



**Πανεπιστήμιο Κρήτης**



**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών**

**Σπουδών**

**Οπτική και Όραση**

**Μέτρηση και χειρουργικός έλεγχος της ευχέρειας εκροής σε μοντέλο  
πειραματόζωου**

**Λογγάκη Κωνσταντίνα**

**Επιβλέποντες Καθηγητές:**

**Ευστάθιος Δετοράκης**

**Χαρίλαος Γκίνης**

**Ιωάννης Παλλήκαρης**

**Ηράκλειο, Φεβρουάριος 2013**



**Πανεπιστήμιο Κρήτης**



**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών**

**Σπουδών**

**Οπτική και Όραση**

**Μέτρηση και χειρουργικός έλεγχος της ευχέρειας εκροής σε μοντέλο  
πειραματόζωου**

**Λογγάκη Κωνσταντίνα**

**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 (αριστερά) και στην επιτροπή αξιολόγησης (δεξιά) αποτελούμενες από τους:**

**1. Ευστάθιος Δετοράκης**

**2. Χαρίλαος Γκίνης**

**3. Ιωάννης Παλλήκαρης**

**1. Ευστάθιος Δετοράκης**

**2. Μιλτιάδης Τσιλιμπάρης**

**3. Ιωάννης Παλλήκαρης**

**Ηράκλειο, Φεβρουάριος 2013**

## Περίληψη

Με τον όρο γλαύκωμα ορίζουμε ένα σύνολο παθολογικών καταστάσεων του οφθαλμού που έχουν σαν κύριο εύρημα την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε τέτοιο βαθμό που να προκαλεί βλάβη στο οπτικό νεύρο και εκπτώσεις του οπτικού πεδίου. Σε πολλές περιπτώσεις οι ασθενείς δεν αντιλαμβάνονται το πρόβλημα πριν συμβεί σοβαρή απώλεια της όρασης. Τις περισσότερες φορές δεν υπάρχει αποκατάσταση της όρασης μετά τη διάγνωση ενώ συχνά οι ασθενείς οδηγούνται στην τύφλωση. Στις περισσότερες περιπτώσεις το οπτικό νεύρο καταστρέφεται λόγω της υψηλής ενδοφθάλμιας πίεσης. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην παρεμπόδιση της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού, το οποίο παράγεται και αποχετεύεται συνεχώς, έτσι αν για κάποιο λόγο παρεμποδιστεί η αποχέτευση του, τότε αυξάνεται η ενδοφθάλμια πίεση. Υπάρχουν πολλοί τρόποι μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης, με φάρμακα ή με χειρουργικές επεμβάσεις.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μιας νέας σχεδίασης αντιγλαυκωματικής βαλβίδας (βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου) σε μοντέλο κουνελιού ως προς την αύξηση του ρυθμού εκροής υδατοειδούς υγρού και μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Αρχικά μετρήθηκε η ενδοφθάλμια πίεση σε οκτώ (8) κουνέλια, τοποθετήθηκε την αντιγλαυκωματική βαλβίδα στον αριστερό οφθαλμό κάθε κουνελιού ενώ ο δεξιάς οφθαλμός χρησιμοποιήθηκε ως μάτι ελέγχου. Στη συνέχεια έγινε καταγραφή της ενδοφθάλμιας πίεσης για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Παράλληλα, με την ενδοφθάλμια πίεση μετρήθηκε και ο ρυθμός εκροής και η οφθαλμική ακαμψία.

Στην μελέτη αυτή, επιβεβαιώθηκε η αύξηση του ρυθμού εκροής και η μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης μετά την τοποθέτηση της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Ακόμα παρατηρήθηκε μείωση στο συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας, ο οποίος ορίζει τη σχέση πίεσης όγκου του οφθαλμού.

## Abstract

The glaucoma refers to a set of pathological conditions of the eye which have as common finding the increase of intraocular pressure to such an extent as to cause damage to the optic nerve and limit the visual field. In many cases, patients remain unaware of the problem until severe loss of vision has occurred. In most cases there is no restoration of vision after diagnosis and some patients eventually are blinded. The increase is due to obstruction to outflow of aqueous humor, which is produced and discharged continuously, so if for some reason drainage is blocked, then increased intraocular pressure. There are many pharmaceutical and surgical modalities to reduce intraocular pressure.

The purpose of this thesis is to contribute to the development and evaluation of a novel glaucoma valve implanting prototypes in an animal model (rabbits). This valve is designed to increase the rate of aqueous humor outflow and lead to the reduction of intraocular pressure. Initially we measured the intraocular pressure in eight (8) rabbits, placed the antiglaucomatous valve into the left eye of the rabbit and used the right eye as control. Then we followed the intraocular pressure for a period of two months. Additionally to intraocular pressure the outflow facility and ocular rigidity were measured for each eye.

This study, confirmed the increased of outflow facility and the reduction of intraocular pressure at the experimental eye. Moreover, a decrease in the ocular rigidity coefficient (which defines the pressure volume relationship of the eye) was observed.

## Ευχαριστίες

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους εκείνους, οι οποίοι με την καθοδήγηση και την υποστήριξη τους με βοήθησαν στην εκπόνηση της εργασίας που παρουσιάζεται σε αυτήν την μελέτη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον Επιστημονικό Υπεύθυνο Καθηγητή κ. Ιωάννη Παλλήκαρη για την ευκαιρία που προσφέρει για ανάπτυξη ειδικευμένων γνώσεων και δυνατοτήτων στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος "Οπτική και Όραση".

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χαρίλαο Γκίνη PhD Φυσικό, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα εξαιρετικά ενδιαφέρον και να εξοικειωθώ με το πειραματικό μέρος μιας μελέτης. Κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας ήταν πάντα πρόθυμος να με συμβουλέψει και να με καθοδηγήσει στις απορίες και στους προβληματισμούς μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον κ. Ευστάθιο Δετοράκη, Επίκουρου Καθηγητή Οφθαλμολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης και επιβλέποντα καθηγητή μου για την πολύτιμη βοήθεια του. Είναι ο άνθρωπος με τον οποίο συνεργάστηκε στενά κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την συμπάθεια και τον θαυμασμό μου στο πρόσωπό του ως άνθρωπο και στην συνέχεια ως επιστήμονα. Κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας ήταν πάντα πρόθυμος να με συμβουλέψει και να με καθοδηγήσει σε οποιοδήποτε προβληματισμό μου. Τον ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθειά του καθώς ήταν το άτομο που έκανε όλες τις χειρουργικές επεμβάσεις, πράγμα που δεν θα κατάφερνα χωρίς την βοήθειά του. Τέλος, μέσα από τις συζητήσεις μας κατάφερε να μου διεγείρει ακόμα περισσότερο το ενδιαφέρον μου για την επιστήμη, αλλά αποκόμισα και πολύτιμες γνώσεις οι οποίες μπορεί να μου φανούν χρήσιμες σε πιθανή συνέχεια των σπουδών μου.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Μιλτιάδη Τσιλιμπάρη, διευθυντή της Οφθαλμολογικής Κλινικής στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ηρακλείου, για την στήριξη του και τη βοήθεια του σε οποιονδήποτε προβληματισμό μου.

Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω τον Νίκο Καρυωτάκη, υποψήφιο διδάκτορα, για την συνεργασία μας, η οποία ήταν άψογη, αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια του στο πειραματικό κομμάτι της εργασίας, καθώς ήταν το άτομο το οποίο έκανε όλες τις μετρήσεις Outflow facility και Ocular rigidity, με τη χρήση της μανομετρικής συσκευής. Ακόμα τον ευχαριστώ θερμά για την ενθάρρυνση και τη στήριξη του όλο αυτό τον καιρό. Θα ήθελα να εκφράσω τον θαυμασμό μου προς εκείνον, πρώτα ως άνθρωπο και μετά ως ερευνητή, ο οποίος ήταν πάντα πρόθυμος να με βοηθήσει και να μου μεταδώσει τις πολύτιμες γνώσεις. Τον ευχαριστώ θερμά.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Χρύσα Τσίκα για την πολύ σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε με την παραχώρηση του τονόμετρου Topopen. Ακόμα, ευχαριστώ ιδιαίτερος την Μαρία Χριστοφορίδου, νοσηλεύτρια της κλινικής BEMMO, που την απασχολούσα συχνά από την εργασία της ζητώντας αναλώσιμα υλικά. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω

θερμά τη Λουκία Λεωνίδου, τη Νεκταρία Χαμάκου και τη Χρυσούλα Δούκα για την πολύτιμη βοήθεια του και την στήριξή τους. Όπως επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα για την ενθάρρυνση και τη στήριξη της την Τρισεύγενη Γιαννακοπούλου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους του φίλους μου που με στήριξαν αλλά και στην οικογένεια μου που όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών ήταν δίπλα μου και με στήριξαν τόσο οικονομικά όσο και ηθικά ώστε να φτάσω ως εδώ.

Σας ευχαριστώ πολύ όλους!!!

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

Ανατομία του Οφθαλμού.....	12
----------------------------	----

### Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

#### ΤΟ ΥΔΑΤΟΕΙΔΕΣ ΥΓΡΟ

2.1 Το υδατοειδές υγρό.....	15
2.2 Η αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.....	16
2.3 Φυσιολογία του υδατοειδούς υγρού.....	17
2.4 Βασικές λειτουργίες του υδατοειδούς υγρού.....	20

### Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

#### Η ΕΝΔΟΦΘΑΛΜΙΑ ΠΙΕΣΗ

3.1 Η ενδοφθάλμια πίεση.....	21
3.2 Φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση.....	21
3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση.....	22
3.4 Οπτικό νεύρο.....	24
3.5 Σχέση ενδοφθάλμιας πίεσης και οπτικού νεύρου.....	25
3.6 Διατήρηση ενδοφθάλμιας πίεσης.....	25

### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

#### ΤΟ ΓΛΑΥΚΩΜΑ

4.1 Το γλαύκωμα.....	27
4.2 Συχνότητα του γλαυκώματος.....	27
4.3 Πρόκληση γλαυκώματος.....	27

4.4	Παράγοντες κινδύνου γλαυκώματος.....	28
4.5	Τύποι γλαυκώματος.....	28
4.5.1	Πρωτοπαθές γλαύκωμα.....	30
4.5.2	Δευτεροπαθές γλαύκωμα.....	32
4.5.3	Συγγενές γλαύκωμα.....	34
4.5.4	Απόλυτο γλαύκωμα.....	35
4.6	Χειρουργική αντιμετώπιση γλαυκώματος.....	35
4.6.1	Τραμπεκουλοπλαστική.....	36
4.6.2	Τραμπεκουλοτομή.....	39
4.6.3	Τραμπεκουλεκτομή.....	40
4.6.4	Εν τω βάθει σκληρεκτομή.....	42
4.6.5	Ένθεση αντιγλαυκωματικής βαλβίδα.....	43
4.6.6	Κυκλοφωτοπηξία – Κυκλοκρυσπηξία.....	61
4.6.7	Ιριδεκτομή.....	61
4.6.8	Γωνιοτομή.....	63
4.6.9	Μη-διδεισδυτική.....	64
4.7	Σύγχρονες απεικονιστικές μέθοδοι οπτικής θηλής.....	64

## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>**

### **TONOMETRIA**

5.1	Τονομετρία επιπέδωσης (Goldmann).....	69
5.2	Τονομετρία εμβύθισης (Schiotz).....	71
5.3	Δυναμική Περιμετρική Τονομετρία, Dynamic Contour Tonometer (DCT).....	73
5.4	Αναλυτής οφθαλμικής απόκρισης (ORA).....	74
5.5	Τονόμετρο Tonopen.....	75
5.6	Τονόμετρο αέρος ( Air puff).....	76
5.7	ΤονόμετροPerkins.....	77



5.8 Τονόμετρο Mackay –Marg.....	78
---------------------------------	----

## **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>**

### **ΟΦΘΑΛΜΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ (Ocular Rigidity)**

6.1 Οφθαλμική ακαμψία.....	80
6.2 Συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας.....	80
6.3 Συσχετισμός της οφθαλμικής ακαμψίας με άλλες παραμέτρους.....	85
6.3.1 Σχέση ηλικίας με συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας.....	85
6.3.2 Σχέση αξονικής διάθλασης με την οφθαλμική ακαμψία.....	87
6.3.3 Σχέση καμπυλότητας του κερατοειδή με την οφθαλμική ακαμψία.....	89
6.3.4 Σχέση πάχους κερατοειδή με την οφθαλμική ακαμψία.....	91
6.4 Ο ρόλος της οφθαλμικής ακαμψίας σε υπερτασικούς ασθενείς.....	91

## ***ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ***

## **Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>**

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

7.1 Εισαγωγή.....	94
7.2 Μεθοδολογία.....	95

## **Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>**

### **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

8.1 Εισαγωγή.....	100
8.2 Περιγραφή σχεδιασμού αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου.....	100
8.3 Τοποθέτηση αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου.....	104

## **Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>**

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

9.1	Ενδοφθάλμια πίεση.....	112
9.2	Οφθαλμική ακαμψία (Ocular Rigidity).....	118
9.3	Ρυθμός εκροής (Outflow Facility).....	122

## **Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	126
------------------------------	-----

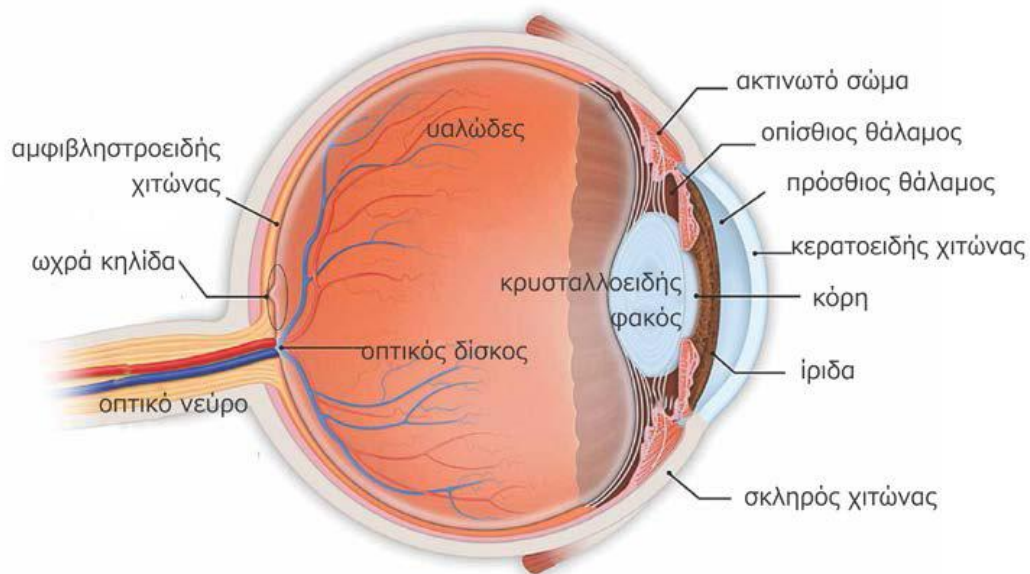
<b><i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</i></b>	<b><i>129</i></b>
---------------------------------	-------------------

# Γενικό Μέρος

## Κεφάλαιο 1ο

### ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

Ο ανθρώπινος οφθαλμός διακρίνεται σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα, που το καθένα έχει ιδιαίτερη σημασία για την οφθαλμική λειτουργία. Φιλοξενείται σε μία κοιλότητα του κρανίου τον κόγχο, που προστατεύει το βολβό αφήνοντας ακάλυπτο μόνο το πρόσθιο τμήμα του. Ο βολβός περιβάλλεται από τρεις χιτώνες. Τον εξωτερικό *σκληρό χιτώνα* ο οποίος είναι λευκός και αδιαφανής και αποτελεί την παχιά εξωτερική στιβάδα του οφθαλμού, τον ενδιάμεσο *χοριοειδή χιτώνα*, μια αγγειοβριθής, στοιβάδα με μεγάλη περιεκτικότητα μελανίνης μεταξύ του σκληρού και του αμφιβληστροειδή, ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας γιατί τροφοδοτεί με αίμα τα εξωτερικά στρώματα του αμφιβληστροειδή. Και τον εσωτερικό, τον *αμφιβληστροειδή χιτώνα*, έναν νευρικό ιστό που επενδύει προς τα πίσω την υαλοειδική κοιλότητα. Είναι κατά βάση διαφανής πλην των αιμοφόρων αγγείων στην εσωτερική του επιφάνεια.<sup>6</sup>



**Εικόνα: Διατομή του οφθαλμού**

Πιο αναλυτικά, στο *πρόσθιο τμήμα* του οφθαλμού διακρίνουμε αρχικά τον *κερατοειδή μας*, το πάχος του κεντρικά είναι 500μm και αυξάνεται έως 700μm στην περιφέρεια, το 90% του πάχους του είναι ένα μείγμα κολλαγόνου και εξωκυττάριας ουσίας. Αν και έχει μεγάλη ανθεκτικότητα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην αφή. Υπάρχουν λίγα κύτταρα και καθόλου αγγεία, έτσι λαμβάνει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά με διάχυση από τα αγγεία του σκληρολερατοειδικού ορίου, το υδατοειδές υγρό και τα δάκρυα. Ακόμα οι κύριες λειτουργίες του κερατοειδή είναι η προστασία από τη διείσδυση μικροοργανισμών εντός του οφθαλμού

και η μετάδοση και εστίαση (διάθλαση) του φωτός. Η διάθλαση του φωτός επιτελείται λόγω του κυρτού σχήματος του κερατοειδή και του μεγαλύτερου, σε σχέση με τον αέρα, δείκτη διάθλασης του. Ο κερατοειδής είναι διαφανής λόγω της εξειδικευμένης διάταξης των κολλαγόνων ινών μέσα στο στρώμα, το οποίο πρέπει να διατηρείται σε κατάσταση σχετικής αφυδάτωσης.<sup>5</sup>

Στη συνέχεια το τμήμα που προσδίδει χρώμα στον οφθαλμό, η *ίριδα*, αποτελείται κυρίως από συνδετικό ιστό που περιέχει μυϊκές ίνες, αγγεία και χρωστικά κύτταρα. Η οπίσθια επιφάνεια της καλύπτεται από μια στιβάδα χρωστικών κυττάρων. Η κύρια λειτουργία της ίριδας είναι ο έλεγχος της ποσότητας του φωτός που εισέρχεται προς τον αμφιβληστροειδή και ο περιορισμός της ενδοφθάλμιας διάχυσης του φωτός. Δηλαδή λειτουργεί ως λεπτό και κινούμενο διάφραγμα μεταξύ του πρόσθιου και του οπίσθιου θαλάμου του οφθαλμού. Έτσι ρυθμίζει τη ποσότητα του φωτός που θα προσπέσει στον αμφιβληστροειδή. Η χρωστική της ίριδας ελαττώνει την ενδοφθάλμια διάχυση του φωτός. Το ποσό της χρωστικής της ίριδας καθορίζεται από το χρώμα των οφθαλμών (γαλάζιοι, πράσινοι ή καφέ). Στο κέντρο της ίριδας υπάρχει μια οπή, η *κόρη*, η οποία ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό. Το μέγεθος της καθορίζεται από τη συμπαθητική και την παρασυμπαθητική νεύρωση της ίριδας. Η διαστολή της κόρης (μυδρίαση) επιτυγχάνεται με τη σύσπαση των ακτινωτών λείων μυϊκών ινών που νευρώνονται από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Η συστολή της κόρης (μύση) συμβαίνει όταν συσπάται ένας δακτύλιος από λείες μυϊκές ίνες γύρω από τη κόρη.<sup>3,4,5,6</sup>

Ο κερατοειδής και η ίριδα σχηματίζουν τον πρόσθιο θάλαμο στον οποίο φιλοξενείται το υγρό που ευθύνεται για την πίεση του ματιού μας, το υδατοειδές υγρό. Υπό φυσιολογικές συνθήκες το πολύ χρήσιμο υδατοειδές υγρό (για τη σύσταση και τη θρέψη του προσθίου θαλάμου), παράγεται και αποχετεύεται από το μάτι σε αντίστοιχους ρυθμούς. Σε περίπτωση όμως που η παραγωγή δεν ακολουθείται από την αντίστοιχη παροχέτευση τότε έχουμε πίεση πέραν του φυσιολογικού που μπορεί να οδηγήσει σε παθολογικές καταστάσεις (γλαύκωμα).

Πίσω από την ίριδα συναντάμε τον *φακό* ο οποίος είναι διαφανής και αμφίκυρτος και στερεώνεται με τις ίνες της Ζηννείου ζώνης, πίσω από το επίπεδο της ίριδας και της κόρης. Αποτελεί τμήμα της διαθλαστικής συσκευής του ματιού και με τη διαύγειά του καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την οξύτητα της όρασής μας. Όλος ο φακός εσωκλείεται σε μια ελαστική κάψα (περιφάκιο) και μπορεί να αλλάζει σχήμα κατά την προσαρμογή. Η αδυναμία προσαρμογής με τη γήρανση (πρεσβυωπία) συμβαίνει λόγω απώλειας της ελαστικότητας του περιφακίου και της μεταβλητότητας του σχήματος του φακού. Ο φακός οφείλει τη διαφάνεια του στο δείκτη διάθλασής του όπου είναι μεγαλύτερος από του υδατοειδούς και του υαλοειδούς σώματος και επί πλέον αυξάνεται από έξω προς τα μέσα αλλά και στις ίνες του που περιέχουν ειδικές πρωτεΐνες. Σε μεγαλύτερες ηλικίες, όμως, η διαύγεια του φακού μειώνεται και σταδιακά θολώνει ( προκαλώντας καταρράκτη ) μειώνοντας σημαντικά και την όρασή μας, αυτό οφείλεται στη διαταραχή της οργάνωσης του φακού.<sup>5,6,9</sup>

Πίσω από το φακό, συναντάμε το *οπίσθιο τμήμα* του ματιού που διατηρεί το σχήμα του χάρη σε ένα άλλο υγρό, το *υαλοειδές* που είναι ομοιόμορφα προσκολλημένο στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το υαλοειδές αποτελείται κατά 99% από νερό, περιέχει όμως

επίσης ίνες κολλαγόνου και υαλουρικό, που προσδίδουν συνοχή και ευθύνονται για τη σύσταση γέλης. Με τη πάροδο της ηλικίας το υαλοειδές υφίσταται προοδευτική ρευστοποίηση (εκφύλιση). Το υαλοειδές είναι προσκολλημένο στον αμφιβληστροειδή σε συγκεκριμένα σημεία, ιδίως στον οπτικό δίσκο και στην πριονωτή περιφέρεια. Καθώς το υαλοειδές εκφυλίζεται, μπορεί να ασκήσει έλξη πάνω στον αμφιβληστροειδή, προκαλώντας ρωγμή και να οδηγήσει σε αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς, η οποία χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Ακόμα το υαλοειδές βοηθά στην απορρόφηση της πίεσης σε περίπτωση τραυματισμού του οφθαλμού και έχει κάποιο ελάσσονα ρόλο ως μεταβολική δεξαμενή.<sup>5,9</sup>

Ακόμα στο πίσω μέρος του οφθαλμού συναντάμε τον *αμφιβληστροειδή* όπου μετατρέπονται οι εστιασμένες φωτεινές εικόνες σε νευρικές ώσεις. Αποτελείται από τον νευροαισθητήριο αμφιβληστροειδή και το μελάχρουν επιθήλιο. Το φως πρέπει να διέλθει από το εσωτερικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς για να φτάσει στους φωτουποδοχείς, τα ραβδία και τα κωνία, που μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Για αυτό το λόγο, ο αμφιβληστροειδής πρέπει να είναι διαφανής. Συνδετικοί νευρώνες τροποποιούν και μεταδίδουν τα ηλεκτρικά σήματα στα γαγγλιακά κύτταρα, οι νευράξονες των οποίων πορεύονται στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς και εισέρχονται στο οπτικό νεύρο. Μια περιοχή που καλείται *ωχρά κηλίδα* εξυπηρετεί την κεντρική όραση. Στο κέντρο της υπάρχει μια εξειδικευμένη περιοχή, το κεντρικό βοθρίο, που προσφέρει υψηλής ποιότητας όραση. Το υπόλοιπο τμήμα του αμφιβληστροειδή χρησιμεύει για την περιφερειακή όραση.<sup>5,6</sup>

Τέλος, μπορούμε εμφανώς να διακρίνουμε το *οπτικό νεύρο*. Το οπτικό νεύρο είναι η δομή η οποία παίρνει την πληροφορία από τον αμφιβληστροειδή σαν ηλεκτρικά σήματα και την μεταφέρει στον εγκέφαλο, όπου αυτή η πληροφορία μετατρέπεται σε οπτική εικόνα. Το οπτικό νεύρο αποτελείται από μία δέσμη περίπου ενός εκατομμυρίου νευρικών ινών.<sup>5,77</sup>

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### ΤΟ ΥΔΑΤΟΕΙΔΕΣ ΥΓΡΟ

#### 2.1 Το υδατοειδές υγρό

Το υδατοειδές υγρό είναι ένα διαυγές, άχρωμο υδατικό διάλυμα που πληροί τον οπίσθιο και τον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού.<sup>3</sup> Η περιεκτικότητα του υδατοειδούς υγρού είναι 96,6% νερό. Αποτελεί προϊόν υπερδιήθησης του αίματος αφού δεν περιέχει κανένα έμμορφο στοιχείο του αίματος και περιέχει 300 φορές λιγότερες πρωτεΐνες από το αίμα. Όμως δεν είναι απλώς ένα προϊόν υπερδιήθησης αφού ορισμένα στοιχεία περιέχονται σε μεγαλύτερη πυκνότητα από ότι στο πλάσμα, όπως το υαλουρονικό οξύ, εμπεριέχεται σε πυκνότητα 20 φορές μεγαλύτερη. Γενικά το υδατοειδές υγρό περιέχει σχεδόν όλα τα στοιχεία του πλάσματος αλλά σε πολύ μικρότερη ποσότητα, εκτός από το ασκορβικό οξύ, το κάλιο και τα χλωριούχα που εμπεριέχονται σε μεγαλύτερη ποσότητα.<sup>2</sup>

	Υδατοειδές Υγρό	Πλάσμα
Na <sup>+</sup>	153	143
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19,6	25,0
CL <sup>-</sup>	134	106
Γλυκόζη	3,7 - 1,0	4,7 – 6,5
Πρωτεΐνη	0,3 – 1,0	70
Ασκορβικό	1,06	0,04

**Πίνακας 1: Συγκεντρώσεις σε μM/ml των κυριότερων συστατικών του υδατοειδούς υγρού του ανθρώπου και αντίστοιχες τιμές στο πλάσμα.<sup>2</sup>**

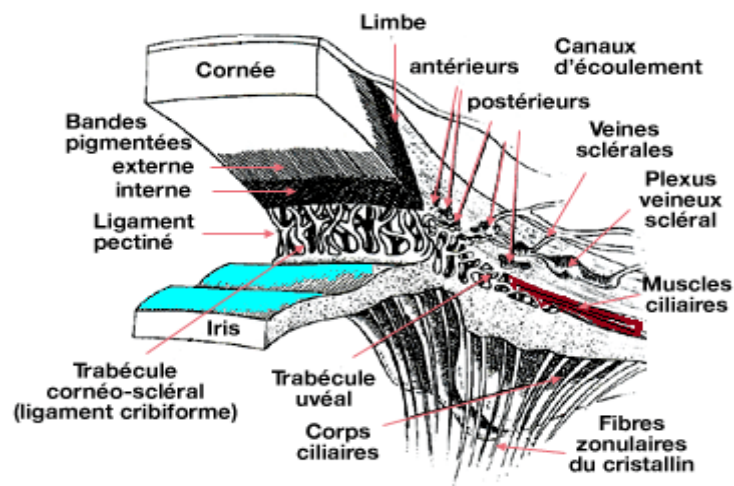
Το υδατοειδές υγρό ονομάστηκε και « νερό της ζωής του οφθαλμού »<sup>2</sup>, λόγω της σπουδαιότητας του για την διατήρηση του οφθαλμού. Το υδατοειδές υγρό, μέσω της ενδοφθάλμιας πίεσης, βοηθάει στη διατήρηση του σχήματος του βολβού ώστε να εκτελεί σωστά την οπτική λειτουργία του. Ακόμα βοηθάει στη θρέψη του κρυσταλλοειδούς φακού, διότι δεν φέρει αγγεία, και της μεγαλύτερης κεντρικής μοίρας του κερατοειδούς. Τέλος παίζει πρωτεύοντα ρόλο στη διαμόρφωση του ύψους της ενδοφθάλμιας πίεσης.

## 2.2 Η αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού

Μέσω της συμβατικής αποχέτευσης, το υδατοειδές υγρό αποχετεύεται από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου, περνώντας από το *διηθητικό ηθμό (trabeculum)* στο *σωλήνα του Schlemm* και κατευθύνεται στις επισκληρικές φλέβες.

### Ο διηθητικός ηθμός (trabeculum)

Από τον διηθητικό ηθμό απάγεται από τον οφθαλμό το 90% του υδατοειδούς υγρού και έχει μορφή "σαν σουρωτήρι". Αποτελείται από τρία τμήματα: Α) *Το ραγοειδικό ηθμό*, ο οποίος είναι το εσωτερικό τμήμα, το οποίο αποτελείται από σχοινοειδείς δοκίδες οι οποίες εκτείνονται από τη ρίζα της ίριδας ως τη γραμμή του Schwalbe. Οι διαηθμοειδικοί χώροι είναι σχετικά μεγάλοι και προβάλλουν μικρή αντίσταση στη ροή του υδατοειδούς. Β) *Το κερατοσκληρικό ηθμό*, ο οποίος σχηματίζει το μεσαίο και μεγαλύτερο τμήμα, το οποίο εκτείνεται από το σκληραίο πτερνιστήρα ως τη γραμμή του Schwalbe. Οι δοκίδες είναι "σαν στρώματα" και οι διαηθμοειδικοί χώροι είναι μικρότεροι από αυτούς του ραγοειδικού ηθμού. Γ) *Το ενδοθηλιακό (παρασωληναριακό) ηθμό*, ο οποίος αποτελεί το στενό εξωτερικό τμήμα του ηθμού, το οποίο συνδέει το σκληροκερατοειδικό ηθμό με το ενδοθήλιο του έσω τοιχώματος του σωλήνα του Schlemm. Ο παρασωληναριακός ιστός είναι πολύ σημαντικός διότι προβάλλει το σημαντικότερο ποσοστό της φυσιολογικής αντίστασης στην αποχέτευση του υδατοειδούς.



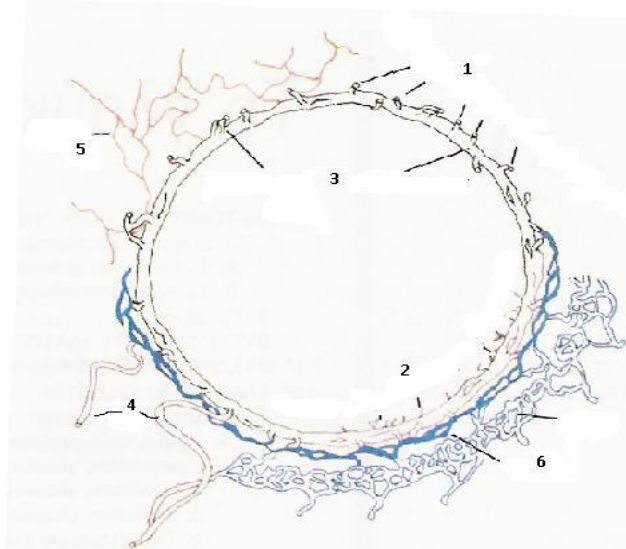
Εικόνα 2.2.1 Απεικόνιση του διηθητικού ηθμού (trabeculum)

### Ο σωλήνας του Schlemm

Ο σωλήνας του Schlemm αποτελεί ένα κυκλοτερές κανάλι το οποίο γεφυρώνεται από διαφραγματικό ιστό. Το εσωτερικό τμήμα του σωλήνα επενδύεται από ακανόνιστα



ατρακοειδή ενδοθηλιακά κύτταρα τα οποία περιέχουν έσω αναδιπλώσεις (γιγάντια κενοτόπια). Το έξω τοίχωμα του σωλήνα επενδύεται από ομαλά επίπεδα κύτταρα και περιέχει τα ανοίγματα των αθροιστικών σωληναρίων τα οποία αφήνουν τον σωλήνα του Schlemm υπό λοξή γωνία και συνδέονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με επισκληρικές φλέβες.

