, (1990), Scleral buckling and ocular rigidity: clinical Ramifications. *Archives of Ophthalmology*, 108:1622–1627.
103. Friedman E, Ivry M, Ebert E, Glynn R, Gragoudas E, Seddon J, (1989), Increased scleral rigidity and age-related macular degeneration. *Ophthalmology*, 96:104–108.
104. Pallikaris IG, Kymionis GD, Ginis HS, Kounis GA, Christodoulakis E, Tsilimbaris MK, (2006), Ocular rigidity in patients with age-related macular degeneration. *American Journal of Ophthalmology*, Apr;141(4):611-5.

Παράρτημα

Μέρος της παρούσας εργασίας δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Clinical & Experimental Ophthalmology* (Τόμος 38, τεύχος 5, σελίδες 444–448, Ιούλιος 2010) με τίτλο:

Differences between Goldmann Applanation Tonometry & Dynamic Contour Tonometry in Pseudoexfoliation Syndrome

Emilia Grammenandi, MD, Efsthios T. Detorakis, MD, PhD, Ioannis G. Pallikaris, MD, PhD, Miltiadis K. Tsilimbaris, MD, PhD

Περίληψη

Σκοπός: Να αξιολογηθούν οι διαφορές μεταξύ Τονομέτρησης επιπέδωσης κατά Goldmann (GAT) και Dynamic Contour Tonometry (DCT) σε οφθαλμούς με σύνδρομο ψευδοαποφολιδώσης (PEX).

Μεθοδολογία: Συμπεριλήφθηκαν τριάντα οκτώ ασθενείς (38 οφθαλμοί) με αποφολιδώση και στους δύο οφθαλμούς (PEX Group, PG) και δεκαεννιά ασθενείς (19 οφθαλμοί) χωρίς αποφολιδώση σε κανένα οφθαλμό (Control Group, CG). Όλοι οι ασθενείς είχαν φακικούς οφθαλμούς. Μετρήθηκαν η GAT-ΕΟΠ, DCT-ΕΟΠ, το κεντρικό πάχος κερατοειδούς (CCT) και το αξονικό μήκος (AL) και καταγράφηκε η διαφορά μεταξύ DCT-ΕΟΠ και GAT-ΕΟΠ (dIOP). Εξετάστηκαν οι διαφορές στην dIOP μεταξύ CG και PG και η συσχέτισή της με το CCT και το AL.

Αποτελέσματα: Η dIOP βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη ($p=0.02$) στο PG (μέσος όρος 3,69mmHg) σε σχέση με το CG (μέσος όρος 2,15mmHg). Στο PG (αλλά όχι στο CG) υπήρχε σημαντική συσχέτιση του dIOP με το AL αλλά όχι με το CCT.

Συμπεράσματα: Το γεγονός ότι η dIOP βρέθηκε σημαντικά υψηλότερη στο PG σε σχέση με το CG οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εναπόθεση αποφολιδωτικού υλικού πιθανόν να επηρεάζει τις βιομηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού. Η σημαντική συσχέτιση μεταξύ dIOP και AL και όχι με το CCT είναι σύμφωνη με υπάρχουσες μελέτες και συνηγορεί με το γεγονός ότι αποφολιδωτικό υλικό δεν εναποτίθεται στο στρώμα του κερατοειδή.

Abstract

Purpose: To evaluate differences between Goldmann Applanation Tonometry (GAT) and Dynamic Contour Tonometry (DCT) in eyes with pseudoexfoliation syndrome (PEX).

Methods: Thirty eight patients (38 eyes) with PEX in both eyes (pseudoexfoliative group, PG) as well as 19 patients (19 eyes) without PEX in either eye (control group, CG), were included. All eyes were phakic. GAT, DCT, the Central Corneal Thickness (CCT) and the Axial Length of the eyeball (AL) were measured and the difference between GAT and DCT (dIOP) was calculated. Differences in dIOP between CG and PG and correlations of dIOP with CCT and AL were examined.

Results: dIOP was significantly ($p=0.02$) higher in PG (mean value 3.69mmHg), compared with CG (mean value 2.15mmHg). In PG (but not in CG) dIOP was also significantly correlated with AL but not with CCT.

Conclusions: The fact that dIOP was significantly higher in PG than in CG implies that PEX may affect ocular bio-mechanical properties. The significant association of dIOP with AL but not with CCT is in agreement with previous reports and complies with the fact that pseudoexfoliative material is not deposited in corneal stroma.