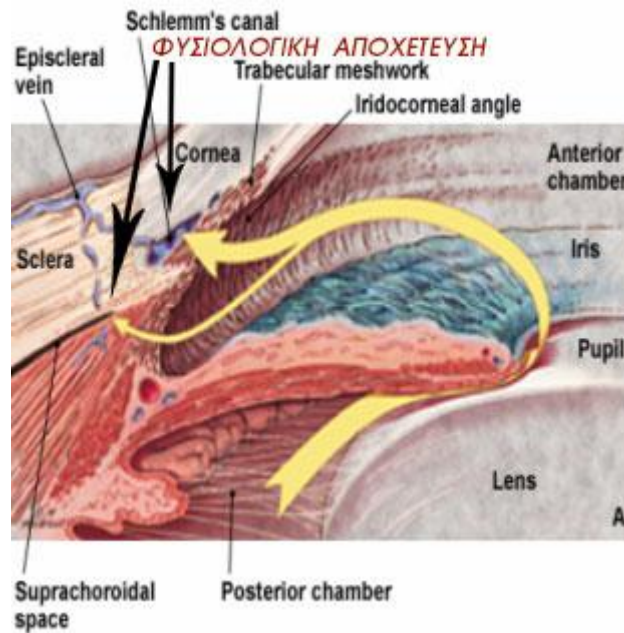


**Εικόνα 2.2.2 Ο σωλήνας του Schlemm. 1.Έξω αθροιστικά σωληνάκια 2. Έσω αθροιστικά σωληνάκια 3. Σωλήνας του Schlemm 4. Υδατικές φλέβες 5. Μείζον αρτηριακός κύκλος ίριδας 6. Ενδοσκληρικό φλεβικό πλέγμα<sup>2</sup>**

Παράγοντες που μειώνουν την ταχύτητα παραγωγής του υδατοειδούς υγρού είναι η ηλικία, η άσκηση, η μειωμένη αρτηριακή πίεση, η αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση και φαρμακευτικές ουσίες. Ακόμα μείωση της παραγωγής του υδατοειδούς υγρού μπορεί να προκαλέσει η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς, η αποκόλληση του χοριοειδούς και η φλεγμονή του πρόσθιου τμήματος του οφθαλμού. Επίσης παράγοντες που αυξάνουν την παραγωγή του υδατοειδούς υγρού είναι η μείωση της ωσμωτικότητας του πλάσματος και η αδρεναλίνη λόγω της ενεργοποίησης των β υποδοχέων του επιθηλίου του ακτινωτού.<sup>3</sup>

### **2.3 Φυσιολογία υδατοειδούς υγρού**

Το υδατοειδές υγρό πληροί τον πρόσθιο θάλαμο (0,25ml) και τον οπίσθιο θάλαμο (0,06ml). Παράγεται από το μη χρωστικοφόρο επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος (90%) και μόνο το 10% από την ίριδα. Το μεγαλύτερο μέρος του υδατοειδούς υγρού παράγεται ενεργητικά, περίπου 80%, κυρίως με την αντλία Na – K, και λιγότερο παθητικά, περίπου 20%, με υπερδιήθηση από τη διαφορά υδροστατικής πίεσης μεταξύ του τριχοειδικού δικτύου των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος και του οπίσθιου θαλάμου. Παράγοντες οι οποίοι αναστέλλουν τον ενεργό μεταβολισμό και ελαττώνουν την έκκριση του υδατοειδούς υγρού είναι η υποξία, η υπερθερμία και είναι ανεξάρτητη από το ύψος της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>1,2</sup>



**Εικόνα 2.3.1 Ανατομικά στοιχεία του πρόσθιου ημιμορίου του οφθαλμού και της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου. Φυσιολογική ροή υδατοειδούς υγρού.**

Στη συνέχεια μέσω του κορικού χείλους κατευθύνεται στον πρόσθιο θάλαμο και από εκεί απάγεται μέσω δύο διαφορετικών οδών, δια του γωνιακού δικτυωτού και μέσω της ραγοριδοσκληρικής οδού. Μέσω της συμβατικής αποχέτευσης, το υδατοειδές αποχέτευεται από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου, περνώντας από κανάλια και πόρους του trabeculum στο σωλήνα του Schlemm, και κατευθύνεται μέσω των αθροιστικών σωληναρίων στις επισκληρικές φλέβες. Μέσω της ραγοειδοσκληρικής οδού, το υδατοειδές υγρό διέρχεται από τα διαστήματα του ακτινωτού μυός στον υπερακτινωτό και υπερχοριοειδικό χώρο και αποχέτευεται μέσω του σκληρού ή της αιματικής κυκλοφορίας.<sup>1,2</sup>

Σε συνθήκες ισορροπίας ο ρυθμός παραγωγής του υδατοειδούς υγρού ( $F_{in}$ ) ισούται με το ρυθμό αποχέτευσης ( $F_{out}$ ). (Μονάδα μέτρησης  $\mu\text{l}/\text{min}$ )

Θέλοντας να δώσουμε μια ποσοτική προσέγγιση της παραγωγής και αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού περιγράφουμε τα παρακάτω μεγέθη:

Ο ρυθμός παραγωγής του υδατοειδούς υγρού ισούται με το άθροισμα του ρυθμού παραγωγής του υδατοειδούς υγρού με έκκριση και του ρυθμού παραγωγής του υδατοειδούς υγρού με υπερδιήθηση. Σε φυσιολογικές συνθήκες ισούται με  $2,5\mu\text{l}/\text{min}$ .<sup>2</sup>

$$F_{in} = F_s + F_f \approx 2,5 \text{ l}/\text{min} \quad (3.1)$$

Όπου:

$F_s$ : ο ρυθμός παραγωγής του υδατοειδούς υγρού με έκκριση

**F<sub>f</sub>**: ο ρυθμός παραγωγής του υδατοειδούς υγρού με υπερδιήθηση

Ακόμα προκύπτει ότι ο ρυθμός αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού ισούται με το άθροισμα του ρυθμού αποχέτευσης μέσω της συμβατικής οδού και του ρυθμού αποχέτευσης μέσω της εναλλακτικής οδού.<sup>11</sup>

$$\mathbf{F_{out} = F_{trab} + F_u = \text{ρυθμός αποχέτευσης} \quad (3.2)}$$

Όπου:

**F<sub>trab</sub>**: ο ρυθμός αποχέτευσης μέσω της συμβατικής οδού (πιεσοεξαρτώμενη οδός)

**F<sub>u</sub>**: ο ρυθμός αποχέτευσης μέσω εναλλακτικής οδού (οδός ανεξάρτητη από την ενδοφθάλμια πίεση, για ΕΟΠ > 7-10 mmHg)

Επίσης, το υδατοειδές υγρό ακολουθώντας την εναλλακτική οδό, ακολουθεί την κλίση της υδροστατικής πίεσης και εξαρτάται από την αντίσταση που προβάλλεται από τα κανάλια και τους πόρους του trabeculum.<sup>11</sup>

$$\mathbf{C_{tot} = C_{trab} + C_u + C_{ps} \quad (3.3)}$$

Όπου:

**C<sub>tot</sub> (facility)**: η ευχέρεια εκροής μετρημένη σε μ l/minHg\*min (C<sub>tot</sub> =1/R όπου R η αντίσταση ,μετρημένη σε mmHg\*min/μl)

**C<sub>ps</sub>**: η ευχέρεια παραγωγής υδατοειδούς υγρού

**C<sub>trab</sub>**: η ευχέρεια αποχέτευσης του υδατοειδούς μέσω της συμβατικής οδού

**C<sub>u</sub>**: η ευχέρεια αποχέτευσης του υδατοειδούς μέσω της εναλλακτικής οδού.

Σύμφωνα με την τροποποιημένη εξίσωση του Goldmann η κυκλοφορία του υδατοειδούς υγρού μπορεί να προσεγγιστεί από την ακόλουθη σχέση<sup>11</sup>:

$$\mathbf{F_{in} = F_{out} = C_{trab} (P_i - P_e) + F_u \quad (3.4)}$$

Όπου:

**P<sub>i</sub>**: η ενδοφθάλμια πίεση (~ 16 mmHg, φυσιολογική τιμή στον άνθρωπο)

**P<sub>e</sub>**: η επισκληρική φλεβική πίεση (~ 9 mmHg, φυσιολογική τιμή στον άνθρωπο)

Τέλος, σύμφωνα με τη σχέση που προτάθηκε από τον Brubaker<sup>16</sup>, η αντίσταση που προβάλλει η συμβατική οδός στην αποχέτευση είναι και αυτή πιεσοεξαρτώμενη, μάλιστα αυξάνεται με την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, και περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση:

$$R_{\text{trab}} = R_o + R_o * Q * (P_i - P_e) \quad (3.5)$$

Όπου:

**Q** : συντελεστής που εκφράζει κλασματική μεταβολή στην αντίσταση  $R_o$  ,όταν η ενδοφθάλμια πίεση μεταβάλλεται κατά 1 mmHg

**$R_o$**  : η αντίσταση εκροής όταν η ενδοφθάλμια πίεση γίνει ίση με την πίεση στο επισκληρικό φλεβικό δίκτυο

**$P_i$**  : η ενδοφθάλμια πίεση

**$P_e$**  : η επισκληρική φλεβική πίεση

#### 2.4 Βασικές λειτουργίες του υδατοειδούς υγρού

Μια από τις βασικές λειτουργίες του υδατοειδούς υγρού είναι η μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών (γλυκόζη, αμινοξέα) στις ανάγγειες κατασκευές όπως ο κρυσταλλοειδής φακός, ο κερατοειδής, το trabeculum αλλά και η πρόσθια επιφάνεια του υαλοειδούς. Ακόμα, η υψηλή περιεκτικότητα του υδατοειδούς υγρού σε ασκορβικό οξύ χρησιμεύει ως αντιοξειδωτικό, ρυθμίζει την κατάσταση υδρογέλης των γλυκοζαμινογλυκανών στο trabeculum, απορροφά μερικώς την καταρρακτογόνο υπεριώδη ακτινοβολία και δρα ως ουσία καθαρισμού των υπεροξειδίων. Επίσης, απομακρύνει τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού (γαλακτικού οξέος, πυροσταφυλικού οξέος και  $CO_2$ ) του κρυσταλλοειδούς φακού και του κερατοειδή. Ακόμα μια σημαντική λειτουργία του υδατοειδούς υγρού είναι η ρύθμιση της ενδοφθάλμιας πίεσης και η διατήρηση του σχήματος και της εσωτερικής δομής του οφθαλμού. Μια ακόμα λειτουργία του είναι η διευκόλυνση των κυτταρικών και χημικών ανοσοαπαντήσεων σε φλεγμονή και λοίμωξη. Τέλος, το υδατοειδές υγρό βοηθάει στην αποχέτευση του αίματος, μικροφάγων και άλλων φλεγμονωδών κυττάρων και προϊόντων από τον πρόσθιο θάλαμο.<sup>3</sup>

## Κεφάλαιο 3ο

### Η ΕΝΔΟΦΘΑΛΜΙΑ ΠΙΕΣΗ

#### 3.1 Η ενδοφθάλμια πίεση

Ενδοφθάλμια πίεση (intraocular pressure, IOP) ονομάζουμε την πίεση που ασκεί το υδατοειδές υγρό στα τοιχώματα του οφθαλμού. Η ενδοφθάλμια πίεση εξαρτάται από το ισοζύγιο του ρυθμού παραγωγής και του ρυθμού αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού. Ο ρυθμός αποχέτευσης εξαρτάται από την αντίσταση την οποία συναντά στα κανάλια αποχέτευσης αλλά και από το επίπεδο πίεσης των επισκληρικών φλεβών.

Ο ρυθμός έκκρισης του υδατοειδούς υγρού είναι ανάλογος της ενδοφθάλμιας πίεσης πλην της πίεσης των επισκληρικών φλεβών. Η συσχέτιση των τριών αυτών παραγόντων μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$\Pi_o = (P / E) + \Pi_e \quad (1)$$

Όπου:

$\Pi_o$ : η ενδοφθάλμια πίεση (σε mmHg)

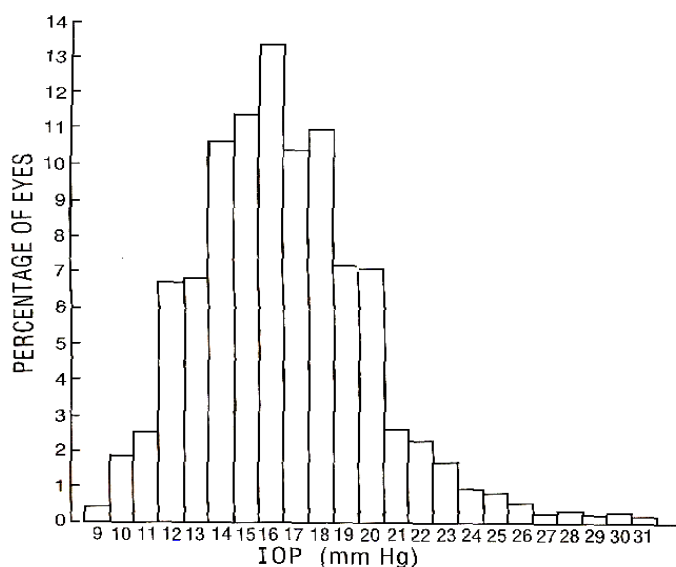
P: ο ρυθμός αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού (φυσιολογικός 2  $\mu$ l /min)

E: η ευχέρεια αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού (φυσιολογική 0,2  $\mu$ l /min ανά mmHg)

$\Pi_e$ : η πίεση των επισκληρικών φλεβών.<sup>1</sup>

#### 3.2 Φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση

Στο γενικό πληθυσμό η φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 15 και 16 mmHg, με σταθερά απόκλισης (SD) 2,5-3,0 mmHg.<sup>2</sup> Τα ανώτερα αποδεκτά όρια είναι 21-22 mmHg και επίπεδα υψηλότερα αυτής λαμβάνονται ως ύποπτα. Ωστόσο, σε ορισμένους γλαυκωματικούς ασθενείς οι αλλοιώσεις εμφανίζονται για τιμές ενδοφθάλμιας πίεσης μικρότερη από 21 mmHg (γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης), ενώ άλλοι παραμένουν χωρίς βλάβες με τιμές πίεσης οι οποίες φτάνουν μέχρι και τα 25 mmHg (οφθαλμική υπερτονία).<sup>1</sup>



**Εικόνα 3.1: Κατανομή συχνότητας ενδοφθάλμιας πίεσης<sup>11,17</sup>**

Εάν, η διασπορά της ενδοφθάλμιας πίεσης των φυσιολογικών ατόμων ακολουθεί την καμπύλη του Gauss, τότε το 97,5% των ατόμων θα έχουν ανώτερη ενδοφθάλμια πίεση  $\leq 21$  mmHg ( $M + 2SD$ ) και το 99,5% ενδοφθάλμια πίεση  $\leq 24$  mmHg ( $M + 3SD$ ).

Μερικοί ερευνητές, όμως, υποστηρίζουν ότι υπάρχουν φυσιολογικά άτομα που η ενδοφθάλμια πίεση τους βρίσκεται στα πιο πάνω ανώτερα όρια και ότι η φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση του ανθρώπου δεν ακολουθεί υποχρεωτικά την καμπύλη του Gauss.<sup>2</sup>

Τέλος, καταλήγουμε ότι "φυσιολογική" ενδοφθάλμια πίεση ορίζεται η πίεση που δεν προκαλεί γλαυκωματικές αλλοιώσεις.

### 3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ενδοφθάλμια πίεση

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την ενδοφθάλμια πίεση είναι η ηλικία. Η μέση φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση αυξάνεται με την ηλικία (για άτομα  $> 40$  ετών), είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι τα ανώτερα όρια δεν ξεπερνούν τα 21-22 mmHg. Ενώ τα ανώτερα όρια ισχύουν σχεδόν για ολόκληρο τον πληθυσμό της γης, στους Ιάπωνες παρατηρήθηκε τελευταία ότι η ενδοφθάλμια πίεση ελαττώνεται με την ηλικία. Κατά το γήρας όμως, ( $> 60$  ετών) μελέτες που έγιναν σε ευρωπαϊκούς και αμερικανικούς πληθυσμούς, έδειξαν ότι η μέση ενδοφθάλμια πίεση ελαττώνεται, κυρίως στους άνδρες. Ακόμα ένας παράγοντας είναι το φύλο. Ο γυναικείος πληθυσμός έχει μέση φυσιολογική πίεση ελαφρώς ανώτερη απ' αυτή των ανδρών και αυτό οφείλεται προφανώς σε ορμονικούς παράγοντες.

Εκτός από τους γενετικούς παράγοντες, υπάρχει πλήθος συστηματικών παραγόντων που επηρεάζουν την ενδοφθάλμια πίεση σε φυσιολογικές συνθήκες. Όπως η παχυσαρκία, έχει παρατηρηθεί ότι τα παχύσαρκα άτομα παρουσιάζουν υψηλότερη ενδοφθάλμια πίεση. Αυτό

μπορεί να οφείλεται στην τοπική αύξηση λίπους γύρω από το κόγχο και στην πιθανή αύξηση της πυκνότητας του αίματος. Ακόμα έρευνες απέδειξαν ότι υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ του ύψους της συστηματικής πίεσης ( κυρίως της συστολικής) και της ενδοφθάλμιας πίεσης. Τα άτομα που έχουν υψηλή συστολική πίεση του αίματος, παρουσιάζουν και υψηλότερη ενδοφθάλμια πίεση, πάντα μέσα στα φυσιολογικά όρια. Η επίδραση αυτή της συστολικής πίεσης αποδίδεται κυρίως στην αύξηση υπερδιήθησης του υδατοειδούς υγρού, λόγω αύξησης της πίεσης στα τριχοειδή του ακτινωτού σώματος.

Επίσης, μεταβολές της φυσιολογικής ενδοφθάλμιας πίεσης μπορεί να οφείλονται στη διακύμανση της ενδοφθάλμιας πίεσης ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Οι υψηλότερες τιμές της ενδοφθάλμιας πίεσης στα φυσιολογικά άτομα παρατηρούνται τις πρωινές ώρες, μεταξύ 8 και 12 π.μ., και χαμηλότερες το απόγευμα.<sup>1</sup> Οι ημερήσιες μεταβολές της ενδοφθάλμιας πίεσης κυμαίνονται μεταξύ 3 και 6 mmHg. Διαφορές μεγαλύτερες των 10 mmHg χαρακτηρίζονται παθολογικές. Στις μεταβολές της ενδοφθάλμιας πίεσης σημαντικό ρόλο παίζει το ύψος των κορτικοστεροειδών στο αίμα. Παρατηρήθηκε ότι 3-4 ώρες πριν την άνοδο της ενδοφθάλμιας πίεσης αυξάνεται η κορτιζόλη στο πλάσμα. Εκτός από τις ημερήσιες μεταβολές της ενδοφθάλμιας πίεσης παρατηρήθηκαν και εποχιακές διακυμάνσεις. Είναι υψηλότερη κατά τον χειμώνα και χαμηλότερη την άνοιξη. Οι ημερήσιες και οι εποχιακές διακυμάνσεις εξαρτώνται από την ιδιοσυγκρασία κάθε ατόμου και είναι μεγαλύτερες στα γλαυκωματικά άτομα. Η φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση μεταβάλλεται, ελαφρά όμως, όταν το άτομο περνά από την καθιστική θέση στην οριζόντια, αυξάνεται κατά 0,3 -0,6 mmHg. Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στα άτομα με ενδοφθάλμια υπέρταση, χρόνια γλαύκωμα και γλαύκωμα χαμηλής ενδοφθάλμιας πίεσης. Πιστεύεται ότι οι μεταβολές αυτές της ενδοφθάλμιας πίεσης οφείλονται στην αύξηση της πίεσης στις επισκληρικές φλέβες, όταν το άτομο βρίσκεται στην οριζόντια θέση. Τέλος, η φυσιολογική ενδοφθάλμια πίεση φαίνεται να επηρεάζεται ακόμα και από το μήκος του βολβού. Τα μυωπικά άτομα εμφανίζουν υψηλότερη ενδοφθάλμια πίεση από τα εμμετρικά.

Τελειώνοντας, έχει παρατηρηθεί η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης μετά από χρήση κολλυρίου κορτιζόνης. Έχει αποδειχθεί εδώ και πολλά χρόνια ότι η χρήση κορτιζονούχου κολλυρίου, 4 φορές τη μέρα για 6 εβδομάδες, προκαλεί αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης > 31 mmHg στο 5% του γενικού πληθυσμού. Το 35% θα παρουσιάσει αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης κυμαινόμενη μεταξύ 22- 30 mmHg και το υπόλοιπο 60% του γενικού πληθυσμού δεν θα παρουσιάσει καμία μεταβολή της ενδοφθάλμιας πίεσης. Υποστηρίζεται ότι η απάντηση της ενδοφθάλμιας πίεσης στη χρήση κορτιζόνης προσδιορίζεται γενετικά. Ακόμα η χορήγηση κολλυρίου κορτιζόνης σε ασθενείς με χρόνια απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας καθώς και σε απογόνους πρώτου βαθμού πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Τέλος, η διακοπή της τοπικής χρήσης κορτιζονούχου κολλυρίου έχει σαν αποτέλεσμα την σταδιακή ελάττωση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>2</sup>

### 3.4 Οπτικό νεύρο

Το οπτικό νεύρο, αποτελείται από περισσότερες από 1,2 εκατομμύρια νευρικές ίνες. Αυτές οι νευρικές ίνες, προέρχονται από τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή, συγκεντρώνονται σε μια δέσμη, το οπτικό νεύρο και μεταφέρουν οπτικές πληροφορίες στον εγκέφαλο. Μια διακοπή της συνέχειας αυτών των νευρικών ινών έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της όρασης.

Το σημείο της έκφυσης του οπτικού νεύρου μπορεί να γίνει ορατό χρησιμοποιώντας το οφθαλμοσκόπιο. Το σημείο αυτό καλείται οπτική θηλή. Η οπτική θηλή συχνά έχει μια μικρή εμβύθιση, η οποία καλείται κοίλανση της οπτικής θηλής. Το μέγεθος της κοίλανσης σε φυσιολογικά μάτια μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν κοιτάμε με το οφθαλμοσκόπιο, η φυσιολογική οπτική θηλή (Εικόνα 4.1) έχει σχήμα ελαφρώς ωοειδές με τη μεγαλύτερη διάμετρο στον κάθετο μεσημβρινό και χρώμα ροζ. Μια κεντρική κοίλανση της επιφάνειας της θηλής λέγεται "φυσιολογική κοίλανση". Βλάβες που παρατηρούνται με το οφθαλμοσκόπιο, εκτιμώνται όσον αφορά την έκταση τους με μονάδα αναφοράς τη διάμετρο της οπτικής θηλής ( 1 θηλαία διάμετρος =1,5 mm).

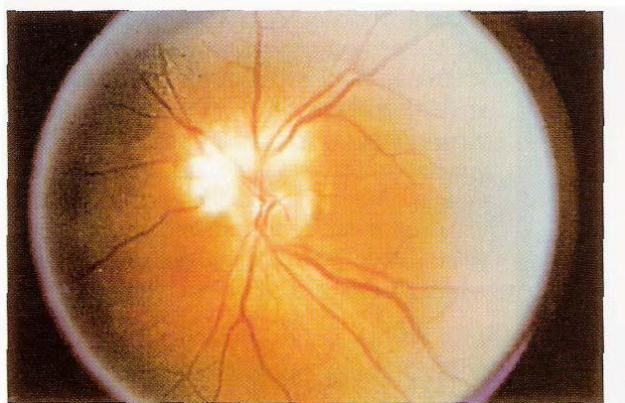


**Εικόνα 3.4.1: Φυσιολογική οπτική θηλή**

Υπάρχει, όμως, μεγάλος αριθμός φυσιολογικών παραλλαγών στην εμφάνιση της οπτικής θηλής. Οι μελαχρωστικές στιβάδες του ματιού (ο χοριοειδής και το μελάχρον επιθήλιο του αμφιβληστροειδή) συχνά δε φτάνουν μέχρι την παρυφή της οπτικής θηλής, δημιουργώντας έτσι ένα μηνίσκο με έλλειψη χρωστικής μεταξύ αυτών και του χείλους της θηλής. Ακόμα, υπάρχει περίπτωση σε μερικά μάτια να υπάρχει περίσσεια χρωστικής που δημιουργεί ένα έντονο μελαχρωματικό χείλος γύρω από την οπτική θηλή.

Οι νευρικές ίνες του αμφιβληστροειδή (δηλαδή οι νευροάξονες των γαγγλιακών κυττάρων) είναι κατά κανόνα αμύελες στην οπτική θηλή και τον αμφιβληστροειδή, δημιουργώντας μια πυκνή, λευκή, επιφανειακή θολερότητα με χνουδωτή παρυφή (Εικόνα 4.2).<sup>6</sup>





**Εικόνα 3.4.2** Εμμύελες νευρικές ίνες

### **3.5 Σχέση ενδοφθάλμιας πίεσης και οπτικού νεύρου**

Η ενδοφθάλμια πίεση ασκείται σε όλα τα τοιχώματα του οφθαλμού συμπεριλαμβανομένου του οπτικού νεύρου και των αγγείων του. Το οπτικό νεύρο αιματώνεται από κλάδους της οφθαλμικής αρτηρίας, η οποία είναι κλάδος της έσω καρωτίδας. Εάν η πίεση στο μάτι είναι πολύ υψηλή, μπορεί να παρεμποδίζεται η επαρκής αιμάτωση του οπτικού νεύρου. Αν το φαινόμενο έχει παρατεταμένη διάρκεια, αυτή η ελλιπής αιματική παροχή μπορεί να καταστρέψει το νεύρο.

Καταστροφή του οπτικού νεύρου προκαλεί ελλείμματα του οπτικού πεδίου. Τα ελλείμματα αυτά είναι επιλεκτικά, αλλά με την πάροδο του χρόνου μπορεί να γίνουν εκτεταμένα ή να καταλήξουν ακόμη και σε ολική απώλεια του οπτικού πεδίου. Η ανίχνευση των ελλειμμάτων του οπτικού πεδίου πραγματοποιείται με τον έλεγχο του οπτικού πεδίου. Η οπτική οξύτητα συχνά δεν επηρεάζεται αρχικά. Με τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και την εκτίμηση της εμφάνισης του οπτικού νεύρου, μπορεί να ανιχνευθεί ενδεχόμενη ή υπαρκτή βλάβη, ώστε ζητηθεί εκτίμηση από ιατρό και να αρχίσει η κατάλληλη θεραπεία.<sup>6</sup>

### **3.6 Διατήρηση ενδοφθάλμιας πίεσης**

Η διατήρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης εξαρτάται από το μηχανισμό που ισορροπεί την ενδοφθάλμια πίεση και την αρτηριακή πίεση. Αλλαγές της ενδοφθάλμιας πίεσης μπορούν να προκαλέσουν η ηλικία, το φύλο, ορμονικές διαταραχές, λήψη φαρμάκων, διακυμάνσεις στον όγκο του αίματος στον οφθαλμό καθώς και στον καρδιακό ρυθμό. Ακόμα έχει παρατηρηθεί ότι μεταβολές στην πίεση του αίματος στην καρωτίδα συνεπάγονται διακυμάνσεις στην ενδοφθάλμια πίεση. Επίσης, η αναπνοή προκαλεί μικρο-ταλαντώσεις στον οφθαλμό, όπου επηρεάζει την ενδοφθάλμια πίεση. Τέλος, μεγάλες αλλαγές προκαλούν οι εξωτερικές πιέσεις στον οφθαλμό, καθώς και το ανοιγόκλειμα των βλεφάρων.

Όπως προαναφέρθηκε η ενδοφθάλμια πίεση εξαρτάται από το ρυθμό παραγωγής και το ρυθμό αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού, το οποίο εκφράζεται και μέσω της σχέσης του Goldmann, η οποία λέει ότι η ενδοφθάλμια πίεση μεταβάλλεται ανάλογα με το βαθμό έκκρισης του υδατοειδούς υγρού και είναι αντιστρόφως ανάλογη με την αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.

$$P_o = \frac{F}{C} + P_v \quad (6.1)$$

Όπου:

$P_o$ : η ενδοφθάλμια πίεση (mmHg)

$F$ : ο βαθμός έκκρισης του υδατοειδούς υγρού ( $\mu\text{L}/\text{min}$ )

$C$ : η αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού

$P_v$ : η επισκληρική φλεβική πίεση (mmHg)

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΤΟ ΓΛΑΥΚΩΜΑ

#### 4.1 Το γλαύκωμα

Με τον όρο γλαύκωμα εννοούμε ένα σύνολο παθολογικών καταστάσεων του οφθαλμού, που έχουν σαν κοινό εύρημα την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε τέτοιο βαθμό, που να προκαλεί βλάβη στο οπτικό νεύρο και εκπτώσεις του οπτικού πεδίου.<sup>2</sup> Το γλαύκωμα συχνά ονομάζεται «ύπουλος κλέφτης της όρασης»<sup>79</sup> διότι η ασθένεια στα αρχικά της στάδια είναι κατά κανόνα είναι ασυμπτωματική και οι γλαυκωματικοί ασθενείς δεν αντιλαμβάνονται την παρουσία της. Σε πολλές περιπτώσεις οι ασθενείς παραμένουν ασυμπτωματικοί μέχρι όπου συμβεί σοβαρή απώλεια της όρασης χωρίς τις περισσότερες φορές να υπάρχει αποκατάσταση της και δυστυχώς να οδηγούνται τελικά στην τύφλωση.<sup>79,80</sup> Για το λόγο αυτό η πρόληψη (με συχνή παρακολούθηση της Ε.Ο.Π., της οπτικής θηλής και των οπτικών πεδίων) και η έγκαιρη διάγνωση της νόσου είναι σημαντική και προλαμβάνει την ύπαρξη σημαντικής γλαυκωματικής βλάβης.<sup>2,80</sup>

#### 4.2 Συχνότητα του γλαυκώματος

Η συχνότητα του γλαυκώματος στο γενικό πληθυσμό ηλικίας άνω των 40 ετών ανέρχεται στο 1,5%. Έχει παρατηρηθεί ότι στα άτομα της μαύρης φυλής η συχνότητα του γλαυκώματος είναι 15 φορές υψηλότερη από ότι στα άτομα της λευκής φυλής στην ίδια ηλικιακή ομάδα (>40 ετών). Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη το 2000, ο αριθμός των ασθενών που πάσχουν από γλαύκωμα παγκοσμίως ανέρχεται στα 66,8 εκατομμύρια. Ενώ στις ΗΠΑ υπολογίστηκε ότι 2 εκ. άτομα πάσχουν από κάποιας μορφής γλαύκωμα εκ των οποίων μόνο το ½ γνωρίζει ότι πάσχει. Ακόμα, σύμφωνα με την ίδια μελέτη, υπολογίστηκε ότι 6,7 εκ. άτομα πάσχουν από αμφοτερόπλευρη τύφλωση από γλαυκωματικά σύνδρομα.

Το γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας στις ΗΠΑ είναι η δεύτερη σε συχνότητα αιτία τύφλωσης μετά την ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας και η πρώτη σε συχνότητα αιτία τύφλωσης που δυνητικά προλαμβάνεται. Ακόμα στις ΗΠΑ και στη Δυτική Ευρώπη υπολογίζεται ότι μόνο οι μισοί από τους πάσχοντες από γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας γνωρίζουν ότι πάσχουν, ενώ μόνο το 20% εξ αυτών γνωρίζουν ότι αυτό συσχετίζεται με την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης (ΕΟΠ).

Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι στις ΗΠΑ το 30% του πληθυσμού δεν έχει ακούσει ποτέ για το γλαύκωμα. (βλ. σημειώσεις Ευστάθιου Δετοράκη 2011)

#### 4.3 Πρόκληση γλαυκώματος

Το γλαύκωμα έχει ως μηχανισμό πρόκληση των βλαβών και των λειτουργικών εκπτώσεων, την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης πιο πάνω από τα φυσιολογικά όρια ( 21-25

mmHg). Αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στην οπτική θηλή (αύξηση της φυσιολογικής κοίλανσης) και στο οπτικό νεύρο ( διαταραχές, "σκοτώματα" και ελλείψεις στο οπτικό πεδίο).<sup>7</sup>

#### 4.4 Παράγοντες κινδύνου γλαυκώματος

Στο γλαύκωμα προκαλείται σταδιακή βλάβη στα οπτικά νεύρα<sup>22</sup>, τα οποία είναι υπεύθυνα για την μετάδοση οπτικών ερεθισμάτων από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο. Έτσι επηρεάζονται οι ίνες που φέρουν την πληροφορία από την περιφέρεια του οπτικού πεδίου, προκαλώντας την εμφάνιση περιφερειακά σκοτεινών περιοχών (σκοτώματα). Σταδιακά η απώλεια της περιφερειακής όρασης εξαπλώνεται, αφήνοντας μόνο μια μικρή περιοχή με ικανοποιητική όραση στο κέντρο. Εάν το οπτικό νεύρο καταστραφεί σε όλη του την έκταση, προκαλείται τύφλωση. Όπως είναι γνωστό το γλαύκωμα αποτελεί τη δεύτερη, μετά το καταρράκτη, αιτία τύφλωσης παγκοσμίως.

Ο σημαντικότερος γνωστός παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη γλαυκώματος είναι η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Όμως υπάρχει η περίπτωση το άτομο να έχει αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση αλλά να μην πάσχει από γλαύκωμα. Άλλοι παράγοντες κινδύνου είναι η ηλικία (άνω των 40 ετών), το θετικό οικογενειακό ιστορικό, η μαύρη φυλή, το μικρό πάχος στο κέντρο του κερατοειδή (< 500μm), η συστηματική ή χρόνια χρήση στεροειδών (κορτιζόνης), η πολύ υψηλή μυωπία, ο σακχαρώδης διαβήτης και ιστορικό οφθαλμικού τραύματος.<sup>3,5,81,82</sup>

#### 4.5 Τύποι γλαυκώματος

Δύο είναι οι κύριοι τύποι γλαυκώματος ο *συγγενής ή εξελικτικός* και ο *επίκτητος*. Περαιτέρω υποταξινόμηση σε τύπους ανοικτής και κλειστής γωνίας βασίζεται στον μηχανισμό με τον οποίο παρακωλύεται η αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού. Το γλαύκωμα μπορεί επίσης να είναι *πρωτοπαθές* ή *δευτεροπαθές* ανάλογα με την παρουσία ή απουσία σχετιζόμενων παραγόντων οι οποίοι να συμβάλλουν στην αύξηση της πίεσης. Στα πρωτοπαθή γλαυκώματα η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης δεν σχετίζεται με καμία οφθαλμολογική διαταραχή, ενώ στα δευτεροπαθή γλαυκώματα μια αναγνωρίσιμη οφθαλμική ή μη-οφθαλμική διαταραχή διαφοροποιεί την αποχέτευση του υδατοειδούς, η οποία με τη σειρά της έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Τα δευτεροπαθή γλαυκώματα μπορεί να είναι επίκτητα ή εξελικτικά και του τύπου της ανοικτής ή της κλειστής γωνίας.

Αναλυτικότερα οι κατηγορίες όπου μπορεί να κατηγοριοποιηθεί το γλαύκωμα είναι οι εξής:

#### **4.5.1 Πρωτοπαθές γλαύκωμα**

- A. Χρόνιο απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας
- B. Γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης
- Γ. Πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας

#### **4.5.2 Δευτεροπαθές γλαύκωμα**

- A. Σύνδρομο του μελαγχρωστικού γλαυκώματος
- B. Το ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα
- Γ. Δευτεροπαθές γλαύκωμα οφειλόμενο σε παθήσεις του φακού
- Δ. Δευτεροπαθές γλαύκωμα οφειλόμενο σε αλλοιώσεις του πρόσθιου ραγοειδούς
- E. Τραυματικό γλαύκωμα
- ΣΤ. Μετεγχειρητικό γλαύκωμα
- Z. Νεοαγγειακό ή αιμορραγικό γλαύκωμα
- H. Φαρμακευτικό γλαύκωμα

#### **4.5.3 Συγγενές γλαύκωμα**

- A. Πρωτοπαθές συγγενές γλαύκωμα ή βούφθαλμος ή παιδικό γλαύκωμα
- B. Δευτεροπαθές συγγενές γλαύκωμα

#### **4.5.4 Απόλυτο γλαύκωμα**

Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή μερικών από των πιο συχνών τύπων γλαυκώματος.

#### 4.5.1 Πρωτοπαθές γλαύκωμα

##### A. Χρόνιο απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας

Το χρόνιο απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας προσβάλλει άτομα μεγάλης σχετικά ηλικίας<sup>7</sup> (συνήθως μετά τα 65 χρόνια) και είναι η πιο συνηθισμένη μορφή πρωτοπαθούς γλαυκώματος αποτελώντας το 90 % των πρωτοπαθών γλαυκωμάτων. Ακόμα η νόσος είναι κληρονομική και κληρονομείται κατά τρόπο πολυπαραγοντικό ή πολυγονιδιακό. Αποτελεί τη συχνότερη μορφή όλων των γλαυκωμάτων 1,5 % στο γενικό πληθυσμό ηλικίας άνω των 40 ετών και αυξάνεται με την ηλικία (1,2 % μεταξύ ατόμων ηλικίας 52-64 ετών και 3,5 % στα άτομα ηλικίας 75- 85 ετών). Ακόμα είναι η αιτία τύφλωσης για το 20 % όλων των περιπτώσεων τύφλωσης στη Βρετανία και στις ΗΠΑ. Επίσης σημαντικός παράγοντας στην εμφάνιση του είναι η μυωπία, διότι οι μυωπικοί οφθαλμοί είναι περισσότερο επιρρεπείς στην ανάπτυξη γλαυκωματικής βλάβης.

Χαρακτηρίζεται από στατιστικά υψηλές τιμές της ενδοφθάλμιας πίεσης, από την ανοιχτή γωνία όπως και από την κοίλανση της οπτικής θηλής και εκπτώσεις του οπτικού πεδίου. Παρόλες τις προόδους που έχουν επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια, δεν έχει εξακριβωθεί πλήρως η παθογένεια της νόσου μέχρι σήμερα. Οι περισσότεροι από τους ερευνητές πιστεύουν ότι η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης είναι η πρωτοπαθής αιτία της βλάβης του αμφιβληστροειδούς και του οπτικού νεύρου και ότι η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης οφείλεται κυρίως στην αύξηση της αντίστασης στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού δια μέσου του αποχετευτικού συστήματος της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου, και σε ελάχιστες μόνο περιπτώσεις στην αύξηση της παραγωγής του υδατοειδούς υγρού. Ως προς το ακριβές σημείο της αντίστασης πιστεύεται ότι εντοπίζεται στο λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού (Juxtacanalicular connective tissue) ,που αποτελεί και το έσω τοίχωμα του σωλήνα του Schlemm ή στο ενδοθήλιο αυτό καθ' αυτό του σωλήνα Schlemm. Υπάρχουν ακόμα δεδομένα που υποστηρίζουν ότι και το σύστημα του σωλήνα του Schlemm μπορεί να αποτελεί την έδρα της αύξησης της αντίστασης στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.

Πολλοί χαρακτηρίζουν την εισβολή και την προόδου της νόσου ως «ύπουλη» διότι, συνήθως, ο ασθενής δεν παραπονείται για κανένα σύμπτωμα, έως ότου μετά από πολλά χρόνια επέλθει σημαντική έκπτωση του οπτικού πεδίου και της κεντρικής όρασης. Αν και η νόσος είναι σχεδόν πάντα αμφοπλευρη, ο ένας οφθαλμός συχνά προσβάλλεται νωρίτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό.

Για τη θεραπεία της νόσου χορηγείται συντηρητική φαρμακευτική αγωγή, στην περίπτωση όμως όπου διαπιστωθεί ότι η συντηρητική θεραπεία δεν επαρκεί τότε προχωρούμε στην χειρουργική θεραπεία. Η χειρουργική θεραπεία του χρόνιου απλού γλαυκώματος έχει δύο σκέλη: την ακτινοβολία με ακτίνες laser trabeculum (trabeculoplasty- χρησιμοποιώντας σαν βοηθητική της φαρμακευτικής θεραπείας) και με τη δημιουργία σήραγγας μεταξύ του πρόσθιου και του υπό τον επιπεφυκότα χώρου (trabeculectomy).

## B. Γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης

Ο όρος γλαύκωμα φυσιολογικής πίεσης χρησιμοποιείται για την περιγραφή ενός τύπου γλαυκώματος το οποίο χαρακτηρίζεται από, ενδοφθάλμια πίεση ίση ή μικρότερη από 21mmHg, γλαυκωματική βλάβη του οπτικού δίσκου και απώλεια οπτικού πεδίου, ανοιχτή γωνία αποχέτευσης, προοδευτική γλαυκωματική βλάβη και έλλειψη δευτεροπαθών αιτιών γλαυκωματικής βλάβης οπτικού δίσκου. Ο επιπολασμός του γλαυκώματος φυσιολογικής πίεσης σε άτομα άνω των 40 ετών είναι 0,2% και ο τύπος αυτός αφορά το 16% όλων των περιπτώσεων πρωτοπαθούς γλαυκώματος ανοιχτής γωνίας.

## Γ. Πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας

Ο όρος πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας (Angle closure glaucoma) έγινε αποδεκτός το 1955 για να επισημανθεί το γεγονός ότι η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης είναι αποτέλεσμα λειτουργικής ή οργανικής απόφραξης της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού στη γωνία του πρόσθιου θαλάμου από την επαφή της ρίζας της ίριδας στο έξω τοίχωμα της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου, αποκλειόμενης κάθε άλλης νόσου του οφθαλμού. Έτσι σήμερα δεν υπάρχει ουδεμία αμφιβολία ότι το χρόνιο απλό γλαύκωμα ανοιχτής γωνία και το πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας είναι δύο ξεχωριστές νοσολογικές οντότητες. Αυτό όμως δεν εμποδίζει την σύγχρονη εμφάνιση τους στο ίδιο άτομο και σήμερα πιστεύεται ότι ο συνδυασμός αυτός εμφανίζεται πολύ πιο συχνά.

Το πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας είναι λιγότερη συχνή νόσος απ' ό τι το χρόνιο απλό γλαύκωμα. Η σχέση μεταξύ των δύο νόσων είναι 9:1 περίπου. Η νόσος είναι σπάνια στους κατοίκους των νησιών του Ειρηνικού Ωκεανού (στους οποίους εξάλλου όλες οι μορφές των γλαυκωματικών είναι σπάνιες, καθώς και στους Ινδιάνους της Αμερικής). Σε αντίθεση όμως η νόσος εμφανίζεται πολύ πιο συχνά στους Εσκιμώους της Γροιλανδίας ή του Καναδά. Η συχνότητα της νόσου για άτομα ηλικίας άνω των 60 ετών ανέρχεται για τους άνδρες στο 1,28 % και για τις γυναίκες στο 3,7%, συχνότητες απίστευτα υψηλές αν λάβει κανείς υπ' όψιν ότι στην καυκάσια φυλή η συχνότητα ανέρχεται μόλις στο 1% για άτομα ηλικίας άνω των 40 ετών.

Αυτού του τύπου το γλαύκωμα δεν είναι κληρονομικό, προσβάλλει συχνότερα τις γυναίκες από ότι τους άντρες (σε σχέση 4:1) και εμφανίζεται κατά το δεύτερο ήμισυ της ηλικίας τους.

Τα άτομα που πάσχουν από πρωτοπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας, συνηθίζεται να έχουν παχύτερο και λίγο μετατοπισμένο φακό, καθώς ο φακός είναι παχύτερος του φυσιολογικού κατά το πρόσθιο και οπίσθιο άξονα (μέσος όρος 5,2 mm έναντι 4,5 mm του φυσιολογικού) και προσφύεται στο τοίχωμα του βολβού δια της ζιννείου ζώνης με αποτέλεσμα το «διάφραγμα» ίριδας –φακού να προβάλλει να προβάλλει πιο κοντά προς την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Ακόμα η διάμετρος του κερατοειδούς είναι μικρότερη κατά μέσο όρο 0,25 mm από το φυσιολογικό. Το μήκος του βολβού είναι κατά μέσο όρο μικρότερο του φυσιολογικού (22mm έναντι 22,6-23,1 mm).

Με τη σύμπραξη αυτών των τριών παραγόντων σε ένα οφθαλμό έχουμε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αβαθούς πρόσθιου θαλάμου (μέσο όρο 1,8 mm έναντι 2,8 mm στα φυσιολογικά άτομα) και στενής γωνίας πρόσθιου θαλάμου.

Έτσι οι οφθαλμοί με τα παραπάνω ανατομικά χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να παρουσιάσουν κάποια στιγμή απόφραξη της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου από τη ρίζα της ίριδας. Αποτέλεσμα της απόφραξης είναι η παρεμπόδιση της αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού (ενώ παράγεται συνεχώς νέο υγρό) και η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε υψηλά επίπεδα. Σήμερα θεωρείται ότι τρεις είναι οι κύριοι μηχανισμοί απόφραξης της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου: ο μηχανισμός του κορικού αποκλεισμού, η απόφραξη της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου και ο μηχανισμός του κακοήθους γλαυκώματος.<sup>2</sup>

Τέλος τα άτομα που πάσχουν από αυτόν τον τύπο γλαυκώματος ,συχνά έχουν ναυτία, θάμβος όρασης, κοιλιακό άλγος, δακτύλιος ουράνιου τόξου γύρω από τις πηγές φωτός, θολωμένο κερατοειδή και αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση.

#### **4.5.2 Δευτεροπαθές γλαύκωμα**

Με τον όρο δευτεροπαθές γλαύκωμα ονομάζουμε τις περιπτώσεις εκείνες όπου η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε παθολογικά επίπεδα αποτελεί σύμπτωμα κάποιας άλλης οφθαλμικής πάθησης. Από τη μεγάλη αυτή ομάδα γλαυκωμάτων θα περιγράψουμε ορισμένες μόνο μορφές που απαντώνται συχνότερα στην καθημερινή πράξη.

##### Μεταφλεγμονώδες δευτεροπαθές γλαύκωμα

Εμφανίζεται συνήθως κατά τη διάρκεια οξείας ή χρόνιας πρόσθιας ραγοειδίτιδας (ιριδοκυκλίτιδας). Σε μερικές περιπτώσεις είναι δύσκολο να προσδιορισθεί ο μηχανισμός της αύξησης της ενδοφθάλμιας πίεσης, ενώ σε άλλες περιπτώσεις περισσότεροι του ενός μηχανισμοί είναι δυνατόν να είναι υπεύθυνοι για την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Οι κυριότεροι γνωστοί μέχρι σήμερα μηχανισμοί είναι οι εξής: απόφραξη της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου λόγω κορικού αποκλεισμού, απόφραξη της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου χωρίς κορικό αποκλεισμό και αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης χωρίς προηγηθείσα απόφραξη. Τέλος όταν οι θεραπείες για την καταπολέμηση των φλεγμονών δεν επαρκούν ο ασθενής καταφεύγει στην χειρουργική θεραπεία (τραμπεκουλεκτομή) .

##### Φακογενές δευτεροπαθές γλαύκωμα

Ο φακός του οφθαλμού μπορεί να γίνει αιτία αύξησης της ενδοφθάλμιας πίεσης με διάφορους μηχανισμούς. Οφείλεται σε απόφραξη της γωνίας που αποχετεύει το υδατοειδές υγρό και αύξηση της πίεσης.<sup>7</sup> Οι μέχρι σήμερα γνωστοί μηχανισμοί που προκαλούν δευτεροπαθές γλαύκωμα είναι οι εξής : φακολυτικό γλαύκωμα, δευτεροπαθές γλαύκωμα από



παραμονή φακικών μαζών στον πρόσθιο θάλαμο, φακοαναφυλακτικό γλαύκωμα και φακοτοπικό γλαύκωμα. Η θεραπεία αυτού του τύπου γλαυκώματος είναι η σχολαστική πλύση των φακικών μαζών αφότου απομακρυνθεί ο πάσχων φακός.

### Μετατραματικό γλαύκωμα

Μετατραματικό γλαύκωμα ονομάζεται το δευτεροπαθές γλαύκωμα εμφανιζόμενο μετά από πλήξη του βολβού του οφθαλμού. Η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης διαπιστώνεται είτε κατά τις πρώτες μέρες μετά την πλήξη του βολβού είτε μήνες ή χρόνια μετά την πλήξη. Οφείλεται σε αλλοιώσεις του trabeculum που προκαλούνται από τη διακίνηση των υγρών του οφθαλμού κατά τη διάρκεια της πλήξης με κάποιο αμβλύ όργανο (π.χ. πέτρα, μπαλάκι του τένις, γροθιά). Στις περισσότερες περιπτώσεις η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης υποχωρεί αυτόματα μετά από μερικούς μήνες. Σε λίγες όμως περιπτώσεις η υπερτονία γίνεται μόνιμη, προκαλώντας όλες εκείνες τις βλάβες του χρόνιου απλού γλαυκώματος, όπως κοίλανση της θηλής του οπτικού νεύρου, εκπτώσεις του οπτικού πεδίου και τέλος τύφλωση.

### Νεοαγγειακό γλαύκωμα

Το δευτεροπαθές νεοαγγειακό γλαύκωμα αποτελεί επιπλοκή της ίριδας (ερύθρωση της ίριδας). Η εμφάνιση νεοαγγειώσεων είναι αποτέλεσμα ισχαιμίας του αμφιβληστροειδούς μετά από θρόμβωση της κεντρικής φλέβας του αμφιβληστροειδούς ή βαριάς μορφής διαβήτη αμφιβληστροειδοπάθειας. Τέλος το νεοαγγειακό γλαύκωμα διαιρείται σε τρία στάδια τα οποία είναι τα εξής: ερύθρωση της ίριδας, δευτεροπαθές γλαύκωμα ανοικτής γωνίας και δευτεροπαθές γλαύκωμα κλειστής γωνίας από συνέχειες.<sup>1</sup>

### Ψευδοαποφολιδωτικό σύνδρομο και γλαύκωμα

Το ψευδοαποφολιδωτικό σύνδρομο χαρακτηρίζεται από την εναπόθεση ελαφρά γριζωπών ή λευκωπών φολιδών στα πρόσθια μόρια του οφθαλμού (πρόσθια επιφάνεια του φακού, κορικό χείλος, ίριδα, ακτινοειδείς προβολές, ζίνναιο ζώνη και γωνία του πρόσθιου θαλάμου).

Το σύνδρομο εμφανίζεται σε όλες σχεδόν τις περιοχές του πλανήτη μας, με συχνότητα από 0,5 – 50% , με υψηλότερη συχνότητα στις σκανδιναβικές χώρες, την Ισλανδία, την Ελλάδα, την Ρωσία, τις Ινδίες και αλλού. Πολύ σημαντικός παράγοντας στην εμφάνιση της ψευδοαποφολίδωσης είναι η ηλικία. Συνήθως εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της 7<sup>ης</sup> δεκαετίας της ζωής ενώ είναι πολύ σπάνια σε ηλικία κάτω των 50 ετών.<sup>1</sup> Ακόμα το σύνδρομο είναι αμφοτερόπλευρο στο 70% των περιπτώσεων και προσβάλλει εξίσου και τα δύο φύλα. Μια λεπτομερής επιδημιολογική μελέτη που έγινε στη περιοχή της Ηπείρου, έδειξε ότι η συχνότητα του ψευδοαποφολιδωτικού συνδρόμου ανέρχεται στο 20- 24% των ατόμων ηλικίας άνω των 50 ετών.

Σύμφωνα με τις νεότερες απόψεις, το ινώδες υλικό των φολίδων παράγεται από το επιθήλιο του ακτινωτού σώματος, της ίριδας και του φακού. Με τη φυσιολογική κίνηση του υδατοειδούς υγρού οι φολίδες παρασύρονται και εναποτίθενται σε όλα σχεδόν τα τμήματα των πρόσθιων μορίων του οφθαλμού.

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον του συνδρόμου είναι ότι πολύ συχνά συνοδεύεται από γλαύκωμα ανοικτής γωνίας, σε συχνότητα που διαφέρει από χώρα σε χώρα (από 3 έως 50%). Ακόμα ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι άτομα με ψευδοαποφολιδωση παρουσιάζουν πολύ συχνά καταρράκτη.

Τέλος, η θεραπεία αυτού του τύπου γλαυκώματος επιτυγχάνεται με φαρμακευτική θεραπεία και σε περιπτώσεις όπου δεν είναι επιτυχείς ο ασθενής προχωράει σε χειρουργική θεραπεία με τραμπεκουλοπλαστική με laser ( Argon laser) ή τραμπεκουλεκτομή.<sup>1</sup>

### Φαρμακευτικό γλαύκωμα

Το κυριότερο φάρμακο που μπορεί να προκαλέσει δευτεροπαθές γλαύκωμα είναι η κορτιζόνη. Η τοπική χρήση κολλυρίου κορτιζόνης καθημερινά και για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του μηνός σε συνδυασμό με κληρονομική προδιάθεση του ασθενούς μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε παθολογικά επίπεδα.<sup>7</sup> Έτσι εάν η χρήση του κολλυρίου παραταθεί για πολλούς μήνες, αναπτύσσεται τυπικό χρόνιο γλαύκωμα ανοικτής γωνίας με κοίλωση της οπτικής θηλής και εκπτώσεις του οπτικού πεδίου, που μπορεί να καταλήξει σε τύφλωση. Η πιο πάνω αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης οφείλεται στην αύξηση της αντίστασης στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.

### **4.5.3 Πρωτοπαθές συγγενές γλαύκωμα (βούφθαλμους)**

Ο όρος πρωτοπαθές συγγενές γλαύκωμα (congenital glaucoma) χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ύπαρξη διαμαρτίας περί την διάπλαση του οφθαλμού κατά την εμβρυική ζωή, που προκαλεί ή θα προκαλέσει κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων ετών της ζωής αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και στη συνέχεια γλαύκωμα.

Ο όρος γλαύκωμα *εκ διαμαρτίας περί την διάπλαση*, πιο γενικά, καλύπτει τα συγγενή γλαυκώματα και μερικά άλλα γλαυκώματα που ονομάζονται νεανικά γλαυκώματα και εμφανίζονται μετά το τρίτο έτος από τη γέννηση και τα οποία επίσης οφείλονται σε διαμαρτία περί την διάπλαση της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου.

Η Αμερικάνικη Σχολή διακρίνει τρεις τύπους γλαυκωμάτων οφειλόμενων σε διαμαρτία περί των διάπλαση της γωνίας: Το συγγενές γλαύκωμα (congenital glaucoma) το οποίο υπάρχει κατά τη γέννηση του ατόμου, το παιδικό γλαύκωμα (infatle glaucoma) που εμφανίζεται κατά την διάρκεια των τριών πρώτων ετών από τη γέννηση και το νεανικό γλαύκωμα (juvenile glaucoma) που εκδηλώνεται κατά την ενηλικίωση του ατόμου.

Επειδή κατά την ενδομήτρια αλλά και κατά τα τρία πρώτα έτη της ζωής του ανθρώπου ο σκληρός χιτώνας και ο κερατοειδής του οφθαλμού βρίσκονται υπό εξέλιξη, η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης στην περίοδο αυτή προκαλεί διάταση ολόκληρου του βολβού. Έτσι ο βολβός παίρνει μεγάλες διαστάσεις εξ ου και το όνομα «βούφθαλμος».

Η νόσος είναι σπάνια 1:10.000 γεννήσεις και το 65% είναι αγόρια. Σε περισσότερο από 2/3 των περιπτώσεων η εμφάνιση είναι σποραδική, δηλαδή η νόσος δεν είναι κληρονομική ούτε οικογενής.

Η παθογένεια της νόσου μέχρι σήμερα αποτελεί ένα αίνιγμα. Δύο είναι οι επικρατέστερες θεωρίες. Σύμφωνα με τους Barkan και Worst η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης οφείλεται στην ύπαρξη μιας κυτταρικής μεμβράνης που καλύπτει και αποφράσσει το trabeculum, για αυτό μετά την θεραπευτική σχάση της μεμβράνης αυτής (γωνιοτομή) η ενδοφθάλμια πίεση επανέρχεται στα φυσιολογικά της όρια. Ενώ σε αντίθεση οι Allen και Maumennee υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχει τέτοια μεμβράνη αλλά ότι η περιφέρεια της ίριδας και το κυκλικό σώμα, που αποτελούν το έσω τοίχωμα της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου, δεν μπόρεσαν να αποχωρισθούν από το ραγοειδικό trebeculum του έξω τοιχώματος, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η ελεύθερη πρόσβαση του υδατοειδούς υγρού προς το trebeculum και το υπόλοιπο αποχετευτικό σύστημα.

Η θεραπεία της νόσου, όταν η διάγνωση γίνει έγκαιρα, είναι κατά βάση χειρουργική, με 65-85% επιτυχία, η επέμβαση ονομάζεται γωνιοτομή. Όμως εκτός από τη γωνιοτομή μπορεί να εφαρμοστεί τραμπεκουλοτομή ή τραμπεκουλέκτομη.

#### **4.5.4 Απόλυτο γλαύκωμα**

Αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα ενός μη αντιρροπούμενου γλαυκώματος. Ο οφθαλμός είναι τυφλός, σκληρός (λόγω μεγάλης αύξησης της ενδοφθάλμιας πίεσης) και συχνά επώδυνος.

#### **4.6 Χειρουργική αντιμετώπιση γλαυκώματος**

Η πρώτη χειρουργική διαδικασία για το γλαύκωμα έχει περιγραφεί από το 1882 Wecker που ονομάζεται μια "φιλτράρισμα ουλή".<sup>23</sup> Η χειρουργική επέμβαση είναι υποχρεωτική στην περίπτωση της τεκμηρίωσης της προόδου του γλαυκώματος παρά τη χορήγηση της μέγιστης ανεκτής ιατρικής θεραπείας καθώς και σε περίπτωση όπου ο ασθενής δεν μπορεί να συμμορφωθεί με την ιατρική θεραπεία όπως και στην περίπτωση όπου έχει προηγηθεί χειρουργική επέμβαση με laser αλλά αδυνατεί να μειώσει επαρκώς την ενδοφθάλμια πίεση.

Οι πρωταρχικοί στόχοι της επέμβασης είναι η μείωση και ο μακροπρόθεσμος έλεγχος της ενδοφθάλμιας πίεσης, η ανάκτηση της όρασης του ασθενή όπως και οι ελάχιστες επιπλοκές της επέμβασης.<sup>24</sup>

Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες χειρουργικές διαδικασίες ανάλογα με τον τύπο του γλαυκώματος. Μερικές από αυτές είναι οι εξής :

#### **4.6.1 Τραμπεκουλοπλαστική**

A. Τραμπεκουλοπλαστική με argon laser (ALT )

B. Τραμπεκουλοπλαστική με διοδικό laser (SLT )

#### **4.6.2 Τραμπεκουλοτομή**

#### **4.6.3 Τραμπεκουλεκτομή**

#### **4.6.4 Εν τω βάθει σκληρεκτομή**

#### **4.6.5 Ένθεση αντιγλαυκωματικής βαλβίδας**

#### **4.6.6 Κυκλοφοτοπηξία - Κυκλοκρυοπηξία**

#### **4.6.7 Ιριδεκτομή**

#### **4.6.8 Γωνιοτομή**

#### **4.6.9 Μη-δισιδυτική**

Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή τους.

#### **4.6.1 Τραμπεκουλοπλαστική**

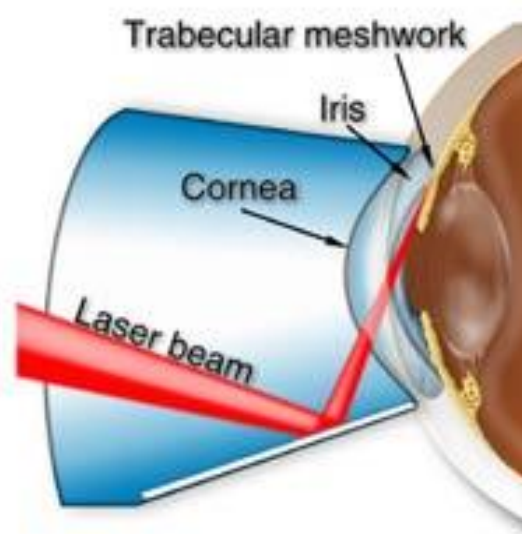
Η τραμπεκουλοπλαστική με laser είναι μια διαδικασία με την οποία εφαρμόζοντας διακριτικά εγκαύματα με laser στον ηθμό αυξάνεται η αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού και μειώνεται η ενδοφθάλμια πίεση. Η θεραπεία με laser μπορεί να επιτευχθεί είτε με το argon laser είτε με το διοδικό laser. Η διαδικασία αυτή αντενδείκνυται σε περιπτώσεις όπου ο ηθμός δεν είναι ορατός, η μέθοδος είναι αναποτελεσματική στα παιδιατρικά γλαυκώματα και στα περισσότερα δευτεροπαθή γλαυκώματα, εκτός του χρωστικού και του ψευδοαποφολιδωτικού γλαυκώματος και μετά από προηγηθείσα αποτυχημένη τραμπεκουλοπλαστική με laser σε 360°.

##### A. Τραμπεκουλοπλαστική με argon laser (ALT )

Παρακάτω περιγράφεται λεπτομερώς η τεχνική της τραμπεκουλοπλαστικής.

Αρχικά ενσταλάζουμε μια σταγόνα απρακλονιδίνη 1% για την πρόληψη πρώιμης μετα-τραμπεκουλοπλαστικής αύξησης της ενδοφθάλμιας πίεσης. Χρησιμοποιούμε κυανή – πράσινη ενέργεια laser με μέγεθος στόχου 50μm, διάρκεια 0,1 sec και αρχική ενέργεια 700 mW. Στη συνέχεια ενσταλάζουμε δύο σταγόνες τοπικού αναισθητικού και τοποθετούμε έναν καθαρό γωνιοφακό ο οποίος φέρει επίστρωση κατά των ανακλάσεων. Με το κάτοπτρο στην 12<sup>η</sup> ώρα ελέγχουμε το κατώτερο τμήμα της γωνίας και αναγνωρίζουμε το σκληραίο περυστήρα και τη γραμμή Schwalbe (η οποία δυνατόν να φέρει χρωστική) και την τρισδιάστατη εμφάνιση του ηθμού σαν τριμμένο γυαλί. Εστιάζουμε τη δέσμη σκόπευσης στη συμβολή μεταξύ χρωστικού και μη-χρωστικού ηθμού, πρέπει να είμαστε βέβαιοι ότι ο στόχος έχει στρογγυλό σχήμα και ευκρινή όρια, ένας ωοειδής στόχος με θολερό περίγραμμα σημαίνει ότι η δέσμη σκόπευσης δεν είναι κάθετη στην επιφάνεια του γωνιοφακού. Στην συνέχεια πυροδοτούμε με το laser, η ιδανική αντίδραση είναι μια παροδική λεύκανση ή η εμφάνιση μιας μικρής φυσαλίδας στο σημείο της πρόσκρουσης. Όταν η προκαλούμενη αντίδραση είναι ανεπαρκής αυξάνουμε την ενέργεια με βήματα των 200mW έως και τα 1200mW. Σε γωνίες με έντονη χρωστική μια ρύθμιση ενέργειας 400mW και μόνο δυνατόν να είναι επαρκής, ενώ κάποιες γωνίες χωρίς χρωστική δυνατόν να χρειαστούν μέχρι και 1200 mW (ο μέσος όρος είναι περίπου 900 mW). Εφαρμόζουμε 25 εγκαύματα με κανονικά μεσοδιαστήματα από τη μια άκρη του κατόπτρου μέχρι την άλλη. Περιστρέφουμε το γωνιοφακό κατά 90° σύμφωνα με τη φορά του ρολογιού και εφαρμόζουμε άλλα 25 εγκαύματα ώστε να έχουμε συνολικά 50 εγκαύματα στη περιοχή της γωνίας 180°. Είναι σημαντικό να υπάρχει εξοικείωση με τον τρόπο περιστροφής του κατόπτρου ώστε τα εγκαύματα να εφαρμόζονται συστηματικά σε διπλανές περιοχές της γωνίας. Τέλος, ενσταλάζουμε μια σταγόνα απρακλονιδίνης 1% και ο ασθενής μπορεί να επιστρέψει σπίτι του με φαρμακευτική αγωγή.

#### Argon Laser Trabeculoplasty (ALT)



**Εικόνα 4.6.1.1: Απεικονιστική περιγραφή τραμπεκουλεκτομής με argon laser (ALT )**

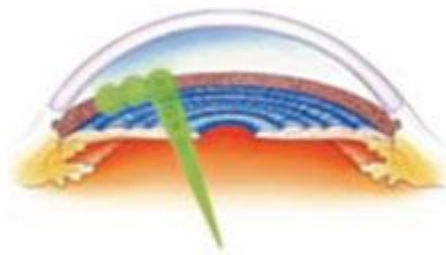
Διάφορες επιπλοκές μπορεί να εμφανιστούν μετά ή κατά τη διάρκεια τις επέμβασης, όπως να αναπτυχθούν περιφερικές πρόσθιες συνέχειες, όταν τα εγκαύματα εφαρμοστούν πολύ πίσω ή το επίπεδο ενέργειας είναι πολύ υψηλό. Να προκληθούν μικρές αιμορραγίες, όταν εφαρμοστούν απρόσεκτα εγκαύματα επί των αιμοφόρων αγγείων της περιφερικής ίριδας ή του ακτινωτού σώματος. Οξεία αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, συμβαίνει στο 25% των ασθενών αν δεν χρησιμοποιηθεί προφυλακτικά απρακλονιδίνη. Πρόσθια ραγοειδίτιδα και τέλος αντίθετα αποτελέσματα σε επακόλουθη διηθητική επέμβαση.

Τα ποσοστά επιτυχίας αυτής της τεχνικής ανέρχονται στο 75-85% σε ασθενείς με πρωτοπαθές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας. Η μέση ελάττωση της πίεσης είναι περίπου 30%, ενώ γενικά το 50% των οφθαλμών είναι ακόμη ελεγχόμενοι μετά από πέντε έτη και περίπου 33% μετά από δέκα έτη. Η τραμπεκουλοπλαστική με laser χρησιμοποιείται σαν αρχική αντιμετώπιση, 50% των περιπτώσεων απαιτούν επιπρόσθετη φαρμακευτική αγωγή εντός δύο ετών.<sup>1</sup> Γενικά τα αποτελέσματα είναι λιγότερο ικανοποιητικά σε ασθενείς κάτω των 50 ετών. Σε μαύρους ασθενείς τα αρχικά ποσοστά επιτυχίας είναι εξίσου καλά, όμως εμφανίζουν μια ταχύτερη απώλεια της δραστηριότητας. Σε ασθενείς με χρωστικό γλαύκωμα τα αποτελέσματα είναι γενικά καλά αν και η ελάττωση της ενδοφθάλμιας πίεσης είναι μικρότερη σε ηλικιωμένους ασθενείς σε σχέση με νεότερους ασθενείς. Τέλος, σε ασθενείς με ψευδοαποφολιδωτικό γλαύκωμα τα αρχικά αποτελέσματα είναι εξαιρετικά, αν και η αποτυχία δυνατόν να εμφανιστεί νωρίτερα σε σχέση με το πρωτοπαθές γλαύκωμα ανοιχτής γωνίας και η αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης να συμβεί γρηγορότερα.

## B. Τραμπεκουλοπλαστική με διοδικό laser (SLT)

Η τραμπεκουλοπλαστική με διοδικό laser δίνει παρόμοια αποτελέσματα με την τραμπεκουλοπλαστική με argon laser, αν και σχετίζεται με μικρότερη διαταραχή του αιματο-υδατικού φραγμού.

Οι βασικές διαφορές των δύο τεχνικών είναι ότι στην τραμπεκουλοπλαστική με διοδικό laser πρέπει να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερα επίπεδα ενέργειας, μεταξύ 800-1200 mW. Ακόμα τα εγκαύματα είναι λιγότερο έντονα σε σχέση με την τραμπεκουλοπλαστική με argon laser και ενώ παρατηρείται λεύκανση, δεν σχηματίζεται φυσαλίδα. Τέλος, το μέγεθος του στόχου είναι 100μm και η διάρκεια της ώσης είναι 0,1 ή 0,2 δευτερόλεπτα.



**Εικόνες 4.6.1.2-3: Απεικονιστική περιγραφή τραμπεκουλεκτομής με διοδικό laser (SLT)**

#### **4.6.2 Τραμπεκουλοτομή**

Στην τεχνική της τραμπεκουλοτομής γίνεται διάνοιξη από έξω, του έσω τοιχώματος του σωλήνα του Schlemm προς το πρόσθιο θάλαμο, σε περιπτώσεις που η θολερότητα του κερατοειδούς δεν επιτρέπει την εφαρμογή της γωνιοτομής. Η από έξω πρόσβαση στο σωλήνα Schlemm καλύπτεται με σκληρικό κρημό.<sup>3</sup>

Πιο λεπτομερώς η διαδικασία ουσιαστικά περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας ψαλίδας ή παρυφής βασιζόμενη στο κρημό του επιπεφυκότος, η δημιουργία ενός τριγωνικού ή ορθογώνιου επιφανειακού κυματισμού του σκληρού χιτώνα, deroofting κανάλι του Schlemm με τομή στη διασταύρωση του μπλε-γκρι ζώνη προσθίως και το λευκό του σκληρού χιτώνα οπισθίως, στη συνέχεια εισαγάγουμε το trabeculotome μέταλλο σε κάθε πλευρά και εισέρχεται εντός του πρόσθιου θαλάμου μετά τη διάρρηξη του εσωτερικού τοιχώματος του καναλιού του Schlemm. Στη συνέχεια ακολουθεί συρραφή του κρημού του σκληρού χιτώνα με μονονηματικό ράμμα νάιλον 10-0 και το πτερύγιο του επιπεφυκότος με 8-0 .

Αρκετές μελέτες ανέφεραν ότι η αρχική διαδικασία, της τραμπεκουλοτομής έχει ένα υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας από ό, τι η γωνιοτομή, αλλά μερικές μελέτες έδειξαν ότι είναι εξίσου αποτελεσματικές.<sup>25</sup>

Όμως η επέμβαση με τραμπεκουλοτομή περιέχει και ορισμένους κινδύνους, όπως πιθανή επιδείνωση της κατάστασης κατά τη διάρκεια μιας επιπλέον καθυστέρησης, το μειωμένο επίπεδο των προσδοκιών επιτυχίας και την προσωρινή ή παρατεταμένη αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>12</sup>

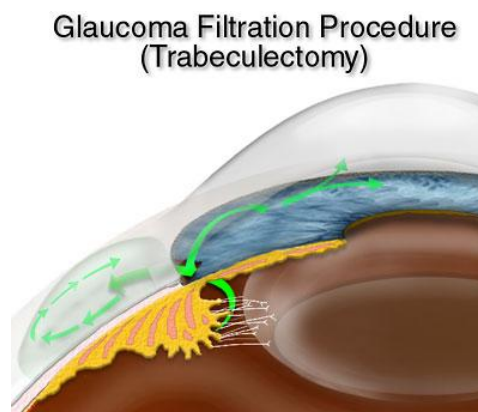
#### **4.6.3 Τραμπεκουλεκτομή**

Η τραμπεκουλεκτομή, εδώ και καιρό έχει καθιερωθεί ως ο χρυσός κανόνας στην χειρουργική του γλαυκώματος επειδή μείωσε τη συχνότητα των μετεγχειρητικών επιπλοκών που σχετίζονται με πλήρους πάχους διαδικασίες.<sup>23,24</sup> Είναι μια συμβατική διηθητική επέμβαση μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης δημιουργώντας ένα νέο δίαυλο (φίστουλα) για

την αποχέτευση του υδατοειδούς, μεταξύ του πρόσθιου θαλάμου και του υποτενονίου χώρου, χωρίς τη χρήση τεχνητής συσκευής. Δύο είναι οι κύριοι τύποι τραμπεκουλεκτομής. Η τραμπεκουλεκτομή μερικού πάχους, κατά την οποία η φίστουλα προστατεύεται ή "φυλάσσεται" από έναν επιφανειακό σκληρικό κρημνό. Έχει χαμηλότερο ποσοστό μετεγχειρητικών επιπλοκών αλλά το μακροχρόνιο ποσοστό αποτυχίας είναι ελαφρά υψηλότερο σε σχέση με τις επεμβάσεις ολικού πάχους. Ενώ ο δεύτερος τύπος τραμπεκουλεκτομής είναι η τραμπεκουλεκτομή ολικού πάχους κατά την οποία η φίστουλα περνά διαμέσου ολόκληρου του πάχους του σκληρού, στις μέρες μας εφαρμόζεται σπάνια.

Παρακάτω περιγράφεται λεπτομερώς η τεχνική της τραμπεκουλεκτομής.

Αρχικά δημιουργούμε έναν επιπεφυκοτικό κρημνό (flap) το οποίο μπορεί να έχει ως βάση είτε το σκληροκερατοειδικό όριο είτε το κόλπωμα του επιπεφυκότα. Το περίγραμμα του επιπεφανειακού σκληρικού κρημνού γίνεται με διαθερμία υγρού πεδίου και έπειτα γίνονται τομές κατά μήκος των σημαδιών της διαθερμίας περίπου στα δύο-τρίτα του πάχους του σκληρού. Το flap μπορεί να είναι ορθογώνιο (3x4 mm), τετράγωνο ή τρίγωνο, ανάλογα με την προτίμηση. Στη συνέχεια ο διαχωρισμός του επιφανειακού σκληρικού κρημνού γίνεται διατηρώντας τη λεπίδα επίπεδη στο σκληρό και συνεχίζοντας τη διατομή προσθίως στο ίδιο επίπεδο μέχρι να φθάσουμε σε καθαρό κερατοειδή. Μια παρακέντηση γίνεται με μαχαιρίδιο με λεπτή λεπίδα, άνω κροταφικά, σε περιφερικό καθαρό κερατοειδή. Η βαθιά σκληρεκτομή είναι το δυσκολότερο τμήμα της επέμβασης. Περιλαμβάνει την εκτομή ενός βαθιού ορθογώνιου τμήματος (1,5x 3 mm) το οποίο δυνατόν να περιέχει σκληραίο πτερνιστήρα, σωλήνα του Schlemm, ηθμό, γραμμή Schwalbe και περιφερικό κερατοειδή. Μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μαχαιριδίου και ψαλιδιών ή με ειδική λαβίδα (Kelly). Στη συνέχεια εκτελείται μια περιφερική ιριδεκτομή για να προληφθεί η απόφραξη του έσω ανοίγματος από την περιφερική ίριδα. Ο επιφανειακός κρημνός συρράβεται και ισοτονικό διάλυμα άλατος ενίεται στον πρόσθιο θάλαμο από την παρακέντηση με βελόνα Rycroft. Με αυτήν τη δοκιμασία ελέγχεται η βατότητα της φίστουλας και γίνεται δυνατός ο έλεγχος για πιθανές οπές ή διαρροές. Τέλος κλείνεται ο επιπεφυκός.



**Εικόνα 4.6.1.4: Απεικονιστική περιγραφή τραμπεκουλεκτομής**



Όμως πολλές είναι οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπλοκές της επέμβασης με τραμπεκουλεκτομή. Μια επιπλοκή είναι ο αβαθής πρόσθιος θάλαμος, όπου είναι σπάνια, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις ο θάλαμος ανασχηματίζεται αυτόματα, στις περιπτώσεις όμως όπου αυτό δεν συμβαίνει έχει σαν αποτέλεσμα σοβαρές επιπλοκές όπως περιφερικές πρόσθιες συνέχειες, βλάβη του ενδοθηλίου του κερατοειδούς, καταρράκτης επιταχυνόμενης εξέλιξης και παρατεταμένη ή μόνιμη μείωση όρασης από ωχροπάθεια συνεχιζόμενη με υποτονία. Τα κύρια αίτια του αβαθή πρόσθιου θαλάμου είναι η διαρροή από την τομή, η υπερβολική διήθηση, ο κορικός αποκλεισμός και το κακοήθες γλαύκωμα. Άλλες επιπλοκές που μπορεί να συναντήσουμε είναι αιμορραγία, βακτηριακή λοίμωξη, επιπλοκές στις συσκευές αποχέτευσης, εκτομή του δοκιδωτού, επιπλοκές σχετιζόμενες με την αναισθησία, πρώιμες μετεγχειρητικές επιπλοκές και μεγαλύτερες σχισμές στη κάψουλα του επιπεφυκότα, οι οποίες οφείλονται στη κακή απεικόνιση και χρήση των αντανάκλαστικών μέσων. Ακόμα επιπλοκές του κρημνού του σκληρού, όπου το επαρκές βάθος του σκληρού χιτώνα είναι αναγκαίο για να αποφευχθεί το σχίσμο του κρημνού. Επίσης αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με βαθύ πρόσθιο θάλαμο, η οποία συνήθως οφείλεται σε σφιχτό κλείσιμο του τραύματος ή φυσαλίδα στο ενδοθήλιο και αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με αβαθή πρόσθιο θάλαμο η οποία μπορεί να οφείλεται στο μπλοκ της κόρης, σε εσφαλμένη υδατική κατεύθυνση ή σε υπερχειροειδική αιμορραγία. Τέλος οι αργές μετεγχειρητικές επιπλοκές οφείλονται κυρίως στις μακροπρόθεσμες αλλαγές στα χαρακτηριστικά της φυσαλίδας, τέτοιες είναι η χρόνια υποτονία, διαρροές της φλύκταινας και αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>1,23,24</sup>

Προκειμένου να αυξηθούν τα ποσοστά επιτυχίας της τραμπεκουλεκτομής πολλοί χειρουργοί καταφεύγουν στη χρήση αντιμεταβολιτών οι οποίοι μειώνουν τη δημιουργία ινώδους ιστού. Αυτό συμβαίνει διότι η μετεγχειρητική φλεγμονή οδηγεί στη δημιουργία ινώδους ιστού στην περιοχή της εγχείρησης και συγκεκριμένα στο σκληρικό κρημό και στο χώρο κάτω από τον επιπεφυκότα. Οι δυο αντιμεταβολίτες που χρησιμοποιούνται στη χειρουργική του γλαυκώματος, είναι η 5-φούρακίλη (5-FU) και η μιτομυκίνη (MMC). Η 5-FU αναστέλλει τη σύνθεση του DNA και δρα κατά τη φάση 'S' (συνθετική φάση) του κυτταρικού κύκλου. Αναστέλλεται η ανάπτυξη ινοβλαστών, όμως η ινοβλαστική σύνδεση και μετανάστευση παραμένουν ανεπηρέαστες. Το φάρμακο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καθημερινές υποεπιπεφυκοτικές ενέσεις των 5mg για 5-7 μέρες ή με διεγχειρητική εφαρμογή. Η μιτομυκίνη-C είναι ένας αλκυλιωτικός παράγοντας ο οποίος διακόπτει εκλεκτικά την αναπαραγωγή του DNA, αναστέλλει τη μίτωση και τη σύνθεση πρωτεϊνών. Το φάρμακο αναστέλλει την ανάπτυξη ινοβλαστών και *in vitro* φαίνεται να είναι περισσότερο δραστικός από την 5-FU. Καταστέλλει επίσης την ανάπτυξη αγγείων. Η μιτομυκίνη-C χρησιμοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Η καταλληλότερη συγκέντρωση και χρόνος έκθεσης δεν είναι γνωστός, αν και υψηλές συγκεντρώσεις και παρατεταμένη έκθεση σχετίζονται με αυξημένη συχνότητα επιπλοκών. Η προτεινόμενη συγκέντρωση για την ώρα είναι 0.02% (2 mg σε 10ml) και χρόνος έκθεσης 2 λεπτά.<sup>1,26</sup>

#### 4.6.4 Εν τω βάθει σκληρεκτομή

Στην τεχνική της βαθιάς σκληρεκτομής αφού παρασκευαστεί ο επιπεφυκότας και ο επιπολής σκληρός κρημνός με σταθερή βάση το σκληροκερατοειδικό όριο, παρασκευάζεται και ένας δεύτερος εν τω βάθει σκληρός κρημνός, ο οποίος και αφαιρείται. Ακόμα διανοίγεται και ο σωλήνας του Schlemm. Η διαφορά από τις τυπικές συριγγοποιητικές επεμβάσεις (τραμπεκουλεκτομή) είναι ότι δεν έχουμε είσοδο στον πρόσθιο θάλαμο.

Πιο λεπτομερώς στο σκληροκερατοειδικό όριο με βάση του περύγιου τον επιπεφυκότα γίνεται μια αντιμεταβολή του επιπεφυκότα, ακολουθούμενη από άφθονη έκπλυση. Στη συνέχεια δημιουργείται ένας σκληρός κρημνός, διαστάσεων  $5 \times 5$  mm, (ένα- τρίτο του σκληρού χιτώνα του βάθους) με επιφανειακή βάση στο σκληροκερατοειδικό όριο, είναι διαμορφωμένο και παρατάθηκε 1,5 χιλιοστά μέσα στο διαυγές κερατοειδή. Ένα δεύτερο σκληρό κρημνό, διαστάσεων  $4 \times 4$  mm, ανατέμνεται βαθιά αφήνοντας μόνο μια 50 - έως 100-μm πάχους του σκληρού χιτώνα. Το κανάλι του Schlemm διανοίγεται όπως ο διαχωρισμός προωθείται εμπρός σε αυτό το κρίσιμο βάθος. Η trabeculo-Descemet μεμβράνη είναι διαμορφωμένη με την επέκταση της μέχρι 1-1,5 mm εντός του κερατοειδή, προσέχοντας να ξεκολλήσουμε τη μεμβράνη του Descemet, προκειμένου να αποφευχθεί η ακούσια διάτρηση. Ο βαθύς κρημνός αποκόπτεται στη συνέχεια και σε αυτό το στάδιο, η υδατική μπορεί να φανεί να διηθηθεί μέσα από το trabeculum. Το εσωτερικό τοίχωμα του σωλήνα του Schlemm και το δοκιδωτό δίκτυο στη συνέχεια αποκολλάται χρησιμοποιώντας λεπτή λαβίδα. Ένα εμφύτευμα μπορεί να συρράπτεται προς το σκληρό και να ενεργεί σαν μία συσκευή διαχωρισμού κατά τη διάρκεια της αρχικής περιόδου της επούλωσης. Ο επιφανειακός κρημνός του σκληρού χιτώνα και ο κρημνός του επιπεφυκότα στη συνέχεια κλείνονται με 10/0 νάilon και ράμματα vicryl, αντίστοιχα.

Αυτή η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε πρωτογενή όσο και σε δευτερογενή γλαυκώματα ανοικτής γωνίας, και ειδικότερα στην uveitic γλαύκωμα, καθώς επάγουν λιγότερη φλεγμονή, και σε υψηλής μυωπίας, ακόμα σε Sturge-Weber σύνδρομο, το οποίο έχει μεγαλύτερο κίνδυνο για αποκόλληση του χοριοειδούς. Ενώ δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε νεοαγγειακό γλαύκωμα και σε ICE σύνδρομο. Η χειρουργική επέμβαση αντενδείκνυται στα μάτια με στενές γωνίες και με κατεστραμμένα trabeculum. Σύμφωνα με την έρευνα του Khairy αναφέρθηκε ποσοστό επιτυχίας (ΕΟΠ μικρότερη από 22 mmHg χωρίς φάρμακα) της εν τω βάθει σκληρεκτομής 61,4%, 36,6%, και 18,9% σε 12, 24, και 30 μήνες, αντίστοιχα, χωρίς εμφύτευμα ή αντιμεταβολή. Τέλος τυχόν επιπλοκές που μπορεί να εμφανιστούν μετά ή κατά τη διάρκεια της επέμβασης είναι φυλάκιση της ίριδας, εκτασία του σκληρού χιτώνα, αργή αποκόλληση της μεμβράνης Descemet και αιμορραγία κατά τη διάρκεια της γωνιοσκόπησης του πρόσθιου θαλάμου.<sup>23,24,27</sup>



**4.6.4.1 Επιφανειακό πτερύγιο σκληρού χιτώνα**



**4.6.4.2 Βαθύ πτερύγιο σκληρού**



**4.6.4.3 Δημιουργία παράθρου στο δοκιδωτό του Descemet**



**4.6.4.4 Η αφαίρεση του βαθύ πτερυγίου του σκληρού**



**4.6.4.5 Εμφύτευμα κολλαγόνου συρράπτεται στο σκληρό**

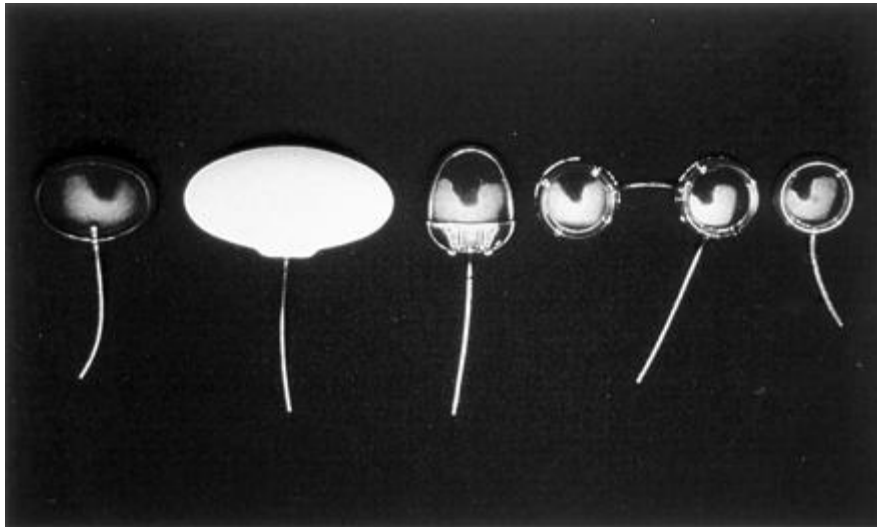


**4.6.4.6 Επιφανειακό ράμμα πτερυγίου**

#### **4.6.5 Ένθεση αντιγλαυκωματικής βαλβίδας**

Σε περιπτώσεις που η μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης φαρμακευτικά ή με τις κλασσικές χειρουργικές αντιγλαυκωματικές επεμβάσεις δεν είναι εφικτή, η κυριότερη μέθοδος ελέγχου της ενδοφθάλμιας πίεσης για τη διάσωση της όρασης είναι οι αντιγλαυκωματικές βαλβίδες. Οι συσκευές αυτές πιο συχνά χρησιμοποιούνται για χειρουργικές επεμβάσεις γλαυκώματος με διήθηση, ακόμα και σε αυτές με χαμηλό κίνδυνο αποτυχίας με τραμπεκουλεκτομή. Διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες σε αυτές που έχουν εσωτερικό βαλβιδικό μηχανισμό, όπως Ahmed, Krupin-Denver, και σε αυτές που δεν έχουν όπως Molteno και Baerveldt. (Εικόνα 6.5.1). Πρόκειται για συσκευές από σιλικόνη ή διάφορα πολυμερή υλικά, διαμέσου των οποίων αποχετεύεται το υδατοειδές υγρό του οφθαλμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι βαλβίδες αποτελούνται από σωληνάριο που απολήγει στον πρόσθιο θάλαμο (και σπανιότερα στην πρόσθια υαλοειδική κοιλότητα) του οφθαλμού, διαμέσου του οποίου το υδατοειδές

υγρό οδηγείται στο σώμα της βαλβίδας από όπου αποχετεύεται στη συνέχεια εντός του οφθαλμικού κόγχου.



**Εικόνα 4.6.5.1: Αντιγλαυκωματικές βαλβίδες. Από αριστερά Krupin, Baerveldt, Ahmed, Molteno (με διπλή εξωτερική πλάκα) και Molteno (απλή).**

Ένας παράγοντας επιλογής της βαλβίδας που θα χρησιμοποιήσει ο χειρουργός είναι το μέγεθος της εξωτερικής πλάκας. Γενικά όσο χαμηλότερη η πίεση που θέλουμε να επιτύχουμε και όσο πιο έντονη προβλέπεται να είναι η μετεγχειρητική φλεγμονή, τόσο μεγαλύτερη θα πρέπει να είναι η εξωτερική πλάκα.<sup>28,29</sup> Όμως κάποιες άλλες μελέτες έδειξαν ότι σε βάθος χρόνου οι μεγαλύτερες βαλβίδες δεν δίνουν καλύτερο αποτέλεσμα.<sup>29,30</sup>

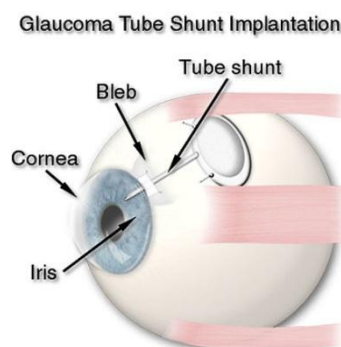
Η τεχνική ένθεσης των βαλβίδων είναι παρόμοια για όλες τις βαλβίδες. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής. Αρχικά δημιουργούμε μια τομή στον επιπεφυκότα, η αμβλεία διατομή του επιπεφυκότα/τενόνιου κάνας, στη συνέχεια η συρραφή της εξωτερικής πλάκας στο σκληρό με μη απορροφήσιμα ράμματα, η δημιουργία μιας διόδου στο σκληροκερατοειδικό όριο με τη βοήθεια μιας βελόνας 22 ή 23 G, η προετοιμασία ενός μόσχευματος από περικάρδιο ή σκληρό που θα καλύψει το σωλήνα της βαλβίδας, στη συνέχεια η εκτομή του σωλήνα στο μήκος που κρίνει ο χειρουργός ότι χρειάζεται (ώστε να μην αγγίζει ο σωλήνας το ενδοθήλιο όταν μπει στο πρόσθιο θάλαμο), η εισαγωγή του σωλήνα στο πρόσθιο θάλαμο (μέσω της διόδου στο σκληροκερατοειδικό όριο) και τέλος η κάλυψη του με το μόσχευμα και η συρραφή του επιπεφυκότα. Ακόμα πρέπει να τονιστεί ότι στις βαλβίδες χωρίς εσωτερικό βαλβιδικό μηχανισμό θα πρέπει να τεθεί ένα μη απορροφήσιμο ράμμα στον αυλό τους ώστε να αποφευχθεί η μετεγχειρητική υποτονία το οποίο αφαιρείται εξωτερικά μετεγχειρητικά κατά την κρίση του χειρουργού.<sup>31</sup>

Παρακάτω περιγράφονται πιο αναλυτικά κάποιες από τις πιο σημαντικές αντιγλαυκωματικές βαλβίδες:

## **A. Molteno Implant**

Οι περισσότερες από τις σύγχρονες διηθητικές συσκευές βασίζονται στο πρωτότυπο σχέδιο το οποίο περιέγραψε ο Molteno το 1969, το οποίο ενσωματώνει ένα σκληρικό έκθεμα για το σχηματισμό μιας λειτουργικής φυσαλίδας. Ένας ανοικτός σωλήνας ο οποίος τοποθετείται 2-3 mm εντός του πρόσθιου θαλάμου παροχετεύει υδατοειδές υγρό σε μια περιοχή εγκυστώσεως γύρω από το έκθεμα η οποία εντοπίζεται 10-12mm οπισθίως του σκληροκερατοειδικού ορίου. Η ελάττωση της ενδοφθάλμιας πίεσης με τις συσκευές αυτές γίνεται εξαιτίας παθητικής, πιεσο-εξαρτώμενης ροής υδατοειδούς, μέσω του τοιχώματος της κάψας. Το μέγεθος της μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης εξαρτάται από την αντίσταση στη ροή του υδατοειδούς (όσο παχύτερη η κάψα, τόσο υψηλότερη η ενδοφθάλμια πίεση) και της συνολικής έκτασης της περιοχής εγκύστωσης (όσο μεγαλύτερη η περιοχή, τόσο χαμηλότερη η ενδοφθάλμια πίεση).

Το αρχικό εμφύτευμα είχε ένα σοβαρό μειονέκτημα, το μικρό μήκος του σωλήνα, με αποτέλεσμα τοποθέτηση μιας πρόσθιας επισκληρίιας πλάκας η οποία ήταν υπεύθυνη για την υψηλή συχνότητα εμφάνισης νέκρωσης του επιπεφυκότα και διάτρηση της φυσαλίδας, απαιτώντας την αφαίρεση του εμφυτεύματος. Στα νεότερα όμως εμφυτεύματα υπήρξε μια σημαντική τροποποίηση στο μήκος του σωλήνα, με αποτέλεσμα τη μεταγενέστερη τοποθέτηση της πλάκας.



**Εικόνα 4.6.5.2: Βαλβίδα Molteno**

Υπάρχουν τρεις τύποι εμφυτευμάτων Molteno:

### 1. Single-plate Molteno implant

Το οποίο αποτελείται από σωλήνα σιλκόνης, με ρυθμιζόμενο μήκος, επισκληρική ακρυλική πλάκα, καμπυλότητας 12mm και επιφάνεια 135mm<sup>2</sup> και διαθέτει οπές ραμμάτων. Η επιφάνεια της πλάκας είναι κοίλη για να επιτρέπει την εύκολη τοποθέτηση στο περίγραμμα του σκληρού. Η ακμή της πλάκας έχει μια πυκνή στεφάνη η οποία είναι διάτρητη για να σχηματίζει δύο οπές ραμμάτων ώστε να επιτρέπει τη συρραφή της πλάκας στο σκληρό χιτώνα.



**Εικόνα 4.6.5.3: Single-plate Molteno implant**

2. Double-plate Molteno implant

Αποτελείται από μια πρόσθετη 13mm πλάκα η οποία είναι συνδεδεμένη στην κύρια πλάκα με ένα σωλήνα 10 mm ο οποίος εισέρχεται 90° μακριά από το κύριο σωλήνα. Το δευτερεύον έλασμα συρράβεται στο επισκληρίδιο με τον σωλήνα που διέρχεται είτε πάνω είτε κάτω από τον άνω ορθό μυ. Η εκτεταμένη επιφάνεια (270mm<sup>2</sup> σε σύγκριση με 135mm<sup>2</sup>) οφείλεται στην δημιουργία επιπλέον δυναμικού χώρου εντός του οποίου διέρχεται το υδατικό υγρό, το οποίο οδηγεί σε χαμηλότερη μετεγχειρητική ενδοφθάλμια πίεση.



**Εικόνα 4.6.5.4: Double-plate Molteno implant**

3. V-chamber Molteno implant

Μια τροποποίηση του σχεδιασμού της μονής πλάκας. Αποτελείται από μια μικροσκοπική στεφάνη από πολυπροπυλένιο σε σχήμα V πάνω στην επιφάνεια της πλάκας, το οποίο καταλαμβάνει το 1/8 της πλάκας, το ύψος της φουσαλίδας είναι παρόμοιο με την περιφερειακή στεφάνη του εμφυτεύματος. Κατά την άμεση μετεγχειρητική περίοδο, το βάρος της ενυδατωμένης κάψουλας προκαλεί την κατάρρευση και δημιουργεί μια προσωρινή οροφή για το μικρότερο θάλαμο V, έτσι περιορίζει την έκταση της μετεγχειρητικής φουσαλίδας.

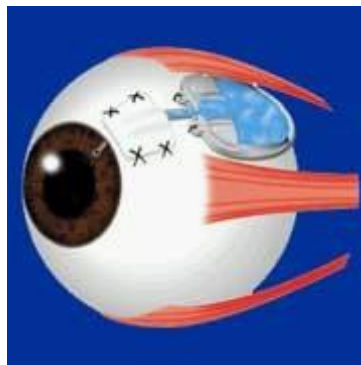
Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα του εμφυτεύματος Molteno, όπως η απλή χειρουργική διαδικασία, δεν απαιτεί εκτεταμένη ανατομή του επιπεφυκότα σε όλα τα τεταρτημόρια, συνεπώς ο επιπεφυκότας διατηρείται για μελλοντικές χειρουργικές διαδικασίες. Ακόμα η οπίσθια θέση της πλάκας επιτρέπει να διασταλεί ο οπίσθιος χώρος, αυτό προάγει το σχηματισμό μιας μεγάλης φουσαλίδας. Η μεταγενέστερη τοποθέτηση της πλάκας μειώνει την πιθανότητα καθυστερημένης λέπτυνσης του επιπεφυκότα και την έκθεση του εμφυτεύματος. Επίσης οι δομικές διαφορές μεταξύ του πρόσθιου και του οπίσθιου επιπεφυκότα σχετίζονται με διαφορές στην διαπερατότητα του υδατοειδούς, οι οπίσθιες προεξοχές του επιπεφυκότα

επιτρέπουν στο υδατοειδές να απορροφάται πιο αποτελεσματικά μέσα από το εξωκυττάριο χώρο. Ακόμα έχει μακροχρόνια βιοσυμβατότητα και παρέχει ένα ανθεκτικό σύστημα αποχέτευσης. Επίσης οι προτοποθετημένες οπές ραφής διασφαλίζει τη σωστή τοποθέτηση της βαλβίδας. Το μεγάλο φάσμα εμφυτευμάτων επιτρέπει στο χειρουργό να επιλέξει τη περιοχή απορροής ανάλογα με τη σοβαρότητα του γλαυκώματος, όπως και να επιλέξει από μια ποικιλία απολινώσεων για τη βελτίωση του μετεγχειρητικού ελέγχου υποτονίας και ίνωσης της φυσαλίδας. Τέλος, υπάρχει η επιλογή διαμόρφωσης της βαλβίδας ώστε να εμφυτευτεί στο δεξιό ή στον αριστερό οφθαλμό.

Όμως, το κυριότερο μειονέκτημα αυτής της βαλβίδας είναι η υπερβολική υποτονία στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο, λόγω της απουσίας βαλβιδικού μηχανισμού μέσα στο εμφύτευμα.<sup>14</sup>

## **B. Ahmed Implant**

Η βαλβίδα Ahmed είναι μια νέα συσκευή εμφύτευσης η οποία δομικά είναι παρόμοια με τη βαλβίδα Molteno αλλά περιέχει ένα πρόσθετο μηχανισμό βαλβίδας εντός του σώματος του εμφυτεύματος για να διατηρηθεί η πίεση σε ασφαλή επίπεδα. Αυτή είναι σήμερα η πιο δημοφιλής συσκευή αποστράγγισης γλαυκώματος. Ο εσωτερικός μηχανισμός βαλβίδας είναι σχεδιασμένος για να διατηρεί την ενδοφθάλμια πίεση σε 10 mmHg. Ενδοφθάλμια πίεση πάνω από 10 mmHg προκαλεί ένα προοδευτικό άνοιγμα της βαλβίδας για να επιτρέψει την εκκένωση του υδατικού υγρού από τον οφθαλμό. Καθώς η ενδοφθάλμια πίεση πέφτει κάτω από 10 mmHg η εσωτερική βαλβίδα κλείνει για να περιορίσει τη ροή του υδατοειδούς.<sup>14</sup>



**Εικόνα 4.6.5.5: Βαλβίδα Ahmed**

Η βαλβίδα Ahmed αποτελείται από έναν σωλήνα σιλικόνης ο οποίος συνδέεται με μια βαλβίδα πετάλου σιλικόνης, η οποία βρίσκεται μέσα σ'ένα σώμα από πολυπροπυλένιο. Ο σωλήνας σιλικόνης έχει εσωτερική διάμετρο 0,3 mm και εξωτερική 0,6mm. Ο δίσκος από πολυπροπυλένιο έχει μήκος 16mm. Ο βαλβιδικός μηχανισμός αποτελείται από λεπτές μεμβράνες σιλικόνης μήκους 8mm και πλάτους 7mm που δημιουργούν έναν θάλαμο σε σχήμα Ventouri, ο οποίος χρησιμοποιεί την αρχή του Bernoulli για την αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού.<sup>32</sup>

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία εμφυτευμάτων Ahmed όπως:

1. Το μοντέλο FP7

Το οποίο έχει μια ευέλικτη πλάκα, το σώμα και ο σωλήνας της βαλβίδας είναι από σιλικόνη, η ελαστική μεμβράνη έχει πάχος 0,9mm , μήκος 16mm, πλάτος 13mm και επιφάνεια 184mm<sup>2</sup>. Ο σωλήνας σιλικόνης έχει μήκος 25mm ,εσωτερική διάμετρο 0,305 mm και εξωτερική διάμετρο 0,635 mm.



**Εικόνα 4.6.5.6: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο FP7<sup>14</sup>**

2. Το μοντέλο S2

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα άκαμπτο μοντέλο του οποίου οι προδιαγραφές είναι ίδιες με του μοντέλου FP7 εκτός του ότι η πλάκα του σώματος της βαλβίδας είναι από πολυπροπυλένιο και έχει πάχος 1,9mm.



**Εικόνα 4.6.5.7: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο S2<sup>14</sup>**

3. Το μοντέλο FP8

Πρόκειται για ένα μοντέλο παρόμοιο με το μοντέλο FP7 εκτός από το ότι προορίζεται για παιδιατρικούς ασθενείς και ως εκτού του έχει μικρότερο μέγεθος δηλαδή μικρότερο μήκος, πλάτος και επιφάνεια.





**Εικόνα 4.6.5.8: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο FP8<sup>14</sup>**

4. Το μοντέλο S3

Το μοντέλο S3 είναι επίσης ένα άκαμπτο μοντέλο και είναι η παιδιατρική έκδοση του μοντέλου S2.



**Εικόνα 4.6.5.9: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο S3<sup>14</sup>**

5. Το μοντέλο FX1

Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι μια ευέλικτη βαλβίδα διπλής πλάκας, η οποία επιτρέπει την αποστράγγιση του υδατοειδούς, αυτό οφείλεται στην αυξημένη έκταση της επιφάνειας, 364mm<sup>2</sup>. Η πλάκα, ο σωλήνας και η ελαστική μεμβράνη της βαλβίδας είναι από σιλικόνη.



**Εικόνα 4.6.5.10: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο FX1<sup>14</sup>**

6. Το μοντέλο B1

Επίσης είναι ένα μοντέλο διπλής πλάκας, παρόμοιο με το μοντέλο FX1 εκτός του ότι το σώμα της βαλβίδας είναι από πολυπροπυλένιο.



**Εικόνα 4.6.5.11: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο B1<sup>14</sup>**

7. Το μοντέλο FX4

Είναι μια ευέλικτη βαλβίδα με μη βαλβιδωτή πλάκα από σιλκόνη. Συνδέεται είτε με την αριστερή είτε με τη δεξιά πλευρά του εμφυτεύματος. Αυξάνει το εμβαδόν της επιφάνειας του εμφυτεύματος επιτρέποντας την αποστράγγιση του υδατοειδούς και τη μεγαλύτερη μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης.



**Εικόνα 4.6.5.12: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο FX4<sup>14</sup>**

8. Το μοντέλο B4

Είναι ένα μοντέλο μη-βαλβιδωτού πλάκας, παρόμοιο με το μοντέλο FX4, με τη διαφορά ότι είναι άκαμπτη και αποτελείται από πολυπροπυλένιο, αντί σιλκόνης.



**Εικόνα 4.6.5.13: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο B4**<sup>14</sup>

9. Το μοντέλο PC7 και PC8

Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει μια εύκαμπτη πλάκα με Pars Plana Clip, το οποίο επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή του σωλήνα της βαλβίδας στον ακτινωτό. Το μήκος του σωλήνα είναι ρυθμιζόμενο ώστε να συρράβεται πλήρως με τον ακτινωτό. Αυτό δε θέτει σε κίνδυνο την ακεραιότητα του σωλήνα της βαλβίδας λόγω της καμπυλότητας που διαθέτει ώστε εξαλείφει η πιθανότητα της στρέβλωσης του σωλήνα. Το Pars Plana Clip μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε συσκευή αποστράγγισης και είναι εύκολο στη συρραφή του με το σκληρό χιτώνα.<sup>14</sup>



**Εικόνα 4.6.5.14: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο PC7**<sup>14</sup>



**Εικόνα 4.6.5.15: Εμφύτευμα Ahmed, μοντέλο PC8**<sup>14</sup>

Ένα από τα πλεονεκτήματα του εμφυτεύματος Ahmed είναι η άμεση μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Ακόμα η ευκολία στην εμφύτευση και ο χαμηλός κίνδυνος για μετεγχειρητική υποτονία. Επίσης απαιτεί λιγότερες μετεγχειρητικές επεμβάσεις. Ενώ τα μειονεκτήματα αυτής της είναι η μεγάλη ανάγκη για φαρμακευτική αγωγή μετά την εγχείρηση αλλά και ότι η περιορισμένη ροή οδηγεί στη δημιουργία μικρότερων φουσαλίδων.<sup>14</sup>

### Περιγραφή χειρουργικής διαδικασίας

Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή της χειρουργικής διαδικασίας εμφύτευσης των αντιγλαυκωματικών βαλβίδων Molteno και Ahmed, δεδομένου ότι είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εμφυτεύματα.

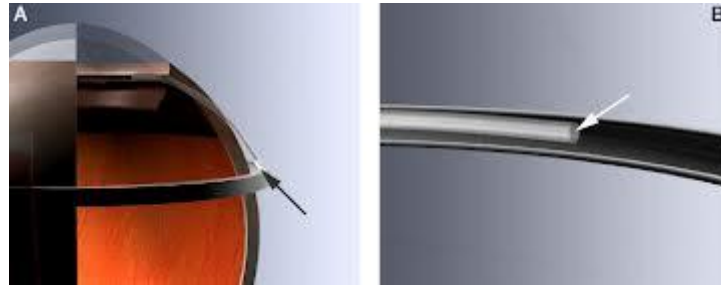
Η χειρουργική επέμβαση πραγματοποιείται υπό τοπική αναισθησία, στη συνέχεια περνά ένα ράμμα από τον άνω ορθό. Ένα άνοιγμα με βάση το κρημνό του επιπεφυκότα και εντορμίες υψώνεται πάνω από το άνω κροταφικό τεταρτημόριο, με δύο χαλαρές τομές κατευθύνεται προς τα πίσω. Και εκτείνεται στον υποτορμικό χώρο όπου εκτείνεται όσο το δυνατόν πιο πίσω έτσι ώστε να απέχει τουλάχιστον 8-10 mm από την ωχρά κηλίδα. Στη συνέχεια η πλάκα συρράβεται στο σκληρό χιτώνα με ράμμα 8-0 μέσω των δύο πρόσθιων οπών της πλάκας. Η προοριζόμενη θέση εισόδου του σωλήνα εντός του πρόσθιου θαλάμου είναι από την ωχρά κηλίδα και ένα ορθογώνιο τμήμα του σκληρού χιτώνα, 5x4 mm<sup>2</sup>, με βάση στο χείλος, ανατέμνεται γύρω από την περιοχή. Εισάγουμε μια βελόνα 21-G με λοξοτόμηση προς τα επάνω, όπου εισέρχεται εντός του πρόσθιου θαλάμου παράλληλα στο επίπεδο της ίριδας. Στη συνέχεια κόβεται ο μακρύς σωλήνας σιλικόνης του εμφυτεύματος, για να επιτραπεί η προέκταση της, 2-3 mm εντός του πρόσθιου θαλάμου. Ο σωλήνας βρίσκεται εντός του πρόσθιου θαλάμου και στερεώνεται στο σκληρό με ένα ράμμα 8-0. Στη συνέχεια ο σωλήνας καλύπτεται με ένα ανθρώπινο ιστό άλλου μοσχεύματος, ο οποίος μπορεί να είναι είτε από δότη σκληρού χιτώνα είτε από δότη περικαρδίου. Το άλλο μόσχευμα ιστού συρράβεται στο σκληρό χιτώνα. Στον επιπεφυκότα συρράβονται στεροειδή και αντιβιοτικά τα οποία εγχύθηκαν 18° μακριά από την χειρουργική θέση.

Εάν ο ιστός του άλλου μοσχεύματος δεν είναι διαθέσιμος, ένα μερικού πάχους τμήμα του σκληρού χιτώνα μπορεί να διαχωριστεί κατά την προοριζόμενη θέση εισόδου του σωλήνα. Παρακέντηση γίνεται κάτω από τον σκληρό χιτώνα, ο σωλήνας που τέθηκε μέσα από παρακέντηση κόβεται και ράβεται πάνω στο τμήμα του σκληρού. Τέλος ακολουθεί το κλείσιμο του επιπεφυκότα.<sup>14</sup>

### **Γ. Schocket Implant**

Το αρχικό εμφύτευμα Schocker απαρτίζονταν από ένα σωλήνα σιλικόνης, με εσωτερική διάμετρο 0,3mm και εξωτερική διάμετρο 0,6mm, ράβεται στην κυκλωτική ζώνη στην κοίλα πλευρά του και εισάγεται στον πρόσθιο θάλαμο του σκληρού χιτώνα κάτω από ένα κρημνό.

Αργότερα ακολούθησαν κάποιες τροποποιήσεις στο αρχικό εμφύτευμα, όπως η δημιουργία ενός μικρότερου εμφυτεύματος για παιδιατρική χρήση, με εσωτερική διάμετρο 0,12 mm και εξωτερική διάμετρο 0,25mm ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες μετεγχειρητικής υποτονίας. Ακόμα τροποποιήθηκε ο τρόπος εισαγωγής του σωλήνα στο πρόσθιο θάλαμο. Αντί να εισάγεται κάτω από μια τραμπεκουλεκτομή, εισάγεται κάτω από το κρημό του σκληρού. Με αυτή την αλλαγή έχουμε μικρότερα ποσοστά διάβρωσης του σωλήνα, αλλά σχετίζεται με τα υψηλότερα ποσοστά επαφής του σωλήνα με το κερατοειδή.



**Εικόνα 4.6.5.16: Βαλβίδα Schocket**

Ένα από τα πλεονεκτήματα του εμφυτεύματος Schocket είναι ότι το υλικό που απαιτείται για το εμφύτευμα είναι εύκολα διαθέσιμο και προσβάσιμο. Ακόμα η διαδικασία μπορεί να συνδυαστεί με pars plana υαλοειδεκτομή κατά την οποία ο σωλήνας εισάγεται πίσω από το επίπεδο της ίριδας και μακριά από το πρόσθιο θάλαμο. Επίσης η διαδικασία μπορεί να προσαρμοστεί στις ήδη υπάρχουσες ζώνες, σε περίπτωση γλαυκώματος που ακολουθήτε από αποκόλληση αμφιβληστροειδούς.

Παρά τα παραπάνω πλεονεκτήματα το εμφύτευμα Schocket δεν έχει γίνει ευρέως αποδεκτό λόγω των παρακάτω μειονεκτημάτων. Ένα σοβαρό μειονέκτημα είναι ότι η όλη διαδικασία είναι πολύ χρονοβόρα. Ακόμα οι ουλές του επιπεφυκότα εμφανίζονται και στα τέσσερα τεταρτημόρια που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές χειρουργικές επεμβάσεις. Τέλος, συχνά παρουσιάζεται μετεγχειρητική υποτονία και σοβαρή χοριοειδική διάχυση.<sup>14</sup>

### **Α. Krupin – Denver Implant**

Το αρχικό εμφύτευμα Krupin αποτελούνταν από ένα σωλήνα 20mm με το ένα άκρο τοποθετημένο μέσα στον πρόσθιο θάλαμο. Το άλλο άκρο έχει ένα κρημό ο οποίος συρράβεται με το σκληρό και πάνω σε ένα σωλήνα σιλικόνης στερεώνεται μια βαλβίδα μονής κατεύθυνσης. Αυτό ήταν σχετικά ένα μικρό εμφύτευμα που μπορούσε να αποστραγγίξει μια φυσαλίδα, 4-6mm μακριά από την ωχρά κηλίδα. Οι λόγοι για τους οποίους απορρίφθηκε αυτό το εμφύτευμα είναι οι εξής: Υπήρξε μια υψηλή συχνότητα εμφάνισης ίνωσης στο άκρο του σωλήνα σιλικόνης, η οποία εμπόδιζε τη ροή του

υδατοειδούς και ο άκαμπτος σχεδιασμός της πρόσθιας περιοχής της βαλβίδας οδήγησε σε διάβρωση του επιπεφυκότα.

Για του παραπάνω λόγους το αρχικό μοντέλο τροποποιήθηκε. Αρχικά μειώθηκε το μήκος του σωλήνα, ακόμα μπορεί να συρράβεται στο επίπεδο του ισημερινού από 180° έως 360°. Επίσης, ο σωλήνας μπορεί να συρράβεται στην κοίλη πλευρά της ζώνης και να εισέρχεται στο πρόσθιο θάλαμο του σκληρού χιτώνα κάτω από ένα κρημνό. Αυτή η τροποποίηση διατηρεί την οπή της βαλβίδας ώστε να μην εμποδίζετε η ροή του υδατοειδούς. Ακόμα δημιουργήθηκε η βαλβίδα Krupin με δίσκο (Krupin disc), η οποία αποτελείται από ένα σωλήνα σιλικόνης που τοποθετείται στον πρόσθιο θάλαμο και συνδέεται με μια πλάκα διαστάσεων 13x18mm<sup>2</sup>, δηλαδή περίπου 184mm<sup>2</sup>.



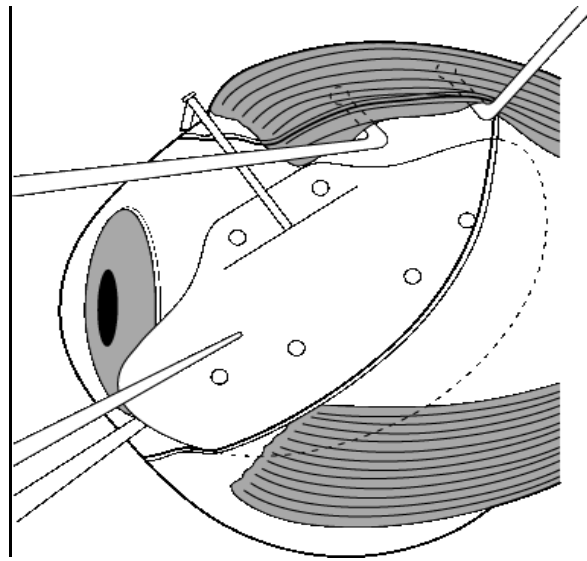
**Εικόνα 4.6.5.17 Βαλβίδα Krupin**

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της βαλβίδας Krupin είναι παρόμοια με εκείνα του εμφυτεύματος Schocket. Ένα σημαντικό, όμως, πλεονέκτημα είναι η παρουσία μιας ευαίσθητης στην πίεση μονής κατεύθυνσης βαλβίδας που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει αντίσταση στην ροή του υδατοειδούς και έτσι παρεμποδίζεται η μετεγχειρητική υπερτονία, διατηρώντας την ενδοφθάλμια πίεση στα όρια που καθορίζονται από την πίεση του ανοίγματος και του κλεισίματος της βαλβίδας (στο άνοιγμα έχει πίεση 11mmHg και στο κλείσιμο έχει πίεση 9 mmHg).<sup>14</sup>

### **E. Baervelds Implant**

Ο σχεδιασμός του συγκεκριμένου εμφυτεύματος που επινόησε ο Baervelds βασίζεται στην αρχή ότι η αύξηση του μεγέθους της επισκληρικής πλάκας αυξάνει και το μέγεθος της φυσαλίδας και επομένως μειώνει την ενδοφθάλμια πίεση. Το εμφύτευμα είναι κατασκευασμένο από ένα σωλήνα σιλικόνης, μη-βαλβιδοτό, ο οποίος εισέρχεται σε μια πλάκα σιλικόνης. Η επιφάνεια της πλάκας μπορεί να είναι 350mm<sup>2</sup> ή 500mm<sup>2</sup>. Αυτό παρέχει τα πλεονεκτήματα μιας συσκευής διπλής-πλάκας (double-plate) λόγω της αυξημένης

επιφάνειας του χωρίς την ανάγκη για χειρουργική επέμβαση σε δύο τεταρτημόρια. Ωστόσο, οι μύες του ορθού μπορεί να συμμετέχουν στην ενθυλάκωση.



**Εικόνα 4.6.5.18 : Τοποθέτηση εμφυτεύματος Baerveldt**



**Εικόνα 4.6.5.19 : Βαλβίδα Baerveldt**

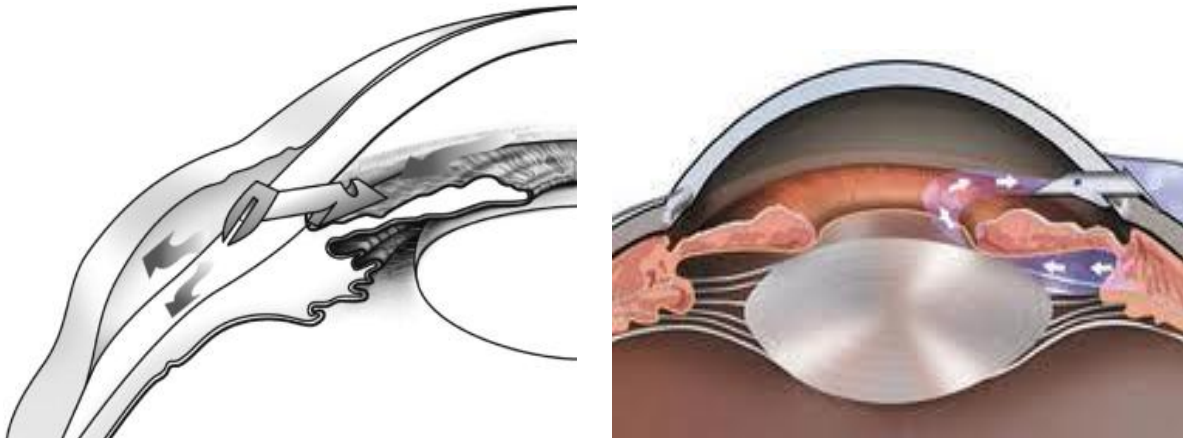
Πολλά είναι τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου βαλβίδας, όπως ο μακροπρόθεσμος έλεγχος της ενδοφθάλμιας πίεσης, η καλύτερη προβλεψιμότητα και το χαμηλότερο ποσοστό της υπερβολικής μακροχρόνιας ενθυλάκωσης.<sup>24</sup> Ακόμα, η ευκολότερη εμφύτευση της βαλβίδας και η μείωση του χειρουργικού χρόνου. Επίσης η δημιουργία μικρότερου τραύματος και η ταχύτερη επούλωση του.

Όμως, υπάρχουν και μειονεκτήματα στο συγκεκριμένο εμφύτευμα όπως ο υψηλός κίνδυνος για εξίδρωμα του χοριοειδή και για αιμορραγίας. Ακόμα, κακός έλεγχος της ενδοφθάλμιας πίεσης στο αρχικό στάδιο της μετεγχειρητικής περιόδου. Επίσης, συχνές διαταραχές αφορούν

την οφθαλμική κινητικότητα. Τέλος, υπάρχει η πιθανότητα να σχιστεί ο σωλήνας στο σημείο σύνδεσης με τη πλάκα.<sup>14</sup>

### **Στ. Ex-press Implant**

Η βαλβίδα Ex-press είναι μια ιδιαίτερη σχεδιαστικά μικροσυσκευή που χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση της κλασικής τραμπεκουλεκτομής. Δεν περιέχει εσωτερικό βαλβιδικό μηχανισμό και είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι. Από τις άλλες βαλβίδες διαφέρει ιδιαίτερα ως προς το μέγεθος, έχει εξωτερική διάμετρο 0,4mm, μήκος 2,4-3mm και εσωτερική διάμετρο 50-200μm. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι βαλβίδας Ex-press (K-50, X-50, T-50 και X-200), διαφορετικές σε διαστάσεις και μέγεθος αυλού (200 μm για το X-200 και 50μm για τα υπόλοιπα), αλλά όλες λειτουργούν με την ίδια αρχή.<sup>15</sup> Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος μετεγχειρητικής υποτονίας η βαλβίδα τοποθετείται κάτω από σκληρικό κρημό παρόμοιο με αυτόν της τραμπεκουλεκτομής. Για να αυξηθεί η επιτυχία της μπορεί να συνδυαστεί με διεγχειρητική χρήση αντιμεταβολιτών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις μορφές γλαυκώματος, αλλά χρήζει ιδιαίτερης προσοχής η χρήση της στο συγγενές γλαύκωμα καθώς και στα γλαυκώματα που συνοδεύονται από δυσγενεσίες του πρόσθιου θαλάμου. Ακόμα είναι λιγότερο επεμβατική από την κλασική τραμπεκουλεκτομή καθώς δε χρειάζεται περιφερική ιριδεκτομή.<sup>24,31</sup> Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι είναι εξίσου αποτελεσματική και πιο ασφαλής από την τραμπεκουλεκτομή.<sup>33,34</sup>



**Εικόνες 4.6.5.20-21: τοποθέτηση Ex-press βαλβίδας.**





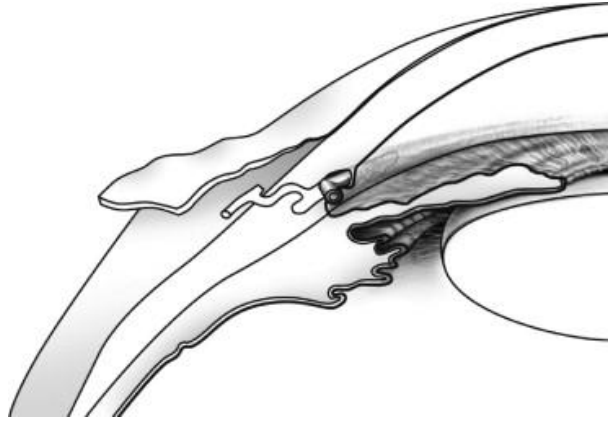
**Εικόνα 4.6.5.22: Το νεότερο μοντέλο βαλβίδας Ex-press P50 με εσωτερική διάμετρο 50 $\mu$ m**

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της συσκευής έναντι στην κλασσική τραμπεκουλεκτομή είναι το σταθερό μέγεθος του στομίου, μια μικρότερη τομή στο πρόσθιο θάλαμο και εξαλείφεται η ανάγκη για ιριδεκτομή. Ενώ οι κυριότερες επιπλοκές της είναι η μετεγχειρητική υποτονία και η κακή τοποθέτηση της με αποτέλεσμα το άκρο του σωλήνα να ακουμπά στο ενδοθήλιο. Ακόμα ένα μειονέκτημα είναι η εξάρτηση από τη φυσαλίδα του επιπεφυκότα και όλων των επιπλοκών που συσχετίζεται.<sup>15</sup>

Μελέτες δείχνουν κάποια υπόσχεση ως εναλλακτική θεραπεία για τη μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης στην αντιμετώπιση του γλαυκώματος ανοιχτής γωνίας.<sup>35</sup>

### **Z. Glaukos iStent trabecular micro-bypass stent**

Είναι μια νεότερη συσκευή που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση ήπιων γλαυκωμάτων ανοιχτής γωνίας. Έχει σχήμα L, με μήκος 1mm και εξωτερική διάμετρο 180 $\mu$ m και είναι κατασκευασμένο από τιτάνιο, το οποίο είναι βιοσυμβατό, πολύ ισχυρό και ανθεκτικό στη διάβρωση. Έχει στην επιφάνειά του αιχμές που το ασφαλίζουν εντός του σωλήνα του Schlemm και ο αυλός του έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να επιτρέπει την ροή του υδατοειδούς υγρού όσο απαιτείται για να τη ρύθμιση της παραγωγής και αποχέτευσης χωρίς να προκαλεί υποτονία. Τοποθετείται μέσω μιας κερατικής τομής 1-1,5mm που πραγματοποιείται 180° μακριά από το σημείο που πρόκειται να γίνει η ένθεση του iStent. Με τη χρήση χειρουργικού γωνιοσκοπίου, η τοποθέτηση γίνεται με τη βοήθεια ενός ενθέτη στο οποίο βρίσκεται προτοποθετημένο το iStent. Η εμφάνιση μικρής ποσότητας αίματος είναι ένδειξη σωστής τοποθέτησης εντός του σωλήνα του Schlemm. Αυτή η εκ των έσω διαδικασία (ab interno) αποφεύγει την ουλοποίηση του επιπεφυκότα και τη δημιουργία διηθητικής φυσαλίδας. Συνεπώς, παρακάμπτει και τις παραδοσιακές επιπλοκές που συνδέουν τις διηθητικές επεμβάσεις και τις συμβατικές ενθέσεις βαλβίδων, αφήνοντας παράλληλα, ανέπαφο τον επιπεφυκότα, για μελλοντικές αντιγλαυκωματικές επεμβάσεις.<sup>31,36</sup> Η ένθεση του με ή χωρίς ταυτόχρονη φακοθριψία οδηγεί σε σημαντική μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>37,38</sup>



**Εικόνα 4.6.5.23: Τοποθέτηση Glaukos iStent trabecular micro-bypass stent**

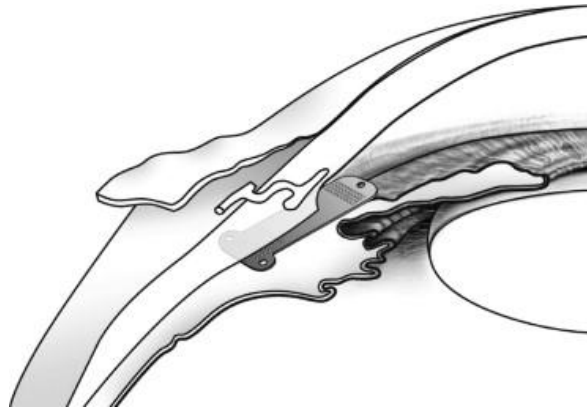


**Εικόνα 4.6.5.24: Glaukos iStent trabecular micro-bypass stent**

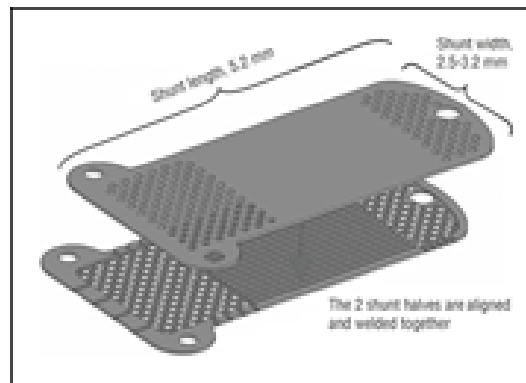
Σε αυτή τη τεχνική βασικό πλεονέκτημα είναι η διατήρηση του επιπεφυκότα για τυχόν μελλοντικές χειρουργικές επεμβάσεις. Ακόμα η χρήση μικρών τομών και η μειωμένη πιθανότητα υποτονίας. Οι επιπλοκές, όμως, που έχουν αναφερθεί είναι η απόφραξη και η κακή τοποθέτηση της συσκευής.<sup>39,40</sup> Ακόμα ένα μειονέκτημα είναι τυχόν τεχνικά ζητήματα με τη χρήση του γωνιοσκοπίου, ο άγνωστος αριθμός των stents, όπως και το άγνωστο ύψος της εφικτής μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης. Τέλος, μια ακόμα συχνή επιπλοκή είναι η αιμορραγία του σωλήνα του Schlemm κατά την εισχώρηση της συσκευής.<sup>15,24</sup>

#### **H. Gold microshunt (GMS)**

Το GMS είναι ένα 24 καρατίων εμφύτευμα με μήκος 6mm και πλάτος 2mm. Υπάρχουν δύο μοντέλα διαθέσιμα, το GMS (XGS-5) και το GMS Plus (XGS-10). Το XGS-5 μοντέλο ζυγίζει 6,2mg και έχει πάχος 60μm, έχει εννέα κανάλια καθένα από τα οποία έχουν πλάτος 25μm και μήκος 44μm. Το XGS-10 μοντέλο ζυγίζει 9,2 mg και έχει ευρύτερα κανάλια με μήκος 68 μm. Πρόκειται για τις μικρότερες διαθέσιμες συσκευές μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης. Είναι ένα επίπεδο εμφύτευμα και όχι σωλήνας, όπως τα υπόλοιπα, σχεδιασμένο ώστε να τοποθετείται υπό τον σκληρό μέσω μια μικρής τομής. Φέρει πάνω του αριθμό από μικρά σωληνοειδή κανάλια και λειτουργεί ως μια γέφυρα μεταξύ του πρόσθιου θαλάμου και του υπερχωριοειδικού διαστήματος, μεγιστοποιώντας τη ραγοειδική παροχέτευση μέσω της συσκευής.<sup>15,24,36</sup>



**Εικόνα 4.6.5.25: Τοποθέτηση SOLX Gold microshunt (GMS)**



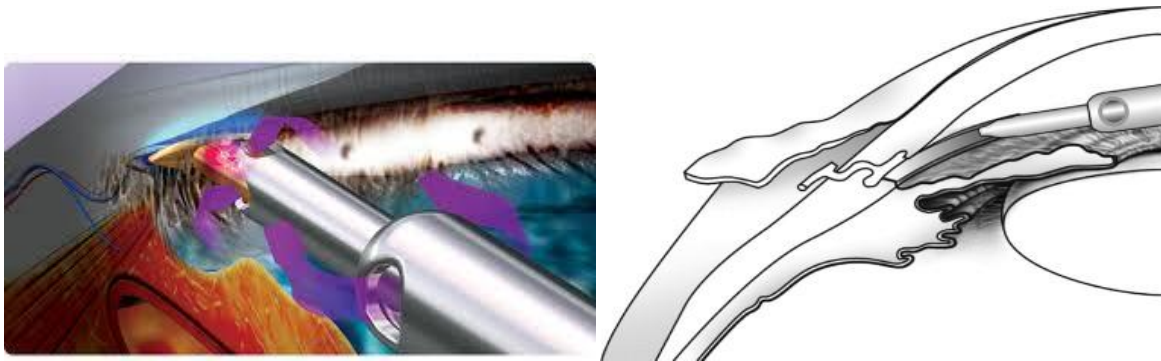
**Εικόνα 4.6.5.26: Gold microshunt (GMS)**

Τέλος, το πλεονέκτημα αυτής της συσκευής είναι η σχετικά ατραυματική εισαγωγή της βαλβίδας μέσα στον υπερχωριοειδικό χώρο, η είσοδος βέβαια αυτή μπορεί να συνοδεύεται από αιμορραγία ή αποκόλληση του χοριοειδούς ή και από υποτονία. Ενώ τα μειονεκτήματα της είναι η πιθανότητα παρεμπόδισης της ροής του υδατοειδούς λόγω ίνωσης.<sup>15,36</sup>

### **Θ. Trabectome**

Μια ακόμα νεότερη συσκευή είναι το Trabectome, το οποίο εισέρχεται, υπό συνεχή γωνιοσκοπική παρατήρηση, μέσω μιας κροταφικής κερατικής τομής 1,6-1,8mm προκειμένου καίγοντας (με τη βοήθεια ηλεκτροδίου) να αφαιρεθεί τοπικά ο διηθητικός ηθμός και το έσω τοίχωμα του σωλήνα του Schlemm (με αναρρόφηση) σε ένα τόξο 60°-120° υπό τη συνεχή έγχυση ισότονου διαλύματος. Η διεγχειρητική εμφάνιση αίματος από το διηθητικό ηθμό επιβεβαιώνει την επιτυχή διαδικασία αποκάλυψης του σωλήνα του Schlemm.<sup>15,36</sup> Τέλος

μπορεί να συνδυαστεί με φακοθρυψία και μειώνει σημαντικά την ενδοφθάλμια πίεση με ή χωρίς τη χρήση κολλυρίων.<sup>41,42</sup>



**Εικόνες 4.6.5.27-28: Εισχώρηση συσκευής Trabecrome**

Η επέμβαση με Trabecrome είναι μια αρκετά ασφαλής επέμβαση και επιτρέπει τη γρήγορη μετεγχειρητική αποκατάσταση της όρασης. Με το δεδομένο ότι ο επιπεφυκότας παραμένει ανέπαφος κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης επέμβασης, δίνεται η δυνατότητα μελλοντικών αντιγλαυκωματικών επεμβάσεων. Παράλληλα η απουσία διηθητικής φυσαλίδας μειώνει τους κινδύνους μετεγχειρητικών επιπλοκών που αφορούν φλεγμονές της αμπούλας. Η πιο συχνή επιπλοκή της είναι ένα παροδικό ύφαιμα (αιμορραγία στο πρόσθιο θάλαμο) προερχόμενο διεγχειρητικά ή μετεγχειρητικά από το σωλήνα του Schlemm το οποίο όμως δεν παραμένει ποτέ πάνω από μία εβδομάδα. Ακόμα μπορεί να προκύψει τραυματισμός του περιφακίου ή της ίριδας. Τέλος, πρόωμη μετεγχειρητική υποτονία αναφέρεται ότι συμβαίνει σε πολύ μικρά ποσοστά.<sup>15,24,31,36</sup>

Ενώ ορισμένες νέες συσκευές είναι πολύ υποσχόμενες, καμία διαδικασία (συμπεριλαμβανομένης της τραμπεκουλεκτομής) δεν έφερε την ιδανική θεραπεία για το γλαύκωμα. Η πλέον κατάλληλη διαδικασία που θα εκτελείται σε οποιονδήποτε ασθενή θα πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με τη κλινική του εικόνα και να αποφασίζεται από το χειρουργό ώστε να καθοριστεί το ποσό της μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης σε κάθε μεμονωμένη περίπτωση.

Πολλές μπορεί να είναι οι επιπλοκές αυτής της τεχνικής τοποθέτησης εμφυτεύματος, όπως η οφθαλμική υποτονία, η αθαλαμία και η χοριοειδική αποκόλληση οι οποίες συνδέονται με υπερδιήθηση, δηλαδή με αυξημένη απορροή του υδατοειδούς υγρού. Για τη μείωση του φαινομένου αυτού αναπτύχθηκαν οι βαλβίδες με πιεσοεξαρτώμενο βαλβιδικό μηχανισμό (π.χ. τύπου Ahmed ή Krupin) . Μια άλλη ομάδα επιπλοκών συνδέονται με διάβρωση ή διάτρηση του επιπεφυκότα από τη χρόνια επαφή με το υλικό των βαλβίδων ή λέπτυνση του επιπεφυκότα από τη δημιουργία διηθητικής φυσαλίδας. Ακόμα μια ομάδα επιπλοκών είναι διόγκωση του επιπεφυκότα που σχηματίζεται στην περιοχή που υποδέχεται το υδατοειδές υγρό. Η διηθητική φυσαλίδα μπορεί να πάρει μεγάλες διαστάσεις, να επικαλύπτει μεγάλο μέρος του κερατοειδή και να αποτελέσει θέση επιρρεπή σε λοιμώξεις ή τραυματισμούς. Επίσης, μπορεί να υπάρξει απόφραξη του αυλού του σωλήνα και διπλωπία. Τέλος, σε πολλές

περιπτώσεις η θέση απορροής του υδατοειδούς υγρού καλύπτεται από πυκνό στρώμα ινώδη ιστού με αποτέλεσμα τη μεγάλη άνοδο της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Τα ποσοστά επιτυχίας των διαφόρων βαλβίδων είναι περίπου ίση σε περίπου 70% ,με μείωση τουλάχιστον 50% της ενδοφθάλμιας πίεσης από την προ-εγχειρητική. Δυστυχώς, το ποσοστό αποτυχίας είναι περίπου 10% ανά έτος, με αποτέλεσμα μόνο το 50% λειτουργικές συσκευές αποχέτευσης σε 5 χρόνια.<sup>1,43</sup> (βλ. σημειώσεις Ευστάθιου Δετοράκη 2011-2012)

#### 4.6.6 Κυκλοφωτοπηξία – Κυκλοκρυοπηξία

Στην τεχνική της κυκλοκρυοπηξίας καταστρέφουμε, με εφαρμογή κρυοπηξίας πάνω από το σκληρό, τμήμα του εκκριτικού επιθηλίου του ακτινωτού σώματος με σκοπό την ελάττωση της παραγωγής του υδατικού υγρού. Τοποθετείται το κρυόδιο στο κάτω μισό του βολβού ή και σε όλη την περιφέρεια σε απόσταση 3-4mm από το σκληροκερατοειδικό όριο. Εφαρμόζονται 8-12 κρυοπηξίες διάρκειας 1 λεπτού η κάθε μια.

Η διασκληρική κυκλοφωτοπηξία με δίοδικο λέιζερ (Nd:Yag) αποτελεί σύγχρονη εφαρμογή της παλαιότερης μεθόδου της κυκλοκρυοπηξίας. Είναι η ασφαλέστερη και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικασία λέιζερ, επειδή είναι μη επεμβατική και δεν απαιτεί σαφή κερατοειδή ή ευρέως μυδρίαση. Στην μέθοδο αυτή εφαρμόζουμε ειδικό λέιζερ, εξωτερικά ή εσωτερικά στον οφθαλμό, στη περιοχή του ακτινωτό σώματος πίσω από την ίριδα, με σκοπό την μείωση της παραγωγής του υδατοειδούς υγρού. Συνήθως προορίζεται για τα μάτια με τελικού σταδίου γλαυκώματος και φτωχή όραση ή τυφλά μάτια που είναι συμπτωματικά και έχουν αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση. Έχει επίσης εφαρμογή σε πυρίμαχα γλαυκώματα στα οποία χειρουργικές διαδικασίες είναι υψηλού κινδύνου ή νεοαγγειακό και αφακικό γλαύκωμα ή μετά από προηγούμενη αποτυχημένη χειρουργική θεραπεία.<sup>4,,23,83</sup>

#### 4.6.7 Ιριδεκτομή

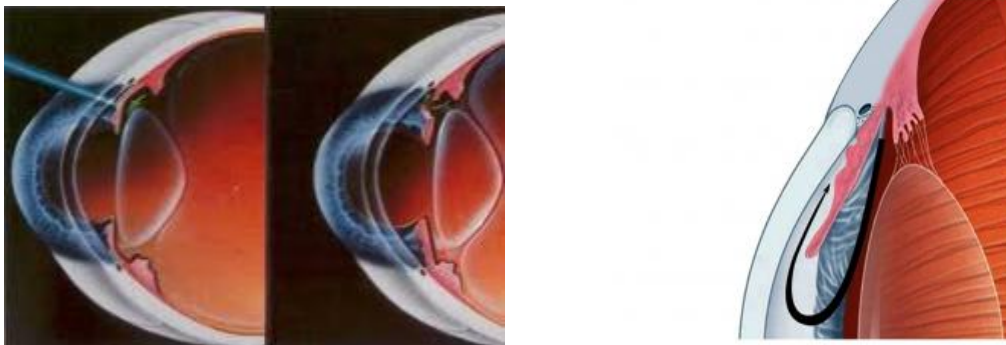
Σε αυτή τη χειρουργική διαδικασία αφαιρούμε χειρουργικά τμήμα της περιφερικής ίριδας και έτσι αποκαθίσταται η επικοινωνία μεταξύ του πρόσθιου και του οπίσθιου θαλάμου σε περιπτώσεις που διαταράσσεται η φυσιολογική διακύμανση του υδατοειδούς υγρού διαμέσου της φακοκοραϊάς σχισμής. Τα ίδια αποτελέσματα έχουμε και με τη χρήση του Nd-Yag Laser ή συνδυασμού Argon και Nd-Yag Laser. Σε περιπτώσεις μικρών κακοήθων όγκων της ίριδας γίνεται ευρεία ολική ιριδεκτομή όλης της περιοχής της ίριδας που περιέχει τον όγκο.<sup>3</sup>

Παρακάτω περιγράφεται λεπτομερώς η τεχνική της ιριδεκτομής:

Αρχικά ενσταλάζουμε απρακλονιδίνη και εξασφαλίζουμε ότι η κόρη είναι σε όσο το δυνατόν περισσότερο σε μύση. Οι παράμετροι του laser ποικίλλουν ανάλογα με το μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται. Η πλειονότητα των ιριδεκτομών γίνονται με ρυθμίσεις μεταξύ 4 και 8 mJ. Όταν διαπερνούμε μια λεπτή κυανή ίριδα το επίπεδο ενέργειας είναι περίπου 1-4

mJ ,ανά βολή, με δύο-τρεις βολές ανά ώση. Το επίπεδο ενέργειας πρέπει να αυξηθεί κατά 50-100% όταν διαπερνούμε μια παχιά καφέ ίριδα. Γενικά τρεις ώσεις των 3-6 mJ είναι συνήθως αποτελεσματικές. Στη συνέχεια τοποθετούμε έναν ειδικό συγκλίνοντα φακό επαφής (π.χ. του Abraham). Επιλέγουμε ένα σημείο για την ιριδεκτομή το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε άνω τεταρτημόριο ώστε να καλύπτει το βλέφαρο. Η ιριδεκτομή θα πρέπει επίσης να βρίσκεται όσο το δυνατόν περιφερικότερα αλλά εντός ενός γεροντότοξου για να εξασφαλιστεί ότι μια πιθανή πλεονάζουσα ενέργεια η οποία θα διαπεράσει την ίριδα είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσει βλάβη στο φακό. Στη συνέχεια τοποθετούμε τη δέσμη ώστε να μην είναι κάθετη και να στοχεύει προς τον περιφερικό αμφιβληστροειδή για αποφυγή της μακρινής πιθανότητας πρόκλησης εγκαύματος της ωχράς. Εξαιτίας της πλατιάς προσπίπτουσας δέσμης, εξασφαλίζουμε ότι το προσπίπτον φως δεν διακόπτεται από την άκρη του φακού. Εστιάζουμε με ακρίβεια τη δέσμη και διαπερνούμε την ίριδα. Η επιτυχία διάτρησης της ίριδας συνοδεύεται με απελευθέρωση υπολειμμάτων χρωστικής. Κατά μέσο όρο απαιτούνται επτά βολές για τη δημιουργία μιας επαρκούς ιριδεκτομής. Τέλος ενσταλάζουμε μια σταγόνα απρακλονιδίνης 1% και χορηγούμε στον ασθενή φαρμακευτική αγωγή για το σπίτι.

Τυχόν επιπλοκές που μπορεί να εμφανιστούν μετά ή κατά τη διάρκεια της επέμβασης είναι: αιμορραγία (συμβαίνει στο 50% των περιπτώσεων), ιρίτιδα, εγκαύματα του κερατοειδούς μπορεί να συμβούν αν δεν χρησιμοποιηθεί φακός επαφής ή όταν η ιριδεκτομή εφαρμοστεί σε ένα οφθαλμό με αβαθή πρόσθιο θάλαμο. Τέλος, μπορεί να εμφανιστεί θόλωση της όρασης και διπλωπία, δυνατόν να εμφανιστούν όταν η ιριδεκτομή δεν καλύπτεται από το άνω βλέφαρο.



**Εικόνες 4.6.7.1-2: Απεικονιστική περιγραφή Ιριδεκτομής**

#### 4.6.8 Γωνιοτομή

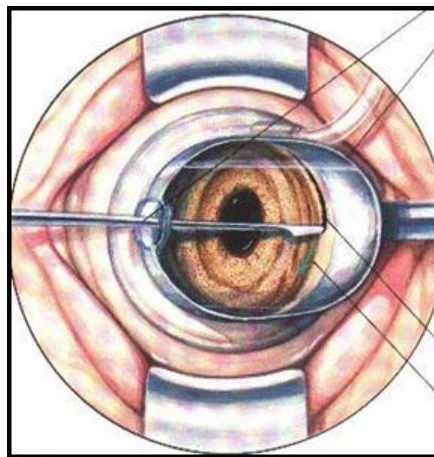
Η γωνιοτομή χρησιμοποιείται κυρίως στην χειρουργική αντιμετώπιση του συγγενούς γλαυκώματος. Στόχος της γωνιοτομής είναι να αφαιρέσετε το τμήμα ιστού που προκαλεί αντίσταση στην εκροή του υδατοειδούς, αποκαθιστώντας έτσι την πρόσβαση του υδατοειδούς στο σωλήνα του Schlemm και διατηρώντας τη φυσιολογική κατεύθυνση της εκροής.<sup>3,25</sup>

Παρακάτω περιγράφεται λεπτομερώς η τεχνική της γωνιοτομής:

Προϋπόθεση για τη γωνιοτομή είναι ένας διαυγής κερατοειδής (επιτυγχάνεται με μια σταγόνα αποστειρωμένης γλυκερίνης) και να έχει απογυμνωθεί το επιθήλιο ώστε να έχουμε καλύτερη οπτικοποίηση.

Ο πιο κοινός φακός που χρησιμοποιείται στη γωνιοσκόπηση είναι ο Koeppe για τη βέλτιστη άποψη του τομέα λειτουργίας (ζώνη semiopaque του ιστού ακριβώς πίσω από το δακτύλιο Schwalbe). Μια παρακέντηση γίνεται με μια κοφτερή λεπίδα, ή το ίδιο το μαχαίρι γωνιοτομής χρησιμοποιείται για να εισέλθει, λοξά μέσω του χείλους, στο πρόσθιο θάλαμο μέχρι το σημείο ακριβώς στην αντίθετη γωνία της περιοχής της ζώνης. Στη συνέχεια το μαχαίρι περιστρέφεται, πρώτα προς τη μια πλευρά και κατόπιν προς την άλλη, κόβοντας το ένα τέταρτο έως το ένα τρίτο της περιφέρειας της γωνίας. Τέλος, αναμορφώνουμε τον πρόσθιο θάλαμο με ένα ισορροπημένο διάλυμα άλατος.<sup>24,25</sup>

Σύμφωνα με έρευνες του Schaffer αναφέρθηκε 2% ποσοστό επιπλοκών σε επέμβαση γωνιοτομής και 76,7 % ποσοστό επιτυχίας. Ακόμα με μια ή δύο γωνιοτομές θεραπεύτηκε το 94% των περιπτώσεων που διαγνώστηκαν σε ηλικία μεταξύ 1 και 24 μηνών.<sup>44</sup>



Εικόνα 4.6.8 Απεικόνιση γωνιοτομής

#### 4.6.9 Μη-διδυτική χειρουργική

Οι μη-διδυτικές χειρουργικές επεμβάσεις γλαυκώματος έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια των συμβατικών διαδικασιών διήθησης και ίσως εφαρμοστεί σε πιο πρώιμο στάδιο της νόσου, ιδιαίτερα όταν η φαρμακευτική θεραπεία ή θεραπεία με λέιζερ είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη. Ο στόχος της μη-διδυτικής διαδικασίας είναι να μειώσει την ενδοφθάλμια πίεση με την ενίσχυση των φυσικών υδάτινων καναλιών εκροής, ενώ μειώνει την αντίσταση της εκροής που βρίσκεται στο εσωτερικό του τοιχώματος του σωλήνα του Schlemm και του δοκιδωτού δικτύου juxtacanalicular.

Η διαδικασία της μη-διδυτικής χειρουργικής απαιτεί τη δημιουργία ενός ενδοσκληρικού χώρου όπου δημιουργείται μετά από προσεκτική ανατομή και εκτομή του σκληρού χιτώνα ένα βαθύ κρημό. Προκειμένου να αποφευχθεί η κατάρρευση του εναπομένου επιφανειακού πτερυγίου που σχηματίστηκε στην οροφή της ενδοσκληρικής κοιλότητας, συνήθως εισάγεται ένας συντηρητής χώρου. Το υδατοειδές υγρό εγκαταλείπει τον πρόσθιο θάλαμο μέσω δοκιδωτού της μεμβράνης του Descemet εντός του χώρου του σκληρού χιτώνα, από όπου θα διαφύγει από διαφορετικές οδούς. Δύο διαφορετικοί τύποι συσκευών αποστράγγισης χρησιμοποιούνται: απορροφήσιμων και μη απορροφήσιμων εμφυτευμάτων. Ο πρώτος τύπος είναι σήμερα κατασκευάζεται από υλικό κολλαγόνου χοίρου που απορροφάται αργά την πάροδο του χρόνου, ενώ η δεύτερη είναι συνήθως κατασκευασμένα από μη αποικοδομήσιμα υλικά που μονίμως παραμένουν στο κρημό του σκληρού. Μεταξύ των δύο τύπων του εμφυτεύματος δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη χειρουργική τεχνική.<sup>24,45,46</sup>

#### 4.7 Σύγχρονες απεικονιστικές μέθοδοι οπτικής θηλής

Όπως γνωρίζουμε το γλαύκωμα στα αρχικά στάδια προκαλεί ζημιά στα οπτικά πεδία, παρουσιάζει προβλήματα στην οπτική θηλή και συνοδεύεται από αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση. Επίσης η νόσος δεν παρουσιάζει συμπτώματα παρά μόνο σε προχωρημένα στάδια όταν η βλάβη είναι τόσο εκτεταμένη ώστε να έχει επηρεάσει τη κεντρική όραση. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητος ο τακτικός έλεγχος για την έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία του γλαυκώματος. Η εξέλιξη που έγινε τα τελευταία χρόνια στην ιατρική τεχνολογία είναι πολύ σημαντική. Η τεχνολογία μας έδωσε πολύ σημαντικές δυνατότητες, τόσο στην διάγνωση όσο και στη θεραπεία του γλαυκώματος. Η διάγνωση είναι το πιο σημαντικό κομμάτι στην μελέτη και παρακολούθηση ενός ασθενή, καθώς αυτή θα καθορίσει αν χρειάζεται θεραπεία ή όχι και ποιος τύπος θεραπείας είναι ο σωστός.<sup>80</sup>

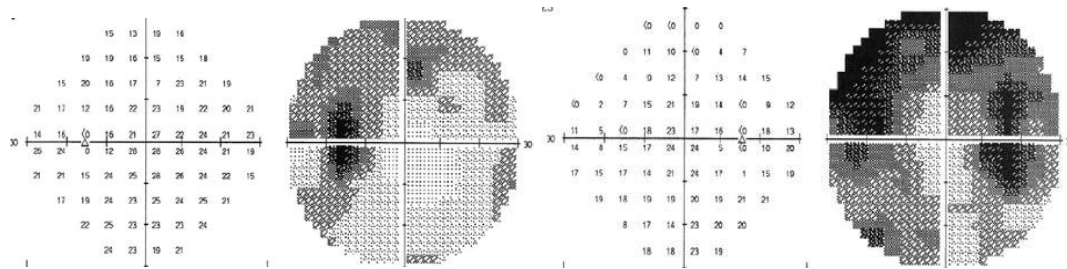
Ποιο αναλυτικά, η εξέταση του οπτικού πεδίου έχει σκοπό να εντοπιστεί τυχόν απώλεια όρασης, ιδιαίτερα στη περιφέρεια, λόγω βλάβης του οπτικού νεύρου. Συνήθως η εξέταση γίνεται σε κάθε οφθαλμό ξεχωριστά. Οι κυριότεροι μέθοδοι εκτίμησης των οπτικών πεδίων είναι ο έλεγχος των οπτικών πεδίων κατά αντιπαράθεση, η περιμετρία και η εξέταση των οπτικών πεδίων με την βοήθεια του χάρτη Amsler.



Ο έλεγχος των οπτικών πεδίων *κατά αντιπαράθεση* πραγματοποιείται τοποθετώντας τον εξεταζόμενο ασθενή απέναντι από τον εξεταστή σε απόσταση 1 μέτρου και ο εξεταστές συγκρίνει χωριστά το οπτικό πεδίο του ενός οφθαλμού με αυτό του αντίστοιχου οφθαλμού του εξεταζόμενου, έχοντας και οι δύο τους κλειστό τον άλλο οφθαλμό. Στη συνέχεια ο εξεταστές μεταφέρει τον δείκτη του χεριού του από την περιφέρεια προς το κέντρο, ζητώντας από τον εξεταζόμενο να απαντήσει πότε αντιλαμβάνεται τον δείκτη. Η κίνηση αυτή επαναλαμβάνεται σε όλα τα τεταρτημόρια του οπτικού πεδίου. Εφόσον ο ασθενής έχει φυσιολογικό οπτικό πεδίο, ο εξεταστής με τον εξεταζόμενο θα αντιληφθούν ταυτόχρονα τον κινούμενο δείκτη.

Η τεχνική της *περιμετρίας* αποτελεί την πιο ευαίσθητη και λεπτομερή μέθοδο για την εκτίμηση των οπτικών πεδίων. Πραγματοποιείται με ιδικά όργανα που ονομάζονται *περίμετρα* και χαρτογραφούν την ευαισθησία του αμφιβληστροειδούς σε ένα φωτεινό ερέθισμα. Υπάρχουν δυο βασικοί μέθοδοι περιμετρίας, ανάλογα με την παρουσία του φωτεινού στόχου, η *κινητική περιμετρία* και η *στατική περιμετρία*. Η *κινητική περιμετρία*, ελέγχει κάθε φορά την ευαισθησία των διάφορων τμημάτων του αμφιβληστροειδούς σε ένα ορισμένης έντασης και μεγέθους στόχο. Ο στόχος αυτός είναι ένα φωτεινό σημείο διαφορετικού μεγέθους και έντασης κάθε φορά και κινείται από την περιφέρεια προς το σημείο προσήλωσης του εξεταζόμενου, ο οποίος καλείται να πληροφορεί τον γιατρό την στιγμή ακριβώς που αντιλαμβάνεται τον στόχο. Ο φωτεινός στόχος γίνεται κάθε φορά αντιληπτός σε όλα τα σημεία του οπτικού πεδίου που αντιστοιχούν σε τμήματα του αμφιβληστροειδούς που έχουν την ευαισθησία αυτή. Ενώ στη *στατική περιμετρία* ο έλεγχος της ευαισθησίας των διαφόρων τμημάτων του αμφιβληστροειδή γίνεται με ακίνητο φωτεινό στόχο, διαφορετικού κάθε φορά μεγέθους και έντασης. Ο εξεταζόμενος καλείται να απαντά κάθε φορά που θα αντιλαμβάνεται τον φωτεινό στόχο. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται το ελάχιστο ερέθισμα που γίνεται αντιληπτό στη συγκεκριμένη περιοχή του οπτικού πεδίου (ουδός ευαισθησίας). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε όλες τις θέσεις του οπτικού πεδίου και μας δίνει σε χαρτογράφηση την ουδό ευαισθησίας των διαφόρων τμημάτων του αμφιβληστροειδή.

Τέλος, μια ακόμα σημαντική τεχνική είναι η εξέταση των οπτικών πεδίων με τον *χάρτη του Amsler*. Στην εξέταση αυτή ελέγχουμε την κεντρική όραση του οπτικού πεδίου σε έκταση 20° (κυρίως στην περιοχή της ωχράς). Οι χάρτες του Amsler είναι χρώματος μαύρου, με άσπρες ευθείς γραμμές που σχηματίζουν 400 τετραγωνάκια διαστάσεως 5x5mm. Τοποθετούνται σε απόσταση ανάγνωσης από τον εξεταζόμενο, από τον οποίο ζητείται να προσηλώσει το βλέμμα του σε μια λευκή κηλίδα, που βρίσκεται στο κέντρο του πίνακα. Η εξέταση γίνεται για κάθε οφθαλμό ξεχωριστά, με την καλύτερη δυνατή διόρθωση. Ο εξεταζόμενος πρέπει να δείξει πάνω στο πλέγμα τις γραμμές εκείνες που τυχόν φαίνονται κυματοειδείς ή καμπύλες, καθώς και τις περιοχές εκείνες που δεν διακρίνει καθόλου τα τετραγωνάκια.



**Εικόνα 4.7.1** *Οπτικά πεδία με αρχόμενο (αριστερά) και προχωρημένο γλαύκωμα (δεξιά).*<sup>84</sup>

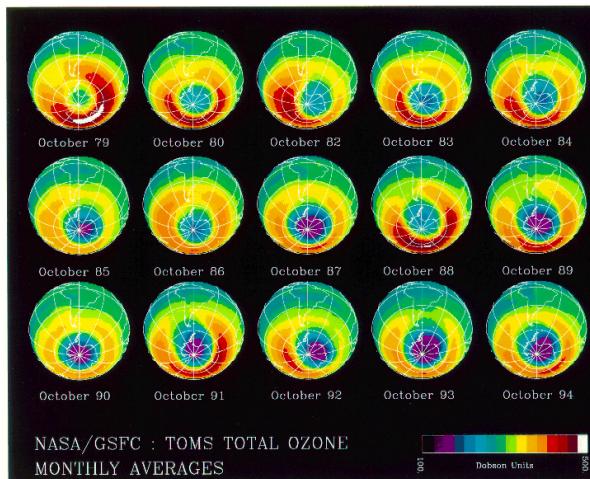
Μέχρι πρότινος η διάγνωση του γλαυκώματος γινόταν μόνο μέσω της παρατήρησης της κοίλανσης του οπτικού νεύρου και των οπτικών πεδίων (περιμετρία). Από μόνη της όμως, ακόμα καμία ‘φυσιολογική’ εικόνα οπτικών πεδίων δεν εξασφαλίζει το ότι δεν υπάρχει γλαύκωμα, γιατί οι μη αναστρέψιμες βλάβες στο οπτικό πεδίο εμφανίζονται όταν ήδη έχει καταστραφεί το 30-40% των οπτικών ινών, δηλαδή σε ήδη προχωρημένο στάδιο. Ωστόσο, είναι δυνατό να γίνει διάγνωση του γλαυκώματος σε αρκετά πρώιμο στάδιο μέσω εξετάσεων που επιτρέπουν την καταγραφή και απεικόνιση του στρώματος των γαγγλιακών κυττάρων (GCC, Gagglion Cell Complex) και νευρικών ινών (RNFL, Retinal Nerve Fiber Layer), επειδή στα πρώιμα στάδια το γλαύκωμα χαρακτηρίζεται από απώλεια οπτικών ινών και γαγγλιακών κυττάρων. Τα τελευταία χρόνια η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει εξειδικευμένες διατάξεις που επιτρέπουν την απεικόνιση και καταγραφή των αλλοιώσεων των γαγγλιακών κυττάρων και νευρικών ινών.

Οι πιο σύγχρονες απεικονιστικοί μέθοδοι είναι η *Οπτική Συμφασική Τομογραφία* (Optical Coherence Tomography, OCT), η *Συνεστιακή Laser Οφθαλμοσκόπηση Σάρωσης* (Heidelberg Retina Tomograph, HRT) και ο *Αναλυτής Νευρικών Ινών* (GDx®).

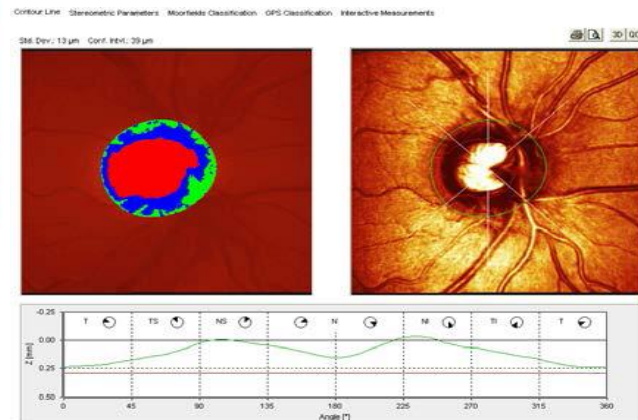
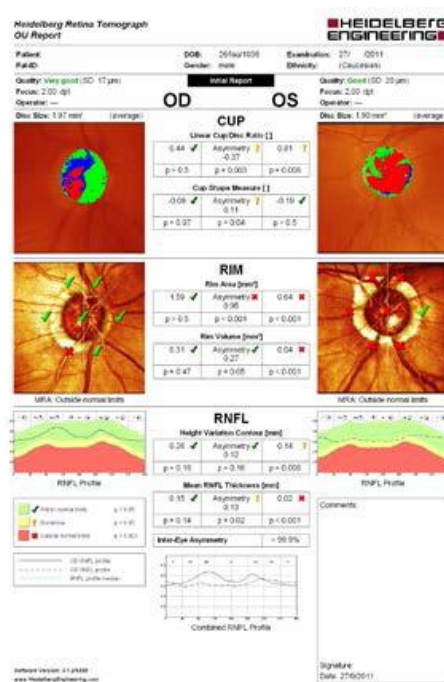
Η *Οπτική Συμφασική Τομογραφία* (OCT) επιτρέπει την τρισδιάστατη οπτική χαρτογράφηση στην περιοχή του οπτικού νεύρου με καταγραφή της σκέδασης των φωτονίων από το βυθό του οφθαλμού. Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του περιθηλαίου πάχους των νευρικών ινών. Για τη μέτρηση αξιοποιείται η χρονική υστέρηση του οπισθοσκεδαζόμενου φωτός από τη στιβάδα των νευρικών ινών σε σχέση με κάτοπτρο αναφοράς. Ειδικός αλγόριθμος (A5X1) ανιχνεύει την πρόσθια επιφάνεια του μελάγχρου επιθηλίου και προσδιορίζει έτσι τη θέση των φωτουποδοχέων. Το πάχος της νευρικής στιβάδας (σε μm) μετριέται σε 100-500 σημεία κατά μήκος περιφέρειας 360° γύρω από τη θηλή.

Η *Συνεστιακή Laser Οφθαλμοσκόπηση Σάρωσης* (HRT) είναι μια τεχνολογία που βασίζεται στη συνεστιακή μικροσκοπία και απεικονίζει στις τρεις διαστάσεις την οπτική θηλή από μια σειρά οπτικών τομών, οι οποίες γίνονται σε διαφορετικό βάθος εστίασης. Από την τρισδιάστατη εικόνα δημιουργείται τοπογραφική αποτύπωση με περισσότερες 65000 τοπικές μετρήσεις ύψους και με τη χρήση χρωματικού κώδικα την επεξήγησή της (τα πιο θερμά χρώματα αντιστοιχούν σε υπερυψωμένες περιοχές και τα πιο ψυχρά χρώματα αντιστοιχούν στις εμβαθύνσεις).

Ο Αναλυτής Νευρικών Ινών (GDx®) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του πάχους της στιβάδας υπολογίζοντας τη καθυστέρηση (retardation) που υφίσταται το πολωμένο φως όταν διέρχεται από τη στιβάδα των νευρικών ινών.



Εικόνα 4.7.2 Optical Coherence Tomography, OCT



Εικόνα 4.7.3 Απεικόνιση γαγγλιακών κυττάρων και κοίλανσης οπτικής θηλής οπτικού νεύρου με τεχνολογία HRT.



Εικόνα 4.7.4 Heidelberg Retina Tomograph, HRT



Εικόνα 4.7.5 Αναλυτής Νευρικών Ινών (GDx®)

Τέλος, η πιο συνηθισμένη εξέταση είναι η τονομέτρηση, όπου μετράμε την ενδοφθάλμια πίεση του οφθαλμού. Πιο αναλυτικά για αυτή τη μέθοδο θα αναφερθούμε στο κεφάλαιο που ακολουθεί (κεφάλαιο 5).

## **Κεφάλαιο 5ο**

### **TONOMETΡΙΑ**

Η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης αποτελεί μια από τις πιο σύγχρονες μεθόδους οφθαλμικής εξέτασης. Η πιο συχνά συνδυασμένη πάθηση με την αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση είναι το γλαύκωμα για αυτό και κατέχει σημαντικό ρόλο στη διάγνωση και παρακολούθηση του. Η πιο ακριβής μέθοδος μέτρησης της ενδοφθάλμιας πίεσης είναι η μανομετρική (άμεση μέθοδος), δηλαδή με καθετηριασμό του πρόσθιου θαλάμου ή της υαλοειδικής κοιλότητας. Όμως αυτή η μέθοδος δεν είναι συμβατή με την καθημερινή πράξη για αυτό σήμερα έχουν κατασκευαστεί τονόμετρα που μετρούν έμμεσα την ενδοφθάλμια πίεση.

Όμως για να επιτευχθεί σωστή εκτίμηση της ενδοφθάλμιας πίεσης πρέπει να λειφθεί υπόψη η παχυμετρία του κερατοειδή. Το πάχος του χιτώνα μεταβάλλει τις μηχανικές του ιδιότητες και ως εκ τούτου αλλοιώνει τις μετρήσεις που λαμβάνουμε. Με την συνεκτίμηση των δύο μετρήσεων (πίεσης και πάχους) μπορούμε να έχουμε μια ρεαλιστική εικόνα της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους μέτρησης της ενδοφθάλμιας πίεσης:

#### **5.1 Τονομετρία επιπέδωσης (Goldmann)**

#### **5.2 Τονομετρία εμβύθισης (Schiotz)**

#### **5.3 Δυναμική Περιμετρική Τονομετρία, Dynamic Contour Tonometer (DCT)**

#### **5.4 Αναλυτής οφθαλμικής απόκρισης (ORA)**

#### **5.5 Τονόμετρο αέρος ( Air puff)**

#### **5.6 Τονόμετρο Tonopen**

#### **5.7 Τονόμετρο Perkins**

#### **5.8 Τονόμετρο Mackay -Marg**

#### **5.1 Τονόμετρο επιπέδωσης Goldmann (GAT):**

Το τονόμετρο Goldmann αποτελεί το «χρυσό πρότυπο» τονομετρίας.<sup>48,49</sup> Είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιημένο τονόμετρο από το 1950 από όπου άρχισε η εποχή της πραγματικά

ακριβή μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>50,51</sup> Υπολογίζει τη δύναμη επιπέδωσης συγκεκριμένης περιοχής του κεντρικού κερατοειδή και αναγάγει τη μέτρηση αυτή σε πίεση.



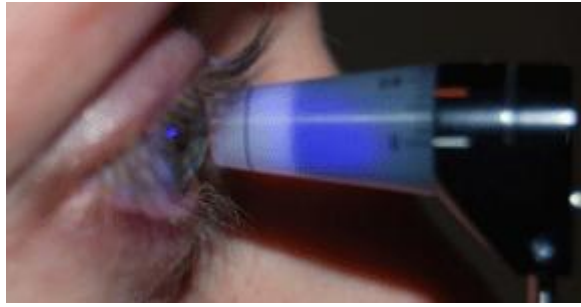
**Εικόνα 5.1.1: Τονόμετρο Goldmann**

Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στην αρχή λειτουργίας των Imbert – Fick.<sup>51,52,53</sup> Όπου η πίεση  $P$  μέσα σε μια σφαίρα ισούται με το κλάσμα της δύναμης  $F$  που χρειάζεται για να επιπεδώσει ένα τμήμα προς την επιφάνεια  $A$  του τμήματος αυτού.

$$P = \frac{F}{A} \quad (5.1.1)$$

Η αρχή αυτή προϋποθέτει επιφάνειες σφαιρικές, στεγνές, ελαστικές, με λεπτά και εύκαμπτα τοιχώματα. Κατά την επιπέδωση του κερατοειδούς όμως ασκούνται πάνω του η δύναμη του τονόμετρου, η ενδοφθάλμια πίεση, η επιφανειακή τάση του δακρυϊκού φιλμ και η αντίσταση του κερατοειδούς στην παραμόρφωση. Έχει υπολογιστεί πειραματικά ότι οι δύο τελευταίες δυνάμεις αλληλοεξουδετερώνονται για διάμετρο επιπέδωσης 3,06 mm.

Ένα ειδικά απολυμασμένο πρίσμα είναι προσαρμοσμένο επί της κεφαλής του τονόμετρου και κατόπιν τοποθετείται έτσι ώστε να έλθει σε επαφή με την κεντρική περιοχή του κερατοειδή. Ανάμεσα στην επίπεδη επιφάνεια και στον παρατηρητή βρίσκεται ένα δίπρισμα το οποίο διαχωρίζει την εικόνα σε δύο εγκάρσια μετατοπισμένα τμήματα. Αφού έχει γίνει ενστάλαξη στο κερατοειδή διάλυμα αναισθητικού και φλουροσκεΐνης, γίνεται η παρατήρηση με ένα βαθύ μπλε φίλτρο του κοβαλτίου. Έτσι ο δακτύλιος του μηνίσκου της φλουροσκεΐνης διαχωρίζεται σε δύο ημικύκλια σχετικά μετατοπισμένα το έναν ως προς το άλλο. Τα ημικύκλια θα εμφανίζονται να εφάπτονται όταν έχει επιτευχθεί επιπέδωση 3,06mm. Περιστρέφοντας το βαθμονομημένο κύλινδρο ρυθμίζεται η ασκούμενη δύναμη έως ότου τα εσωτερικά όρια των ημικυκλίων εφάπτονται. Τα ημικύκλια πρέπει να βρίσκονται στο κέντρο του κερατοειδούς και να είναι ίσα στο μέγεθος. Η ένδειξη του κυλίνδρου πολλαπλασιάζεται επί 10 και βρίσκουμε τη μετρούμενη ενδοφθάλμια πίεση. (βλ. σημειώσεις Χαρίλαου Γκίνη 2011)



**Εικόνα 5.1.2: Μέτρηση ενδοφθάλμιας πίεσης με τονόμετρο Goldmann**

Δυστυχώς η ακρίβεια της μέτρησης επηρεάζεται από το πάχος και τη καμπυλότητα του κερατοειδούς, καθώς το όργανο είναι βαθμονομημένο για κεντρικό πάχος κερατοειδούς 520-540μm και πρόσθια ακτίνα καμπυλότητας κερατοειδούς 7,80mm. Ακόμα η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης επηρεάζεται από το αξονικό μήκος, οίδημα του κερατοειδή, υψηλό αστιγματισμό και από βάθος του πρόσθιου θαλάμου. Επίσης η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης δεν είναι αξιόπιστη σε ασθενείς που έχουν κάνει επέμβαση LASIK.<sup>50,52,54</sup>

Αυτό έχει σαν συνέπεια να καθιστά το τονόμετρο Goldmann λιγότερο ακριβές από άλλα τονόμετρα. Παρ' όλα αυτά εξακολουθεί να αποτελεί το «**χρυσό πρότυπο**» λόγω μεγάλου όγκου κλινικής εμπειρίας, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στη παρακολούθηση του γλαυκώματος.

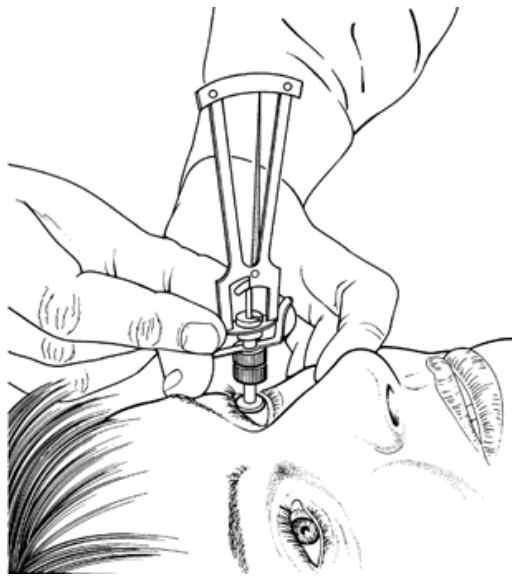
## **5.2 Τονομετρία εμβύθισης (Schiotz)**

Από το 1905 το τονόμετρο Schiotz αποτελεί το πρωτότυπο τονόμετρο εμβύθισης.<sup>51</sup> Το τονόμετρο Schiotz χαρακτηρίζεται για την ευκολία της χρήσης του και το σχετικά χαμηλό του κόστος. Στη συνέχεια περιγράφονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια η χρήση και τα χαρακτηριστικά του.<sup>55</sup>



**Εικόνα 5.2.1: Τονόμετρο Schiotz**

Πριν τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, το τονόμετρο Schiottz πρέπει να βαθμονομηθεί και να αποστειρωθεί. Ο ασθενής καλείται να βρίσκεται σε ύπτια θέση. Μετά την εφαρμογή ενός τοπικού αναισθητικού στον κερατοειδή, όπως προπαρακαΐνη 0,5%, ο εξεταστής διαχωρίζει απαλά τα βλέφαρα με τον αντίχειρα και το δείκτη και εφαρμόζει το έμβολο του τονόμετρου ευθείας επί του κερατοειδούς (Εικόνα 5.2.2). Το όργανο πρέπει να κρατιέται κάθετα στο μάτι για να επιτρέψει το έμβολο να κινηθεί ελεύθερα. Ο βαθμός της εμβύθισης μετράται με τη κίνηση μιας βελόνας σε μια κλίμακα. Τέλος οι ταλαντώσεις της βελόνας αντιπροσωπεύουν το οφθαλμικό εύρος παλμού, υποδεικνύοντας την ελεύθερη κίνηση του εμβόλου και της καλή τεχνική. Το μεσαίο σημείο της βελόνας λαμβάνεται ως μέτρηση της πίεσης. Για την εμβύθιση του κερατοειδή χρησιμοποιούνται βαρίδια βάρους 5,5 g , 7,5 g, 10 g και σπάνια 15 g. Επιπλέον βάρη θα πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε φορά που το όργανο δείχνει πίεση ίση με 4 ή μικρότερη. Όμως οφθαλμοί με αυξημένη ενδοφθάλμια πίεση θα είναι ανθεκτικοί στην εμβύθιση από το έμβολο, με αποτέλεσμα ανακριβείς μετρήσεις. Δεδομένου ότι η τονόμετρο Schiottz δεν μετράει την πίεσης απευθείας, οι πίνακες μετατροπής, που παρέχονται με το όργανο, χρησιμοποιούνται για να μεταφραστεί η κλίμακα αναγνώσεις σε εκτίμηση της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>56</sup>



**Εικόνα 5.2.2: Χρήση τονόμετρου Schiottz**

Η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με τονόμετρο εμβύθισης Schiottz αντενδείκνυται σε ασθενείς με γνωστή ή πιθανολογούμενη οφθαλμική λοίμωξη, τραύμα και με ευαισθησία στο τοπικό αναισθητικό. Το πραγματικό ποσοστό επιπλοκών της τονομετρίας είναι αρκετά μικρό. Παράγοντες ,εκτός του οργάνου, που μπορεί να ευθύνονται για μεγάλα σφάλματα στις μετρήσεις της πίεσης είναι διαθλαστικές ανωμαλίες όπως υπερμετροπία και μυωπία και ακαμψία του σκληρού χιτώνα. Ακόμα, ασθένειες του κερατοειδή μεταβάλλουν την αντίσταση του κερατοειδή και αποτελούν μια πρόσθετη πηγή σφαλμάτων στις μετρήσεις.



Ενώ οι μετρήσεις με το τονόμετρο Schiottz μπορεί να παράγουν αρκετά μεγάλα λάθη, ωστόσο παραμένει το προτιμώμενο μέσο ελέγχου για τον αρχικό έλεγχο της πίεσης από τους γιατρούς. Προβλήματα ακρίβειας είναι μικρότερης σημασίας σε σύγκριση με την δυσκολία αναγνώρισης της ακριβής σχέσης μεταξύ της αυξημένης ενδοφθάλμιας πίεσης και της ανάπτυξη του γλαυκώματος, όμως δεν αρκεί από μόνη της για να κάνει τη διάγνωση του γλαυκώματος. Τέλος, το τονόμετρο Schiottz είναι ικανό να παρέχει αρκετά ακριβή μετρήσεις για μία ασθένεια που έχει μακρά περίοδο λανθάνουσας κατάστασης πριν από την παραγωγή των συμπτωμάτων.<sup>56</sup>

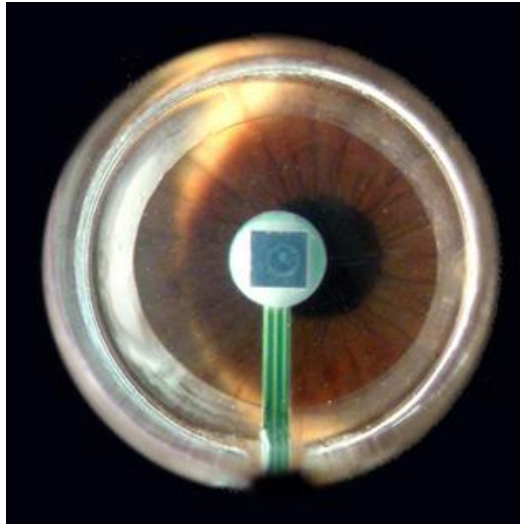
### 5.3 Δυναμική Περιμετρική Τονομετρία, Dynamic Contour Tonometer (DCT)

Η Δυναμική Περιμετρική Τονομετρία (DCT), που διατίθεται στο εμπόριο από το 2004, αντιπροσωπεύει μια δυνητικά νέα τεχνολογία για την μη επεμβατική και άμεση μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και έχει προταθεί για τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με ακρίβεια, ανεξάρτητα από το πάχος του κερατοειδούς ή την κερατοειδική ελαστικότητα.<sup>48,53</sup>



**Εικόνα 5.3.1: Pascal DCT τονόμετρο**

Το DCT υπολογίζει άμεσα τις δυναμικές παλμικές διακυμάνσεις της ΕΟΠ χρησιμοποιώντας ένα πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα διαμέτρου 0.25mm ενσωματωμένο στην άκρη της συσκευής. Έτσι η άκρη της συσκευής ταιριάζει με το κερατοειδή ελαχιστοποιώντας τη παραμόρφωση του κερατοειδή και του ασκεί σταθερή δύναμη, ίση με το βάρος 1gr. Ακόμα επιτρέπει την ταυτόχρονη μέτρηση του οφθαλμικού εύρους παλμού δηλαδή τη διαφορά μεταξύ συστολικής και διαστολικής ενδοφθάλμιας πίεσης και την εμφανίζει στην ψηφιακή οθόνη που διαθέτει.<sup>48,53</sup> Η ενδοφθάλμια πίεση υπολογίζεται από τη μέση διαστολική ενδοφθάλμια πίεση των 300-500 μετρήσεων που καταγράφει το όργανο σε χρόνο 3-5 sec.



**Εικόνα 5.3.2: Απεικόνιση αισθητήρα ενός τονόμετρου PASCAL σε επαφή με τον κερατοειδή χιτώνα του ασθενούς.**

Άλλα πλεονεκτήματα του DCT, εκτός από την ψηφιακή του οθόνη και την επαναληψιμότητα του, είναι η ακουστική ένδειξη κατά τη διάρκεια της τονομέτρησης, και ανάγνωσης της καλής ποιότητας της μέτρησης (Qvalue), η οποία είναι ένας αριθμός από ένα μέχρι πέντε υποδεικνύοντας την ποιότητα των δεδομένων. Το ένα είναι η βέλτιστη, δύο και τρεις είναι αποδεκτή, και τέσσερις και πέντε είναι απαράδεκτες και πρέπει να απορριφθεί. Ακόμα, με μιας χρήσης καλύμματα του αισθητήρα αποφεύγεται το ενδεχόμενο μεταφοράς μικροβίων.<sup>48,53,54</sup>

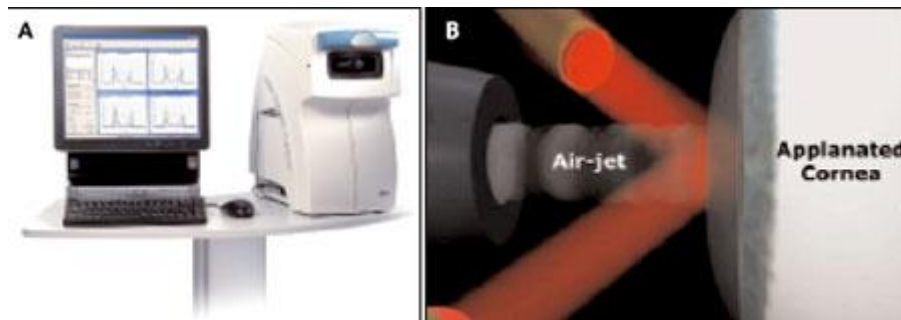
Επίσης το DCT μετρά με ακρίβεια την ενδοφθάλμια πίεση, ανεξάρτητα από το πάχος, την καμπυλότητα και την ελαστικότητα του κερατοειδούς, το αξονικό μήκος, το βάθος του πρόσθιου θαλάμου αλλά και από τυχόν οίδημα ή ανωμαλίες του κερατοειδή. Ακόμα παραμένουν αξιόπιστα όταν χρησιμοποιούνται σε αφύσικα σχήματα κερατοειδή.<sup>53</sup> Για αυτό το λόγο το DCT είναι πολύτιμο για ασθενής με κερατόκωνο ή κερατοπλαστική. Επιπλέον, τονομέτρηση μετά από διαθλαστική χειρουργική, όπως LASIK, δεν επηρεάζεται από τη νέα αρχιτεκτονική του κερατοειδούς.<sup>54</sup> Όμως είναι αδύνατη η χρήση του σε ασθενής με υποτονία, με μικρό εύρος παλμού και σε ασθενής που δεν συνεργάζονται.<sup>50,52</sup>

#### **5.4 Αναλυτής οφθαλμικής απόκρισης (ORA)**

Η απόκριση του αναλυτή οφθαλμική (ORA) είναι ένα νέο τονόμετρο μη-επαφής που δεν απαιτεί τοπική αναισθησία και παρέχει πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις βιο-μηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς.

Ένας παλμός αέρα κατευθύνεται στο κέντρο του κερατοειδούς προκαλώντας προς τα έσω κίνηση αυτού, επιπέδωση και τελικά εμβύθιση. Στη συνέχεια ο παλμός φθίνει και ο

κερατοειδής επανέρχεται περνώντας και πάλι από θέση επιπέδωσης. Ένα ηλεκτροοπτικό σύστημα χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των διαδοχικών θέσεων του κερατοειδούς και τη μετατροπή σε ένδειξη πίεσης. Η μέση τιμή των δύο ενδείξεων πίεσης για τις δύο καταστάσεις επιπέδωσης συσχετίζεται ισχυρά με τη μέτρηση με τονόμετρο Goldmann, ενώ η διαφορά τους ορίζεται ως κερατοειδική υστέρηση, ένα νέο μέγεθος που θεωρείται ότι περιγράφει τις βιομηχανικές ιδιότητες του κερατοειδούς.



**Εικόνα 5.4: Ο Αναλυτής απόκρισης Οφθαλμική (A) Χρησιμοποιεί έναν παραλληλισμό παλμό αέρα για να επιπέδωσε τον κερατοειδή, μαζί με ένα υπέρυθρο ηλεκτρο-οπτικό σύστημα ανίχνευσης (B)**

### 5.5 Τονόμετρο αέρος ( Air puff)

Το τονόμετρο αέρος (Air puff) μπορεί και υπολογίζει την ενδοφθάλμια πίεση μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να προκληθεί επιπέδωση του κερατοειδούς από παλμό αέρα. Μέσω ενός οπτοηλεκτρονικού συστήματος ανιχνεύει την επιπέδωση και εκτιμά την ενδοφθάλμια πίεση από τη δύναμη του air jet τη στιγμή της επιπέδωσης.



**Εικόνα 5.5.1: Χρήση τονομέτρου αέρος**



**Εικόνα 5.5.2: Το τονόμετρο αέρος (Air puff)**

Τα τονόμετρα μη-επαφής με το κερατοειδή, όπως το τονόμετρο αέρος, είναι αξιόπιστα στις κανονικές κλίμακες πίεσης αλλά γίνονται ανακριβής, καθώς το επίπεδο της ενδοφθάλμιας πίεση αυξάνεται. Πρόσθετες πηγές σφάλματος μπορεί να είναι τυχόν ανωμαλίες του κερατοειδή ή ανικανότητα του ασθενούς να συνεργαστεί. Μερικά από τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά των τονομέτρων μη-επαφής περιλαμβάνουν την αξιοπιστία για μετρήσεις ενδοφθάλμιας πίεσης σε ασθενείς με λοίμωξη του κερατοειδή και τη χρήση τους σε ασθενείς που αντιμετωπίζουν προβλήματα στην τοπική αναισθησία, που είναι απαραίτητη σε μετρήσεις με τονόμετρα επαφής. Ακόμα αν και δεν θεωρείται ότι είναι ο πιο ακριβής τρόπος για τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, χρησιμοποιείται συχνά γιατί είναι ένας εύκολος τρόπος για την εξέταση των παιδιών. Τέλος, επειδή η μη-επαφής τονομετρία επιτυγχάνεται χωρίς την επαφή με το κερατοειδή είναι σχεδόν αδύνατη η μετάδοση κάποιας ασθένειας.<sup>56</sup>

## 5.6 Τονόμετρο Tonopen

Το τονόμετρο Tonopen είναι ένα φορητό, ηλεκτρονικό τονόμετρο, τοποθετείται κάθετα στο κέντρο του κερατοειδούς και χρησιμοποιεί πολύ μικρή επιφάνειά του κερατοειδή.



**Εικόνα 5.6.1: Το τονόμετρο Tonopen**

Αρχικά τοποθετούμε στη κεφαλή του τονόμετρου ένα πλαστικό αποστειρωμένο κάλυμμα μίας χρήσεως, για την αποφυγή τυχόν μεταφοράς μικροβίων. Στη συνέχεια ενσταλάζουμε τοπικό αναισθητικό, εφόσον έρχεται σε επαφή με το κερατοειδή, και μετράμε τη δύναμη που χρειάζεται ώστε να μετακινηθεί κατά περίπου 10μm μια στηριζόμενη σε ελατήριο ακίδα καθώς αυτή αγγίζει τον κερατοειδή. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης ένα ήχος μας ειδοποιεί ότι η μέτρηση έγινε σωστά και εμφανίζεται στην οθόνη υγρών κρυστάλλων η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης (εκφραζόμενη σε mmHg) η οποία προέκυψε από το μέσο όρο πολλών διαδοχικών μετρήσεων που πήρε στιγμιαία η κεφαλή. Ακόμα, στην οθόνη υπάρχουν ενδείξεις 5%, 10%, 20% και > 20% που αντιστοιχούν στην ευκρίνεια της μέτρησης, όσο

μικρότερο ποσοστό τόσο ακριβής η μέτρηση μας. Τρεις διαδοχικές μετρήσει δίνουν ακριβές αποτέλεσμα.



**Εικόνα 5.6.2: Χρήση τονομέτρου Tonopen**

Τέλος, το γεγονός ότι είναι φορητό και έχει μικρό μέγεθος το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο σε ασθενείς που δεν συνεργάζονται, σε παιδιά και σε πειραματόζωα. Ακόμα είναι χρήσιμο σε ασθενείς με ανωμαλίες του κερατοειδή, όπως ουλοποίηση ή μετά από κερατοπλαστική.

## **5.7 Τονόμετρο Perkins**

Το τονόμετρο Perkins έχει καθιερωθεί για πάνω από 30 χρόνια ως «παγκόσμιο πρότυπο» φορητού τονομέτρου επιπέδωσης. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην αρχή λειτουργίας του τονομέτρου Goldmann. Είναι ουσιαστικά μια φορητή έκδοση του Goldmann.<sup>1</sup>

Το Perkins έχει σχεδιαστεί ειδικά για ασθενείς με κινητικές δυσκολίες, καθώς και για παιδιά που ήταν πάντα δύσκολο να εξεταστούν με τις παραδοσιακές μεθόδους τονομετρίας επιπέδωσης. Σε συνδυασμό με την ευκολία και την ευελιξία, το Perkins προσφέρει αποδεδειγμένη ακρίβεια στις μετρήσεις ενδοφθάλμιας πίεσης. Ακόμα μπορούν να ληφθούν μετρήσεις ακριβείας με τον ασθενή σε οποιαδήποτε θέση. Το σύστημα φωτισμού αποτελείται από δύο λάμπες φθορισμού που ενισχύουν σημαντικά τα γνωστά "ημικύκλια", το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη μιας αποτελεσματικής μέτρησης και κάνει τη λειτουργία του οργάνου πολύ πιο εύκολη. Τέλος, επιτρέπει σε δύο άτομα να βλέπουν ταυτόχρονα, το οποίο καθιστά το Perkins ένα εξαιρετικό διδακτικό βοήθημα.



**Εικόνα 5.7.1: Χρήση τονομέτρου Perkins**



**Εικόνα 5.7.2: Το τονόμετρο Perkins**

## **5.8 Τονόμετρο Mackay –Marg**

Το 1959, ο Mackay και Marg εισήγαγε το τονόμετρο **Mackay –Marg** που ανήκει στην οικογένεια Goldmann επειδή βασίζεται στη δύναμη επιπέδωσης για τον καθορισμό της ενδοφθάλμιας πίεσης.<sup>57</sup>

Στην άκρη είχε μια επίπεδη κυκλική περιοχή με ένα κεντρικό έμβολο, διαμέτρου 1mm. Καθώς η άκρη εφαρμόστηκε στο κερατοειδή, ο χρήστης παρακολούθησε τη θέση του εμβόλου σε σχέση με την επίπεδη κεφαλή του δίσκου. Εάν το άκρο επεκταθεί τότε η πίεση που εφαρμόζεται είναι πολύ χαμηλή. Εάν το άκρο ωθηθεί πέρα από το επίπεδο της κεφαλής, τότε η πίεση είναι πολύ υψηλή. Καθώς η άκρη είχε εφαρμοστεί στον οφθαλμό, το έμβολο θα μετακινηθεί από πολύ χαμηλές σε πολύ υψηλές και πάλι πίσω σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Η μέση πίεση των μεταβατικών σημείων, αντιστοιχεί στην ενδοφθάλμια πίεση.<sup>57,58</sup>

Το McKay-Marg τονόμετρο εξαρτάται λιγότερο από τα χαρακτηριστικά του κερατοειδούς από ότι το τονόμετρο Goldmann και αποδίδει καλά σε αφύσικα σχήματα κερατοειδή, αλλά είναι λιγότερο αξιόπιστο από νεότερες μεθόδους, όπως ORA ή DCT. Ακόμα το McKay-Marg δεν είναι σε παραγωγή πια, αλλά σύγχρονος απόγονος του είναι το τονόμετρο Topopen που διαθέτει τις ίδιες αρχές αλλά δεν έχει την ισοδύναμη αξιοπιστία. Τέλος, το Mackay-Marg, είναι αρκετά αξιόπιστο αλλά ποτέ δεν ξεπέρασε το τονόμετρο Goldmann σε δημοτικότητα και τελικά εγκαταλείφθηκε.<sup>57</sup>



**Εικόνα 5.8: Το τονόμετρο Mackay-Marg**

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### ΟΦΘΑΛΜΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ (Ocular rigidity)

#### 6.1 Οφθαλμική ακαμψία

Οφθαλμική ακαμψία ονομάζεται η αντίσταση που έχει ο οφθαλμός σε δυνάμεις εκτάνυσης.<sup>67</sup> Είναι μια μακροσκοπική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη σχέση μεταξύ της ενδοφθάλμιας πίεσης και της αλλαγής του όγκου του οφθαλμού.<sup>68</sup> Ορίζεται σαν η αντίσταση που προβάλλει ο οφθαλμός στην παραμόρφωση του και ισούται με το ρυθμό μεταβολής της ενδοφθάλμιας πίεσης ανά μονάδα μεταβολής του όγκου του.

#### 6.2 Συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας

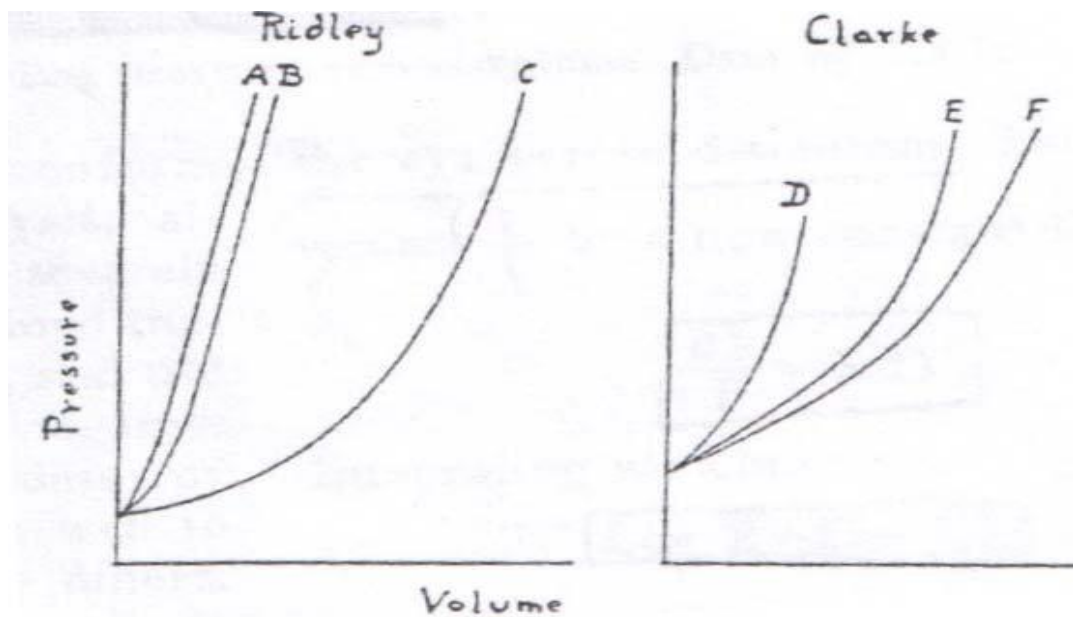
Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για τον προσδιορισμό του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας σε ανθρώπους και πειραματόζωα με τη χρήση επεμβατικών συσκευών, από τους Weber (1887), Schiötz, Ridley(1930), Clark (1932), Friedenwald (1937)<sup>69</sup>, Perkins & Gloster (1957,1959), Hosni (1960), MacDonald (1955), Goodside (1959), Prijot & Weekers (1959), Ytteborg (1960), Drance (1960), Phellips & Quick (1960), Sampson & Girard (1961).<sup>40</sup> Μια από τις πιο σημαντικές μελέτες ήταν του Friedenwald (1937), ο οποίος περιέγραψε τον συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας ως την μέτρηση της αντίστασης που προβάλλει ο οφθαλμός στις δυνάμεις που τείνουν να τον παραμορφώσουν.<sup>69</sup>

Το πείραμα το οποίο πραγματοποιήθηκε ήταν το εξής:

Το εσωτερικό του ματιού συνδέθηκε με μια κάψουλα, η οποία ήταν συνδεδεμένη με ένα δοχείο που περιείχε διάλυμα. Καθώς το δοχείο ανυψωνόταν, ο οφθαλμός διογκωνόταν ενώ ταυτόχρονα μετρούταν ο όγκος του εισερχόμενου υγρού.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν σε φυσιολογικούς οφθαλμούς μετά από έκθεση σε υψηλές πιέσεις, σε φυσιολογικούς οφθαλμούς με χαμηλή πίεση, σε γλαυκωματικούς ασθενείς και σε κάποια ζώα όπως γάτα, σκύλο και πίθηκο. Τα διαγράμματα των οποίων φαίνονται παρακάτω:





**Εικόνα 6.2.1:** Πειραματικές μετρήσεις των Ridley(αριστερά) και Clark(δεξιά). **A:** φυσιολογικός οφθαλμός, **B:** γλαυκωματικός οφθαλμός, **C:** φυσιολογικός οφθαλμός σε χαμηλή πίεση, **D:** πίθηκος, **E:** γάτα, **F:** σκύλος.

Παρατηρώντας τις καμπύλες βλέπουμε ότι η καμπύλη είναι μη γραμμική, κοίλη με τα κοίλα προς τα πάνω, με απότομη κλίση για υψηλές πιέσεις. Σύμφωνα με τη μελέτη των Ι.Γ. Παλλήκαρη, Χ. Γκίνη και συνεργ. μετρώντας την ενδοφθάλμια πίεση σε οφθαλμούς που έπασχαν από καταρράκτη επιβεβαιώθηκε η μη γραμμική σχέση πίεσης-όγκου.<sup>71</sup> Από τη μελέτη παρατηρήθηκε ότι ο οφθαλμός παρουσίαζε μεγάλη ελαστικότητα σε χαμηλές πιέσεις, ενώ σε υψηλές μικρή αλλαγή του όγκου προκαλούσε μεγάλη αλλαγή στη πίεση. Όσον αφορά τη κλίση της καμπύλης, ήταν πιο απότομη όταν ο οφθαλμός είχε μεγάλη πίεση για μεγάλο διάστημα έχοντας παρόμοια μορφή με τους ασθενείς που έπασχαν από γλαύκωμα. Ακόμα, οι ερευνητές συμπέραναν ότι η αιματική ροή δεν επηρεάζει το συντελεστή ακαμψίας. Τέλος, στα αποτελέσματα της μελέτης δεν έχει ληφθεί υπόψη τυχόν διαρροή του υδατοειδούς και "άδειασμα" του πρόσθιου θαλάμου από το σημείο της έγχυσης, γεγονός το οποίο αλλάζει σημαντικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων, αφού η ενδοφθάλμια πίεση θα ήταν χαμηλότερη.

Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιήθηκε από την παραπάνω ανάλυση είναι:

$$V \frac{dP}{P} = k dV \rightarrow \frac{dP}{P} = \frac{k}{V} dV \quad (6.2.1)$$

Όπου:

**dP** : η μεταβολή της πίεσης πριν και μετά την έγχυση

**P** : η πίεση του οφθαλμού μετά την έγχυση

**dV** : η μεταβολή του όγκου πριν και μετά την έγχυση

**k** : ένας συντελεστής οφθαλμικής ελαστικότητας που θεωρείται ανεξάρτητος του όγκου.<sup>69</sup>

Ο Friedenwald<sup>69</sup>, αντικατέστησε το λόγο με τη σταθερά **K** (συντελεστής οφθαλμικής ελαστικότητας, εκφράζει την αντίσταση του οφθαλμού στις δυνάμεις που τείνουν να το παραμορφώσουν, είναι διαφορετικός σε κάθε οφθαλμό) εφόσον θεώρησε ότι ο οφθαλμικός όγκος παραμένει σταθερός και ίσος με τον όγκο του αδιατάρακτου οφθαλμού **V<sub>0</sub>** (η αλλαγή dV είναι πολύ μικρή και άρα αμελητέα). Ακόμα, τόνισε ότι η κλίση της καμπύλης ισούται με τον συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας (K) καθώς ακόμη και ότι η κλίση της καμπύλης πίεση – όγκου είναι ανάλογη της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Πιο αναλυτικά, ολοκληρώνοντας και πολλαπλασιάζοντας τη σχέση (6.2.1) και χρησιμοποιώντας τον συντελεστή **M=2,303**, τον οποίο ο Friedenwald χρησιμοποίησε για τις πράξεις του, ώστε να μετατρέψει τους λογαρίθμους με βάση το e σε δεκαδικούς λογαρίθμους προέκυψε η σχέση:

$$\int \frac{dP}{P} = \int K dV \rightarrow \ln P = c + KV \rightarrow \log P = c' + KV \quad (6.2.2)$$

Όπου, **c'** μια σταθερά.

Στη συνέχεια, αντικατέστησε την τιμή του οφθαλμικού όγκου με την πραγματική του τιμή, η οποία επήλθε μετά την εξισορρόπηση της πίεσης P, θεωρώντας ως ΔV τη διαστολή του οφθαλμού που απαιτήθηκε για την εξισορρόπηση αυτή:

$$\log P = c' + K (V_0 + \Delta V) \rightarrow \log P = C + K\Delta V \quad (6.2.3)$$

Για ΔV=0 δηλαδή στο χρόνο 0 που δεν έχει ξεκινήσει η διαδικασία ακόμα στον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού, η σχέση (6.2.3) γίνεται:

$$\log P = C \quad (6.2.4)$$

επομένως η σταθερά **C** θα πρέπει να ισούται με τον δεκαδικό λογάριθμο της ενδοφθάλμιας πίεσης του αδιατάρακτου οφθαλμού, οπότε και κατέληξε στην σχέση:

$$\log P = \log P_0 + K\Delta V \quad \rightarrow \quad \log \frac{P}{P_0} = K\Delta V \quad (6.2.5)$$

όπου,  $P_0$  η αρχική πίεση πριν την έγχυση του ενδοφθάλμιου υγρού στον οφθαλμό.

Ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα που απασχόλησαν τον Friedenwald ήταν ο προσδιορισμός του όγκου εμβύθισης, ο οποίος και είναι αναγκαίος για τον προσδιορισμό του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας. Το όργανο που χρησιμοποίησε ο Friedenwald για τον υπολογισμό της ενδοφθάλμιας πίεσης ήταν το τονόμετρο Schiötz με ελαφρά διαφοροποιημένο βάρος, αφού ζύγιζε χωρίς το έμβολο 13gr αντί για 12gr που ζύγιζε το τονόμετρο που είχε χρησιμοποιήσει ο Schiötz.

Η συσχέτιση του βάθους, του εμβαδού αλλά και του όγκου εμβύθισης, μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ο πιο απλός είναι να θεωρηθεί ότι η ακτίνα της επιφάνειας εμβύθισης ( $R$ ) συνδέεται γραμμικά με το βάθος εμβυθισης ( $D$ ):

$$R = a + bD \quad (6.2.6)$$

Όπου  $a$  και  $b$  σταθερές.

Άρα από τη σχέση που δίνει το εμβαδόν του κύκλου και τη σχέση (6.2.6) καταλήγουμε στη σχέση:

$$P = \frac{W}{\pi(a+bD)^2} \quad (6.2.7)$$

Με τη χρήση των αποτελεσμάτων του Schiötz βρίσκουμε ότι  $a = 1,62 \pm 0,02\text{mm}$  και  $b = 1$  (όσο μεγαλύτερη η αντίσταση του κερατοειδή όταν τον κυρτώνουμε τόσο μεγαλύτερη η τιμή του  $b$ ). Έτσι καταλήγουμε στη σχέση:

$$P = \frac{W}{\pi(1,62+0,05d)^2} \quad (6.2.8)$$

Όπου  $d$  η μέτρηση του τονομέτρου.

Τέλος, θεωρώντας ότι ο όγκος εμβυθισης έχει κωνικό σχήμα καταλήγουμε ότι:

$$V = \frac{\pi}{3} [ (1,62 + D)^3 - 1,62^3 ] \quad (6.2.9)$$

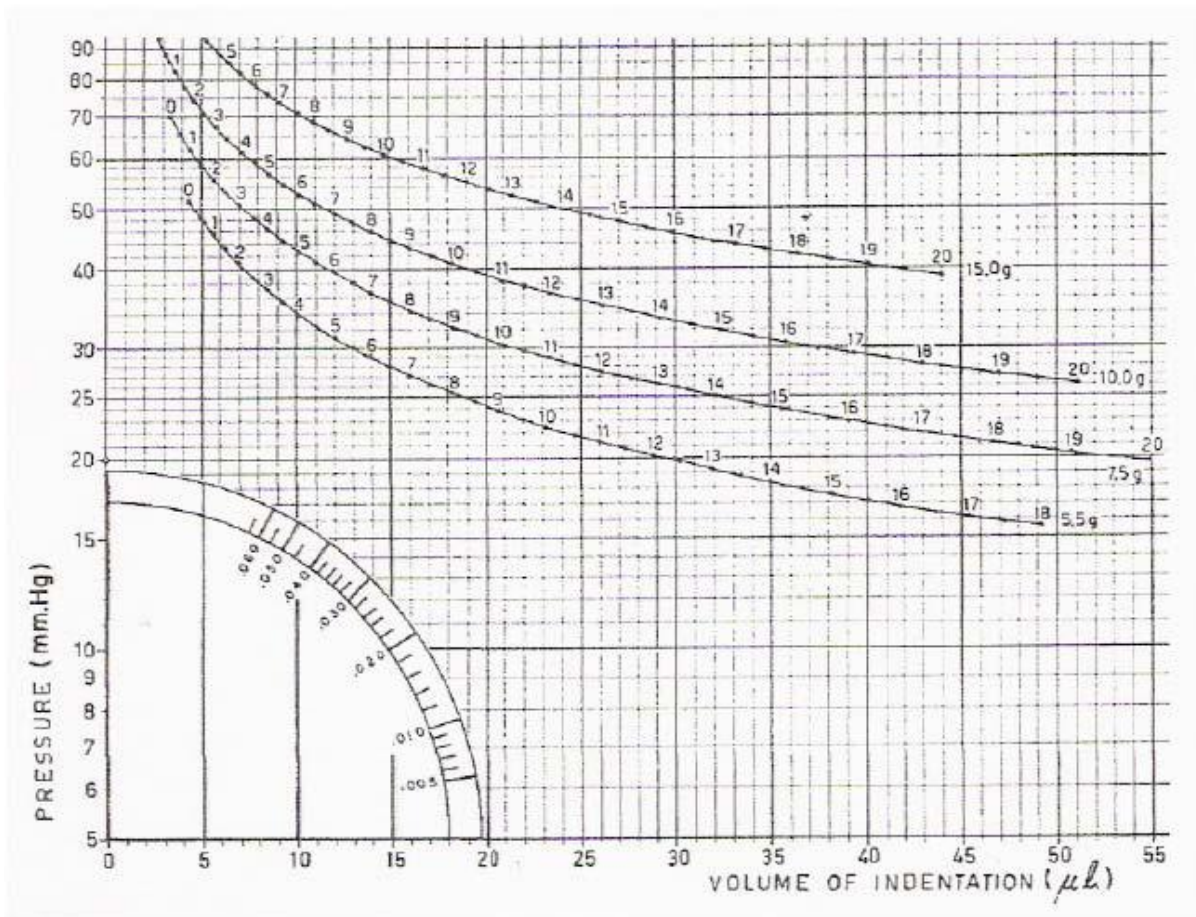
Η δεύτερη προσέγγιση προτάθηκε από τον Schiotz, στην οποία συνδέουμε τον οφθαλμό με ένα μανόμετρο, ενώ παράλληλα μετρούμε με το τονόμετρο για διαφορετικές ενδοφθάλμιες πιέσεις ακολουθώντας δύο διαφορετικές διαδικασίες. Στην πρώτη η σύνδεση μανόμετρου – οφθαλμού ήταν ανοικτή. Στη δεύτερη η ενδοφθάλμια πίεση αφού αρχικά σταθεροποιούταν σε ένα επίπεδο, έπειτα έκλεινε την σύνδεση με το μανόμετρο. Τα αποτελέσματα αυτά παραστάθηκαν γραφικά, οπότε και προέκυψε η παρακάτω σχέση:

$$P = \frac{W}{a+bD} \quad (6.2.10)$$

Μετά από μελέτη των αποτελεσμάτων, παρατηρήθηκε ότι για μικρές μετρήσεις πιέσεων η σχέση του Schiotz (6.2.10) ήταν καταλληλότερη, ενώ για μετρήσεις μεγαλύτερες του 5 (τιμή που έδειχνε το τονόμετρο) ήταν καλύτερη η σχέση του Friedenwald (6.2.8).

Στη συνέχεια συνέλεξε πειραματικά δεδομένα πίεσης και όγκου, χρησιμοποιώντας διαφορετικά βάρη στο τονόμετρο. Η ένωση των σημείων της πίεσης που έχουν παρθεί με διαφορετικά βάρη και τα οποία απεικονίζονται σε λογαριθμικό διάγραμμα, έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μιας ευθείας, η οποία αντιπροσωπεύει την σχέση ενδοφθάλμιας πίεσης και όγκου. Η προέκταση αυτής της ευθείας προς τα αριστερά θα συναντήσει τον άξονα της πίεσης, υποδεικνύοντας την ενδοφθάλμια πίεση του αδιατάραχτου οφθαλμού. Ακόμα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι βάσει αυτών των μετρήσεων υπολογίστηκε η μέση τιμή του συντελεστή ακαμψίας σε 0,0215 mmHg/μl.

Τέλος, παρακάτω απεικονίζεται το νομόγραμμα του Friedenwald, στο οποίο ενώνοντας δύο σημεία τα οποία αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικές ενδείξεις του τονόμετρου με διαφορετικά βάρη, μπορούμε να υπολογίσουμε την αρχική ενδοφθάλμια πίεση και τον συντελεστή οφθαλμικής ελαστικότητας (από την κλίση της ευθείας).



Εικόνα 6.2.2: Το νομόγραμμα του Friedenwald

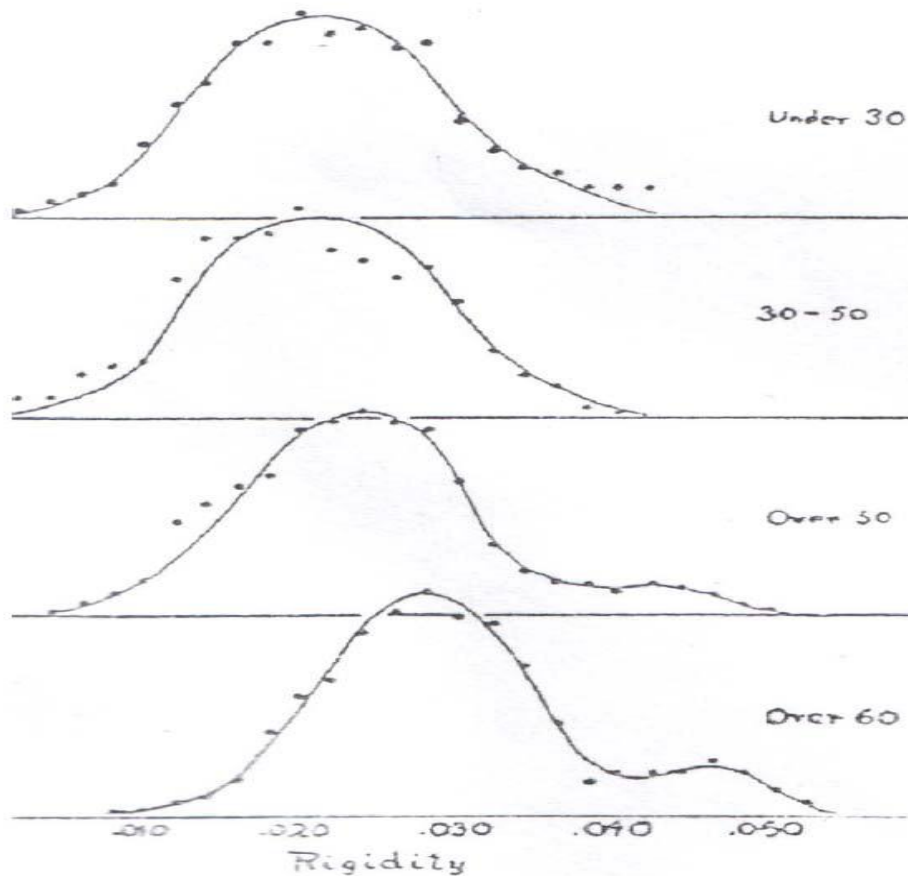
### 6.3 Συσχετισμός της οφθαλμικής ακαμψίας με άλλες παραμέτρους

Σύμφωνα με μη επεμβατικές μετρήσεις (τονόμετρο Schiotz) από τον Friedenwald<sup>69</sup>, ο συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας, τη μείωση του αξονικού μήκους, τη μειωμένη καμπυλότητα του κερατοειδούς και την ύπαρξη χρόνιου γλαυκώματος. Ακόμα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ερευνητικής ομάδας του Ι.Γ. Παλλάκαρη ( Γ.Δ. Κυμιωνής, Χ.Σ. Γκίνης, Γ.Α. Κουνής και Μ.Κ. Τσιλιμπάρης)<sup>71</sup> με επεμβατική μέτρηση, επιβεβαίωσαν στατιστικά σημαντική αύξηση με την ηλικία και έδειξαν τάση για μειωμένη ακαμψία σε μεγάλα αξονικά μήκη. Όμως δεν επιβεβαιώθηκε συσχέτιση με το κεντρικό πάχος του κερατοειδή. Τέλος, βρέθηκε αυξημένη τιμή του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας σε νεοαγγειακή ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς.<sup>72</sup>

Πιο αναλυτικά:

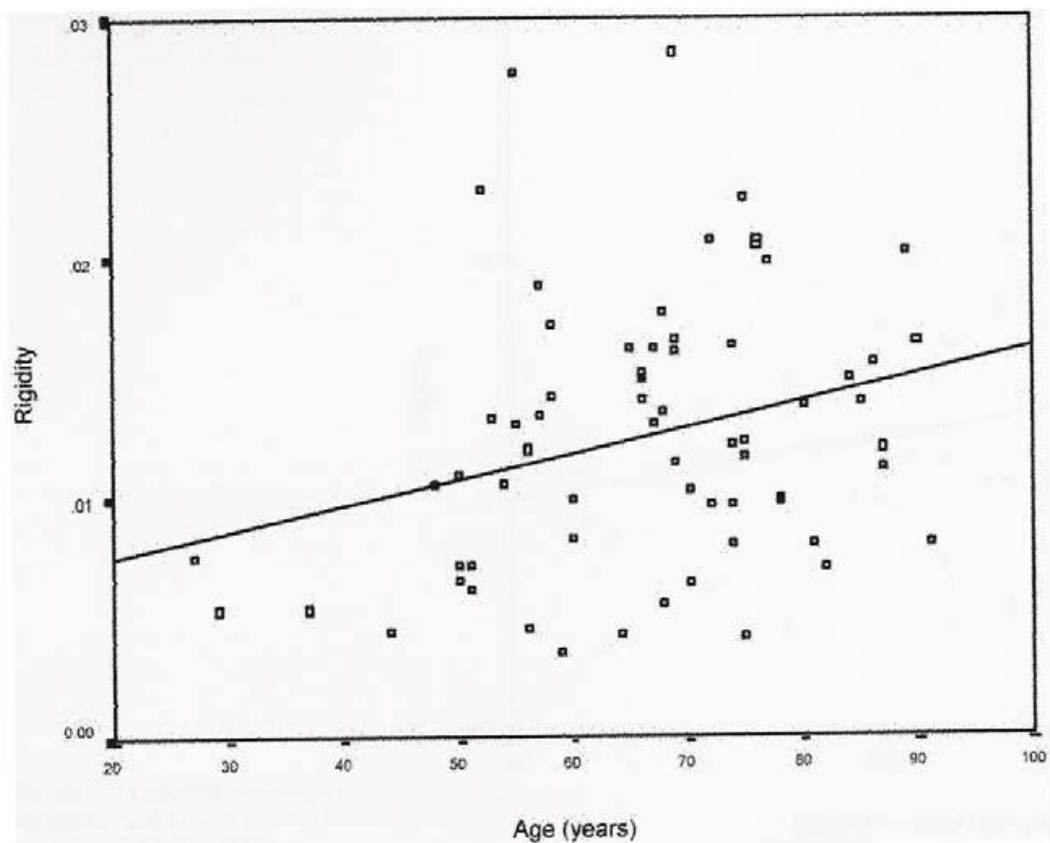
#### 6.3.1 Σχέση ηλικίας με συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας

Ο Friedenwald χώρισε το δείγμα του σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες (κάτω από 30 ετών, 30-50 ετών, πάνω από 50 ετών και πάνω από 60 ετών). Έτσι, με τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα:



**Εικόνα 6.3.1: Οι τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες.<sup>69</sup>**

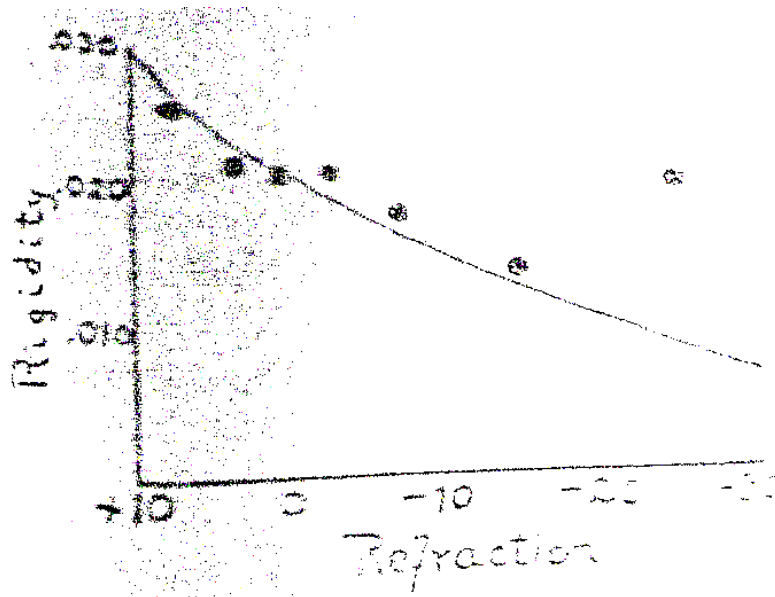
Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα καταλήγουμε στο ότι οι δύο πρώτες ομάδες ακολουθούν κανονική κατανομή, είναι συμμετρικές και σχεδόν ταυτίζονται. Ενώ οι δυο τελευταίες ομάδες παρουσιάζουν ασυμμετρία, ενώ οι τιμές του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Σε νεότερες έρευνες που έγιναν βρέθηκε να υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση της ηλικίας και της οφθαλμικής ακαμψίας. Συγκεκριμένα με την αύξηση της ηλικίας ο σκληρός γίνεται πιο δύσκαμπτος και αυξάνεται και η τιμή της οφθαλμικής ακαμψίας.<sup>71</sup> (Εικόνα 6.3.2)



Εικόνα 6.3.2: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας και αύξηση της ηλικίας.<sup>71</sup>

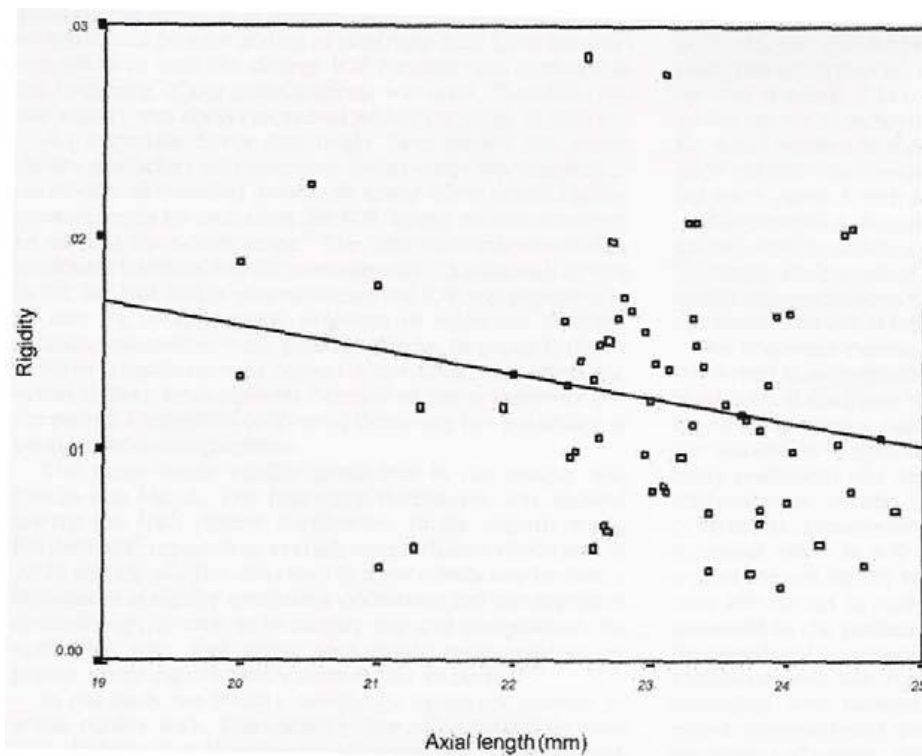
### 6.3.2 Σχέση αξονικής διάθλασης με την οφθαλμική ακαμψία

Ο Friedenwald σε αυτή τη μελέτη εξαίρεσε τα άτομα άνω των 50 ετών για να αποφύγει τυχόν εσφαλμένα αποτελέσματα, διότι είναι πιθανόν να έχουμε μυωπία λόγω σκλήρυνσης του φακού. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η συσχέτιση του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας και της αξονικής διάθλασης.



Εικόνα 6.3.3: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας και αξονικής διάθλασης.<sup>69</sup>

Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές του συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας είναι μεγαλύτερες σε υπερμετροπικούς οφθαλμούς από ότι σε εμμετροπικούς και μυωπικούς. Δηλαδή η τιμή της οφθαλμικής ακαμψίας είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου του οφθαλμού και οι μυωπικοί οφθαλμοί είναι λιγότερο διάστατοι από ότι αναμένεται.



Εικόνα 6.3.4: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας και αξονικού μήκους του οφθαλμού.<sup>71</sup>



### 6.3.3 Σχέση καμπυλότητας του κερατοειδή με την οφθαλμική ακαμψία

Σύμφωνα με την έρευνα του Friedenwald κατέληξε στα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα (Εικόνα 6.3.5) όπου φαίνεται η σχέση της οφθαλμικής ακαμψίας με τον κερατοειδικό αστιγματισμό και την ακτίνα καμπυλότητας.

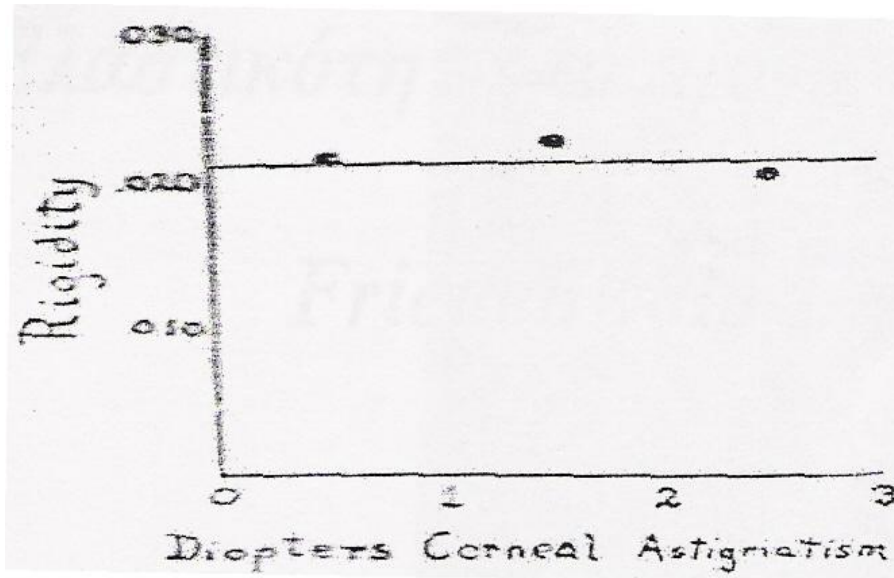
Corneal Astigmatism	Average Ocular Rigidity
0 to 1 diopter	.0215
1 to 2 diopters	.0227
2 to 3 diopters	.0203

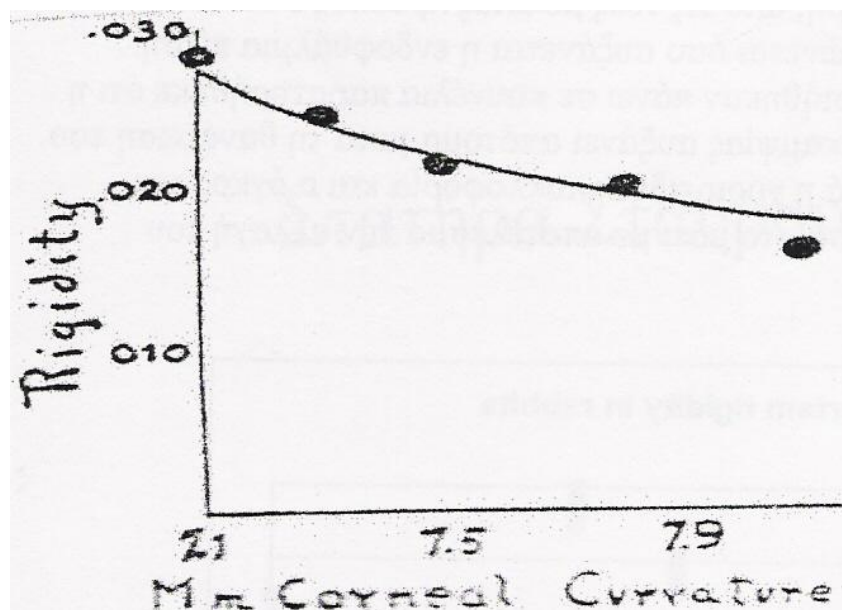
RELATION OF AVERAGE CORNEAL CURVATURE TO OCULAR RIGIDITY	
Mean Radius of Corneal Curvature	Average Ocular Rigidity
7.0 to 7.2 mm.	.0281
7.2 to 7.4 mm.	.0248
7.4 to 7.6 mm.	.0215
7.6 to 8.0 mm.	.0204
8.0 to 8.2 mm.	.0162

Εικόνα 6.3.5: Α: Σχέση κερατοειδικού αστιγματισμού και οφθαλμικής ακαμψίας, Β: Σχέση καμπυλότητας και οφθαλμικής ακαμψίας.<sup>69</sup>

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν βρέθηκε σχέση μεταξύ αστιγματισμού και συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας (Εικόνα 6.3.6), σε αντίθεση με την ακτίνα καμπυλότητας (Εικόνα 6.3.7) με την οποία σχετίζονται αρνητικά. Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας έχει μεγαλύτερη τιμή σε οφθαλμούς με μικρή ακτίνα καμπυλότητας. Επομένως οφθαλμοί με επίπεδο κερατοειδή, έχουν μεγάλη ελαστικότητα.



Εικόνα 6.3.6: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας και κερατοειδικού αστιγματισμού.<sup>69</sup>

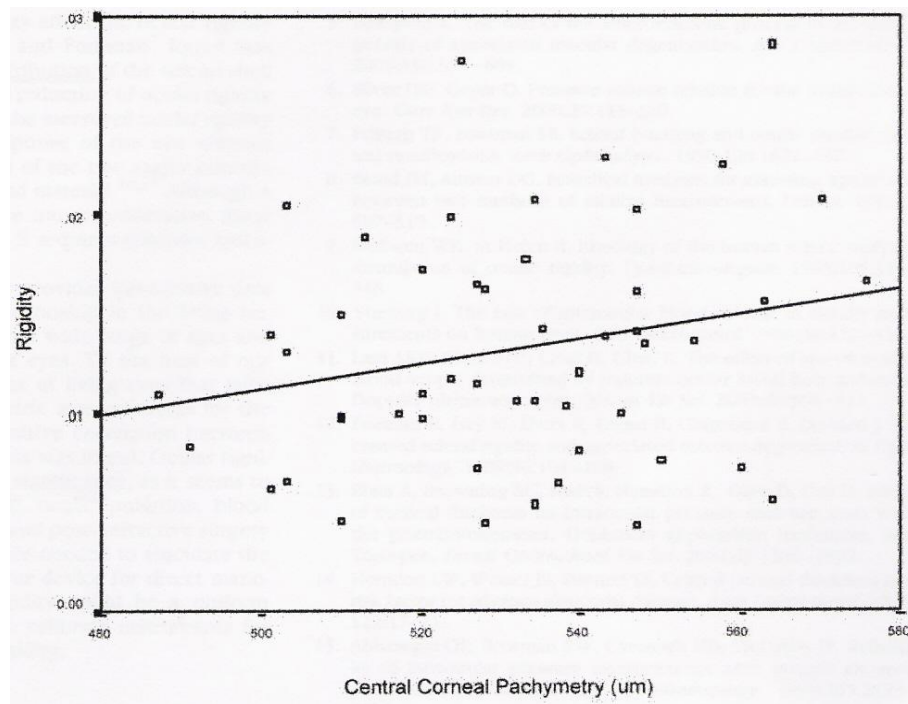


Εικόνα 6.3.7: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας και καμπυλότητας κερατοειδή.<sup>69</sup>

Τέλος, σε νεότερες μελέτες δεν έχει βρεθεί ανάλογη συσχέτιση μεταξύ οφθαλμικής ακαμψίας και καμπυλότητας κερατοειδή, ενώ δεν βρέθηκε σχέση μεταξύ του αστιγματισμού.<sup>69,71</sup> Πιθανόν, στα αποτελέσματα του Friedenwald, όπως αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 6.3.7 η εξάρτηση αυτή να αντιπροσωπεύει σφάλμα της μέτρησης (με το τονόμετρο του Schiotz), αφού οι μετρήσεις της πίεσης εξαρτώνται από την καμπυλότητα του κερατοειδή.

### 6.3.4 Σχέση πάχους κερατοειδή με την οφθαλμική ακαμψία

Ακόμα μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την οφθαλμική ακαμψία είναι το κεντρικό πάχος του κερατοειδή. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο αυξάνεται το πάχος κεντρικά του κερατοειδή, αυξάνεται και η οφθαλμική ακαμψία.<sup>71</sup> Έτσι, διαφορές στο πάχος του κερατοειδή στην επιφάνεια επιπέδωσης (3,06 mm κεντρικά του κερατοειδή κατά Goldmann) δημιουργούν αύξηση στη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, λόγω των τοπικών αλλαγών στην οφθαλμική ακαμψία και των ελαστικών ιδιοτήτων του κερατοειδή.<sup>72</sup>



Εικόνα 6.3.8: Σχέση οφθαλμικής ακαμψίας με το κεντρικό πάχος του κερατοειδή.<sup>71</sup>

### 6.4 Ο ρόλος της οφθαλμικής ακαμψίας σε υπερτασικούς ασθενείς

Για να ερευνηθεί η σχέση μεταξύ οφθαλμικής ακαμψίας και υπέρτασης, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από 30 ασθενείς, οι οποίες στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν με βάση την ηλικία και το φύλο.<sup>73</sup>

Σε αυτή τη μελέτη οι μετρήσεις της οφθαλμικής ακαμψίας έγιναν με τη χρήση των τονόμετρων Schiottz και τονόμετρου επιπέδωσης. Όπου καταγράφηκαν οι μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης στους ασθενείς και με τα δύο τονόμετρα χρησιμοποιώντας μάζες 5.5, 7.5 και 10gr. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ οφθαλμικής ακαμψίας και φύλου στους υπερτασικούς και τους μη υπερτασικούς ασθενείς.<sup>73</sup> Ακόμα, φαίνεται ότι δεν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση της οφθαλμικής ακαμψίας με την ηλικία (τόσο στους υπερτασικούς όσο και στους μη υπερτασικούς ασθενείς), γεγονός όμως που έρχεται σε αντίθεση με τις μελέτες των Friedenwald<sup>69</sup> και Ι.Γ. Παλλήκαρη.<sup>71</sup>

Τέλος, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων της οφθαλμικής ακαμψίας και των μέσων πιέσεων, και στους δύο οφθαλμούς, παρατηρούμε ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά της οφθαλμικής ακαμψίας και στους δύο οφθαλμούς κατά την μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με διαφορετικά τονόμετρα (τονόμετρο επιπέδωσης Goldmann και τονόμετρο εμβύθισης Schiotz).<sup>73</sup>

# Ειδικό Μέρος

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

#### 7.1 Εισαγωγή

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, με τον όρο γλαύκωμα ορίζουμε ένα σύνολο παθολογικών καταστάσεων του οφθαλμού που έχουν σαν κύριο εύρημα την αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης σε τέτοιο βαθμό που να προκαλεί βλάβη στο οπτικό νεύρο και εκπτώσεις του οπτικού πεδίου. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μείωσης και μακροπρόθεσμου ελέγχου της ενδοφθάλμιας πίεσης, ένας από αυτούς είναι και οι αντιγλαυκωματικές βαλβίδες.

Στη παρούσα έρευνα θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα μιας νέας αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου, που σχεδιάστηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης από τον Επίκουρο Καθηγητή Οφθαλμολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης κ. Ευστάθιο Δετοράκη, σε μοντέλου πειραματόζωου (κουνέλια).

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα και ασφάλεια μιας νέας αντιγλαυκωματικής βαλβίδας σε οφθαλμούς κουνελιών.

Για τη μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε σωματικής μάζας 2kg, άσπρα θηλυκά κουνέλια albino. Τα κουνέλια είναι ιδιαίτερα δημοφιλή σε τέτοιου είδους μελέτες λόγω της ομοιότητας του μεγέθους του οφθαλμού τους με τον ανθρώπινο οφθαλμό. Ακόμα, έχουν χαμηλό σχετικά κόστος και μεγάλη διαθεσιμότητα, είναι εύκολα στο χειρισμό και έχουν σύντομη διάρκεια ζωής. Όμως παρόλη της ομοιότητας του οφθαλμού τους με τον ανθρώπινο οφθαλμό υπάρχουν κάποιες σημαντικές διαφορές. Μια από αυτές είναι ο μεγαλύτερος δακρυϊκός αδένας με το μοναδικό σύστημα αποχέτευσης του υδατοειδούς, στερούμενο του καναλιού Schlemm (χώρος του Fontana ή trabecular canal που έχει πλάτος 7-12μ, ο οποίος διακλαδίζεται σε δύο ή περισσότερα κανάλια με συνολικό πλάτος 30-50μ και συνδέονται με το σκληρό χιτώνα<sup>77</sup>). Ακόμα, ο κερατοειδής του κουνελιού στερείται της στιβάδας του Bowman. Ο κρυσταλλοειδής φακός είναι μεγαλύτερος και περισσότερο σφαιρικός καταλαμβάνοντας περισσότερο χώρο στον οφθαλμό. Τέλος, το ακτινωτό σώμα των οφθαλμών των κουνελιών είναι πολύ φτωχότερο συγκριτικά με αυτό των πρωτευόντων θηλαστικών λόγω της έλλειψης μυϊκών ινών.<sup>85</sup>

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι οφθαλμικές διαστάσεις στα κουνέλια εν συγκρίσει με τις ανθρώπινες.

	<b>Κουνέλι</b>	<b>Άνθρωπος</b>
<b>Βολβός (mm)</b>		
Προσθοπίσθια	16-19	24
Οριζόντια	18-20	23,5
Κατακόρυφα	17-18	
<b>Κερατοειδής Διάμετρος (mm)</b>		
Οριζόντια	15	11,7
Κατακόρυφα	13,5-14	10,6
Ακτίνα καμπυλότητας (mm)	7-2,5	7,5-8
<b>Πάχος κερατοειδή (mm)</b>		
Κεντρικά	0,3-0,4	0,5
Περιφερικά	0,45	0,7-1
Ενδοθηλιακή πυκνότητα των κυττάρων (cells/mm <sup>2</sup> )	3200	4003-1547 (12-74 χρ.)
<b>Πρόσθιος θάλαμος</b>		
Αξονικό βάθος (mm)	2,9 ± 0,36	3,5 ± 0,35
Αξονική διάμετρος (mm)	άγνωστη μέχρι στιγμής	12,5
Όγκος υαλοειδούς (ml)	0,25-3	0,24-0,28
Αξονική γωνία	άγνωστη μέχρι στιγμής	2,5-4
Διάμετρος κόρης (mm)	7 (5-11)	2,5-4
<b>Κρυσταλλοειδής φακός</b>		
Διάμετρος (mm)	11	9-10 (40 χρ.)
Πάχος (mm)	7,6	4 (40χρ.)
Πρόσθια ακτίνα (mm)	5,3	6
Οπίσθια ακτίνα (mm)	5	6
Όγκος (cm <sup>3</sup> )	άγνωστος μέχρι στιγμής	90 αρχικά, 163 σε 30-40 χρονών, 244 σε 80-90 χρονών

**Πίνακας 7.1: Οφθαλμικές διαστάσεις σε οφθαλμούς κουνελιού και σε ανθρώπινους οφθαλμούς.<sup>85</sup>**

## 7.2 Μεθοδολογία

Στο πείραμα μετρήθηκε προ-εγχειρητικά και μετά-εγχειρητικά η ενδοφθάλμια πίεση επεμβατικά και μη-επεμβατικά. Για τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης μη-επεμβατικά χρησιμοποιήθηκε το τονόμετρο Tonopen (βλ. Κεφάλαιο 5.6) ενώ για την επεμβατική μέτρηση χρησιμοποιήθηκε επεμβατική μανομετρική συσκευή η οποία αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης<sup>18,71</sup>. Με αυτή τη συσκευή υπολογίστηκε η ενδοφθάλμια πίεση, ο συντελεστής εκροής (oufflow facility) και η οφθαλμική ακαμψία (ocular rigidity) και στους δύο οφθαλμούς των κουνελιών. Η εξάρτηση του ρυθμού εκροής στην ενδοφθάλμια πίεση μπορεί να σχετίζεται με τις μηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού και μάλιστα η σχέση μεταξύ

της ενδοφθάλμιας πίεσης και του ρυθμού εκροής μπορεί να περιγραφεί από το συντελεστή εκροής (outflow facility). Ενώ η αντίσταση του οφθαλμού στην παραμόρφωση του, η οποία οφείλεται στην αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης, περιγράφεται από τον συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας (ocular rigidity).

Πιο αναλυτικά, η μανομετρική συσκευή αποτελείται από την μονάδα του υπολογιστή με προσαρμοσμένο λογισμικό που αναπτύχθηκε κατάλληλα (National Instruments Lab View 8.5), τον αισθητήρα πίεσης, τον μηχανισμό δοσολογίας ισότονου διαλύματος (μικροδοσομετρική αντλία), τα κατάλληλα ηλεκτρονικά για την διασύνδεση μεταξύ τους, και μια υδροστήλη όπου είναι τοποθετημένο το ισότονο διάλυμα.

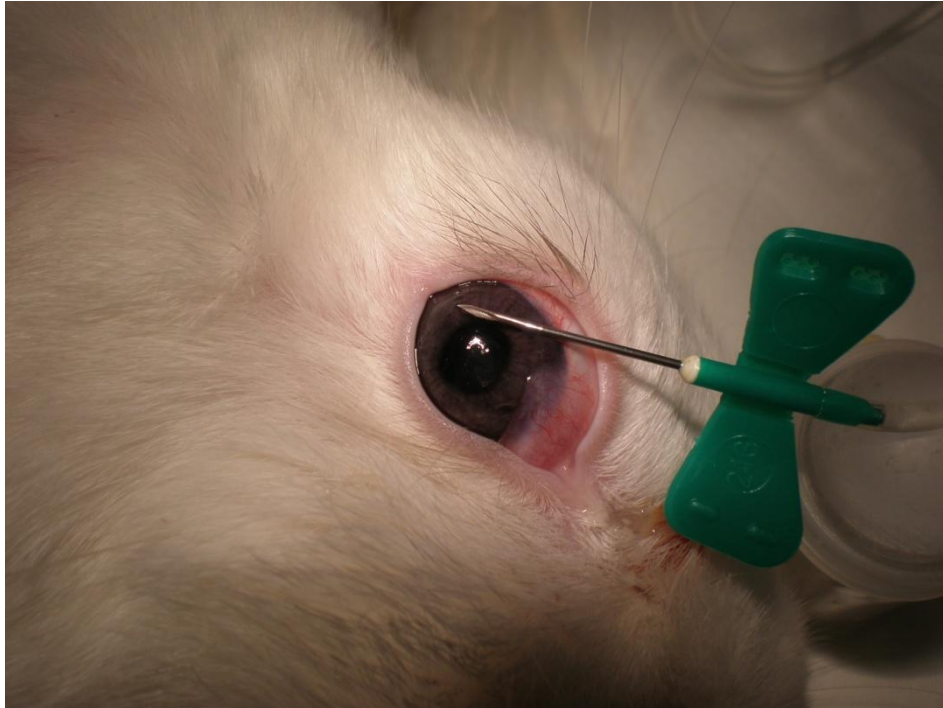


**Εικόνα 7.2.1: Η επεμβατική μανομετρική συσκευή μέτρησης. Κεντρικά ο αισθητήρας πίεσης, πίσω αριστερά ο μηχανισμός δοσολογίας του ισότονου διαλύματος, μπροστά δεξιά τα ανελαστικά σωληνάρια και οι στρόφιγγες και πίσω δεξιά ο μετατροπέας (γκρι κουτί).**

Η μανομετρική συσκευή έχει τη δυνατότητα να μετράει την ενδοφθάλμια πίεση με ακρίβεια 0,05mmHg και το δοσομετρικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την έγχυση του όγκου σε βήματα με ακρίβεια 0,08μL ανά βήμα. Ακόμα, το σύστημα διανομής του ισότονου διαλύματος από τη φιάλη, του βρίσκεται στην υδροστήλη, μέχρι τον αισθητήρα πίεσης αποτελείται από δύο μονόδρομες στρόφιγγες με ράμπες (οι οποίες ανοιγοκλείνουν) και τρία από πολυαιθυλένιο, ασυμπιεστα σωληνάρια μήκους 50cm (1mm διάμετρο, ανθεκτικότητας έως 40Kg/cm<sup>2</sup>, Vygon). Τα σωληνάρια συνδέονται με τις ράμπες των στροφίγγων σχηματίζοντας έτσι ένα κλειστό σύστημα που περιλαμβάνει τον αισθητήρα πίεσης, τη



σύριγγα, το δοχείο με το ισότονο διάλυμα και τον οφθαλμό του κουνελιού στο οποίο εισάγουμε ισότονο διάλυμα με μία πεταλούδα 21G (gauge) από τον πρόσθιο θάλαμο (Εικόνα 7.2.2). Η μετατροπή των mmH<sub>2</sub>O (ισότονου διαλύματος) σε mmHg (μονάδες μέτρησης ενδοφθάλμιας πίεσης) εκτελείται με την βοήθεια του λογισμικού, όπου 76mmHg = 10600mmH<sub>2</sub>O.



**Εικόνα 7.2.2: Εισαγωγή πεταλούδας στο πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού του κουνελιού**

Πριν από κάθε πείραμα, ο αισθητήρας δοκιμάζεται με κλειστή έξοδο (προς το πρόσθιο θάλαμο) ώστε να εντοπίζονταν πιθανές διαρροές ή φυσαλίδες αέρα κατά τη διαδρομή η ύπαρξη των οποίων μπορούσε να επηρεάσει την ακρίβεια των μετρήσεών μας.

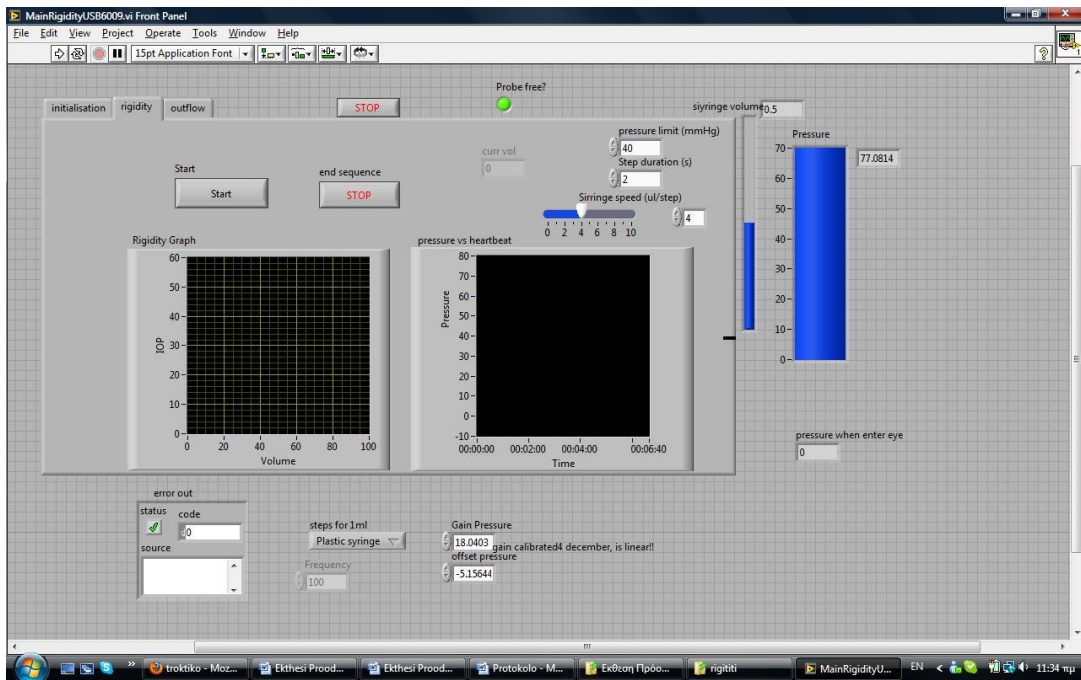
Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η μέτρηση, αφαιρείται η βελόνα προσεκτικά ώστε να αποφευχθεί η εκροή υδατοειδούς υγρού από τον πρόσθιο θάλαμο και χορηγείται τομπραμυκίνη σε κάθε οφθαλμό, σε μορφή αλοιφής, για την αποφυγή τυχόν μόλυνσης.

Ακόμα, πριν από τη διαδικασία μέτρησης της ενδοφθάλμιας πίεσης των κουνελιών, ο χειρουργικός πάγκος αλλά και τα εργαλεία που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν αποστειρώνονταν και καθαρίζονταν ώστε να αποφευχθούν πιθανές μολύνσεις και εισαγωγή μικροβίων στους οφθαλμούς. Επίσης, με διάλυμα ποβιδόνη-ιωδίου και ισότονου διαλύματος αποστειρώνονται και οι οφθαλμοί των κουνελιών που επρόκειτο να γίνει η μέτρηση.

Όλες οι μετρήσεις έγιναν κατόπιν ολικής αναισθησίας εισάγοντας υποδόρια διάλυμα κεταμίνης-υδροχλωρίνης (1ml) και ηρεμιστικού αναλγηστικού, ξυλαζίνης- υδροχλωρίνης

(2ml). Στη συνέχεια, γίνεται ενστάλαξη τοπικού αναισθητικού, 2-3 σταγόνων, υδροχλωρικής προξυμετακαΐνης στο κάθε οφθαλμό.

Εφόσον έχει αναισθητοποιηθεί το κουνέλι και έχει γίνει η εισαγωγή της πεταλούδας στον πρόσθιο θάλαμο, ξεκινάει η διαδικασία της μέτρησης της ενδοφθάλμιας πίεσης, του ρυθμού εκροής και της οφθαλμικής ακαμψίας. Αρχικά, καταγράφεται στο λογισμικό η αρχική ενδοφθάλμια πίεση του κουνελιού στον πρόσθιο θάλαμο, η οποία αξίζει να σημειωθεί ότι δεν ήταν ίση με τη μετρούμενη πίεση από το τονόμετρο Tonopen πριν από τη διαδικασία αλλά υψηλότερη κατά 3-5mmHg. Στη συνέχεια, ρυθμίζεται αυτόματα από τον υπολογιστή, με την κατάλληλη προσθαφαίρεση ισότονου διαλύματος, ώστε η ενδοφθάλμια πίεση του κουνελιού να είναι 10mmHg. Δηλαδή αν η ενδοφθάλμια πίεση είναι μικρότερη από 10mmHg με διαδοχικά βήματα εισάγουν ισότονο διάλυμα στο πρόσθιο θάλαμο ώστε να φτάσει στην επιθυμητή πίεση, ενώ αν η πίεση είναι μεγαλύτερη από 10mmHg πάλι με διαδοχικά βήματα αφαιρείται υδατοειδές υγρό από τον πρόσθιο θάλαμο. Εφόσον έχει γίνει ρύθμιση της πίεσης στα 10mmHg, αρχίζει η έγχυση ισότονου διαλύματος με βήματα των 2μl, ενώ ο αισθητήρας ξεκινάει την καταγραφή μετά από 1 δευτερόλεπτο ώστε να έχει υπάρξει στο σύστημα μια σχετική ισορροπία, η καταγραφή γίνεται με συχνότητα δειγματοληψίας 400Hz. Όταν η ενδοφθάλμια πίεση φτάσει στα 40mmHg, η διαδικασία της έγχυσης διακόπτεται και ο αισθητήρας καταγράφει την μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης για χρονική διάρκεια 600 δευτερολέπτων. Από τη διαδικασία της έγχυσης ισότονου διαλύματος έως ότου η πίεση φτάνει τα 40mmHg, γίνεται ο υπολογισμός της οφθαλμικής ακαμψίας. Το οποίο επιτυγχάνεται με τη δημιουργία διαγράμματος πίεσης- όγκου και μέσω εκθετικής προσαρμογής των πειραματικών δεδομένων υπολογίζεται ο συντελεστής της καμπύλης, που αντιστοιχεί στο συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας. Ενώ κατά τη καταγραφή της μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο γίνεται ο υπολογισμός του συντελεστή ευχέρειας εκροής κάθε οφθαλμού στον οποίο συμπεριλαμβάνεται και ο συντελεστής οφθαλμικής ακαμψίας του κάθε οφθαλμού.



**Εικόνα 7.2.3: Απεικόνιση του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης (δεξιά στήλη), του ρυθμού εκροής και της οφθαλμικής ακαμψίας. Δημιουργία των διαγραμμάτων πίεσης-όγκου και ρυθμού εκροής-χρόνο.**

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

#### 8.1 Εισαγωγή

Για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν **οκτώ (8)** κουνέλια για χρονικό διάστημα έξι (6) μηνών. Όπου τοποθετήθηκε στον αριστερό οφθαλμό αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενώ ο δεξιάς οφθαλμός χρησιμοποιήθηκε ως οφθαλμός ελέγχου (control eye).

Συνολικά μελετήθηκαν οκτώ (8) κουνέλια εκ των οποίων:

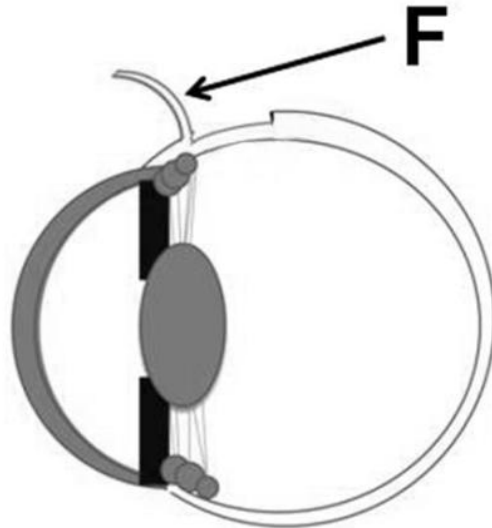
- *Τοποθετήθηκε η αντιγλαυκωματική βαλβίδα και στα **οκτώ (8)**.*  
Στο κουνέλι 1, στο κουνέλι 2, στο κουνέλι 3, στο κουνέλι 4, στο κουνέλι 5, στο κουνέλι 6, στο κουνέλι 7 και στο κουνέλι 8.
- *Μετρήσεις χρονικής διάρκειας δύο (2) μηνών για **τέσσερα (4)** κουνέλια.* Το κουνέλι 2, το κουνέλι 3, το κουνέλι 4 και το κουνέλι 6.
- *Μετρήσεις χρονικής διάρκειας ενός (1) μηνός για **ένα (1)** κουνέλι:* Το κουνέλι 8.
- *Απεβίωσαν τέσσερα (4) κουνέλια.* Το κουνέλι 1, το κουνέλι 5, το κουνέλι 7 και το κουνέλι 8.

#### 8.2 Περιγραφή σχεδιασμού αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου

Η αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου αποτελείται από ένα σωληνάριο το οποίο εισέρχεται στον πρόσθιο θάλαμο. Στα τοιχώματα του σωλήνα υπάρχουν στόμια εκροής για την αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού. Η βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου μπορεί να είναι κατασκευασμένη από οποιοδήποτε αδρανές και βιο-συμβατό υλικό με κατάλληλες ιδιότητες από πλευράς ελαστικότητας και μηχανικής αντοχής. Πολλά ακρυλικά, σιλικονούχα, μεταλλικά ή συνθετικά υλικά θα μπορούσαν να είναι κατάλληλα για την κατασκευή του σωλήνα. Στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήσαμε ένα σωληνάριο σιλικόνης.

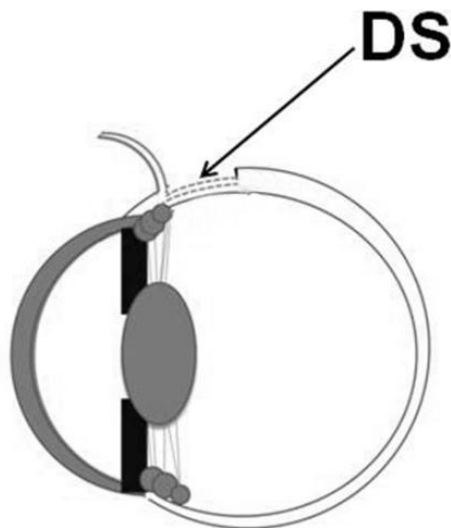
Ακόμα, το αρχικό μήκος του σωληναρίου δίνει την δυνατότητα να περικοπεί εξατομικευμένα κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης της βαλβίδας ώστε να αντιστοιχεί στο μέγεθος του πρόσθιου θαλάμου του χειρουργούμενου οφθαλμού καθώς και να λάβει διαμόρφωση υπό κλίση (beveled) ώστε να μπορεί εύκολα να διεκβληθεί διασκληρικά, στην περιοχή του σκληροκερατοειδικού ορίου, εντός του προσθίου θαλάμου.

Για την τοποθέτηση της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου δημιουργείται κρημνός επιπεφυκότα και στη συνέχεια παρασκευάζεται σκληρικός κρημνός μερικού πάχους (Σχέδιο 8.2.1), όπως περίπου σε μια επέμβαση εν τω βάθει σκληρεκτομής. (βλ. Κεφάλαιο 4.6.4)



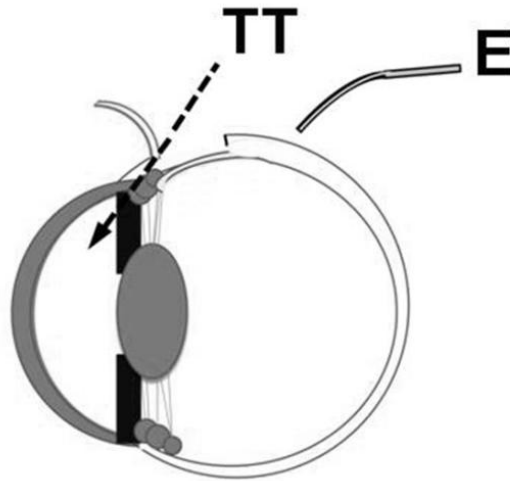
**Σχέδιο 8.2.1: Διαδικασία ένθεσης αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Δημιουργία και ανάσπαση επιφανειακού σκληρικού κρημνού μερικού πάχους (F)**

Στη συνέχεια πραγματοποιείται εν τω βάθει σκληρεκτομή σε όλη την επιφάνεια του υποκείμενου σκληρού ώστε να παραμείνει πολύ λεπτό υποκείμενο στρώμα σκληρού (Σχέδιο 8.2.2)



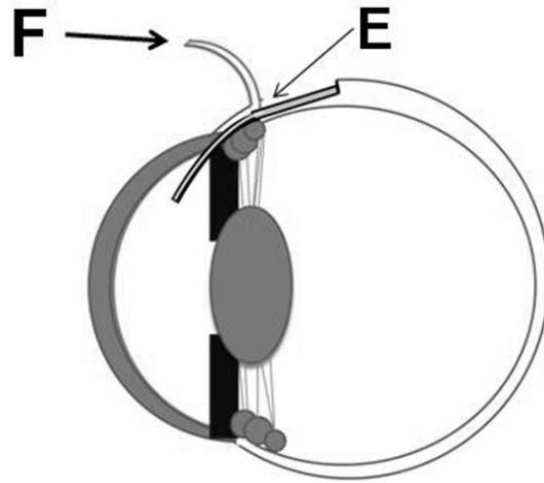
**Σχέδιο 8.2.2: Διαδικασία ένθεσης της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Εκτομή εν τω βάθει σκληρικού κρημνού (DS)**

Ακολούθως, το σωληνάριο διεκβάλλεται εντός του πρόσθιου θαλάμου κάτω από τον σκληρικό κρημνό διαμέσου στομίου που δημιουργήθηκε από την είσοδο μιας βελόνας, κατάλληλης διαμέτρου, στον πρόσθιο θάλαμο. (Σχέδιο 8.2.3)

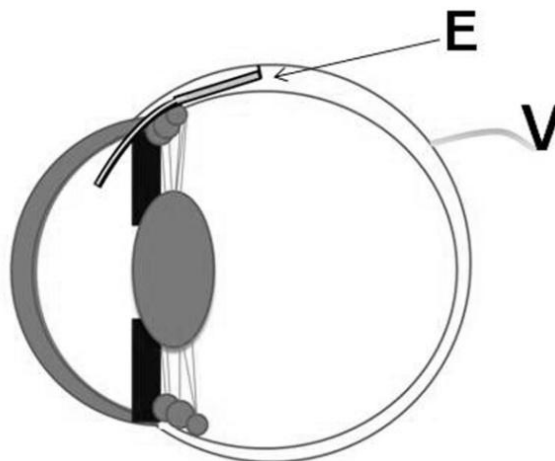


**Σχέδιο 8.2.3: Διαδικασία ένθεσης της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Οδός εισόδου με βελόνα στον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού (ΤΤ) για τη δημιουργία στομίου δια μέσου του οποίου θα διεκβλήθει το σωληνάριο της βαλβίδας. Πλάγια όψη της βαλβίδας (Ε)**

Τέλος, ο επιπολής σκληρικός κρημνός συρράπτεται στεγανά ώστε τελικά η βαλβίδα να είναι πλήρως ενσωματωμένη εντός του σκληρού χιτώνα. (Σχέδια 4 και 5)



**Σχέδιο 8.2.4: Διαδικασία ένθεσης της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Πλάγια όψη οφθαλμού μετά την ενδοσκληρική τοποθέτηση αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου (E) αλλά πριν τη συρραφή του επιπολής σκληρικού κρημονού (F)**



**Σχέδιο 8.2.5: Διαδικασία ένθεσης της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου. Πλάγια όψη οφθαλμού μετά την ενδοσκληρική τοποθέτηση αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου (E) μετά τη συρραφή του επιπολής σκληρικού κρημονού. Διακρίνεται επίσης περιδινητή φλέβα (V)**

Η βαλβίδα αυτή στηρίζει τη λειτουργία της στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού όχι στο χώρο υπό τον επιπεφυκότα ή στους ιστούς του οφθαλμικού κόγχου αλλά στον υπερχοριοειδή χώρο του οφθαλμού. Μέρος του υδατοειδούς υγρού μπορεί επίσης μέσω της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου να εξέλθει του οφθαλμού βολβού μέσω των ενδοσκληρικών φλεβικών πλεγμάτων και ακολούθως μέσω διασκληρικής διάχυσης. Επειδή η αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου

ενσωματώνεται πλήρως εντός του σκληρού χιτώνα (ο επιπολής σκληρικός κρημνός συρράπτεται στεγανά), λειτουργεί ως κλειστό σύστημα με τον οφθαλμό, ώστε να λειτουργούν οι ενδογενείς μηχανισμοί αυτορρύθμισης της ενδοφθάλμιας πίεσης και να αποτρέπεται μετεγχειρητική υποτονία του βολβού από υπερδιήθηση υδατοειδούς υγρού.

### **8.3 Τοποθέτηση Αντιγλαυκωματικής Βαλβίδας Ενδοσκληρικού Παραθαλάμου**

Πριν ξεκινήσει κάθε φορά η χειρουργική μας διαδικασία, είχαμε αποστειρώσει σε κλίβανο όλα τα εργαλεία τα οποία επρόκειτο να χρησιμοποιήσουμε. Ακόμα, το κουνέλι μας είχε αναισθητοποιηθεί με ολική αναισθησία και είχαν ενσταλαχτεί 2-3 σταγόνες τοπικού αναισθητικού υδροχλωρικής προξυμετακαΐνης στο κάθε οφθαλμό.

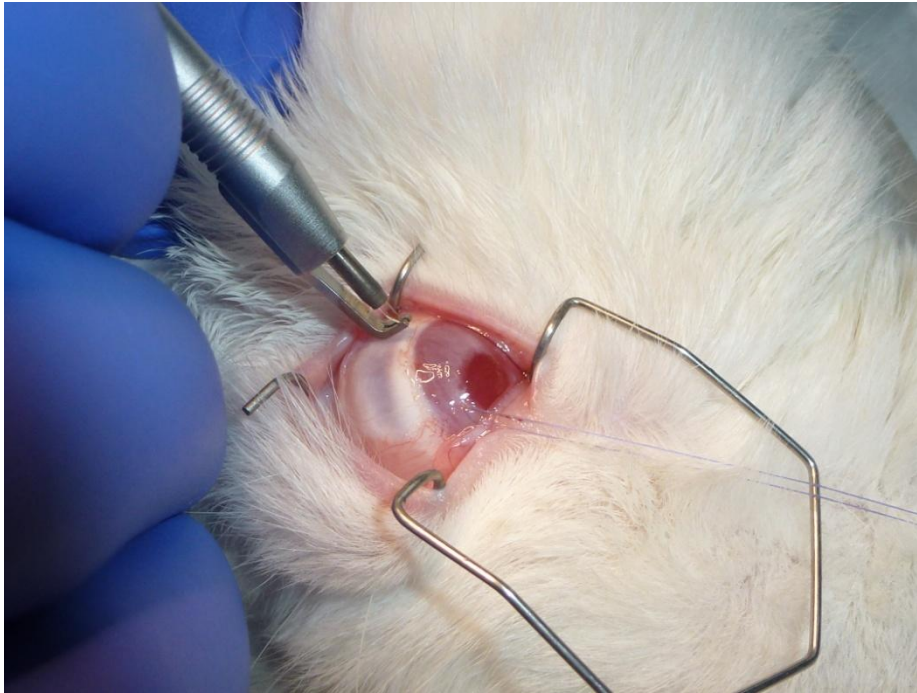
Αρχικά, δημιουργήθηκε μια τομή στο σκληροκερατοειδικό όριο στον επιπεφυκότα όπου δημιουργείται ένας κρημνός (Εικόνα 8.3.1).



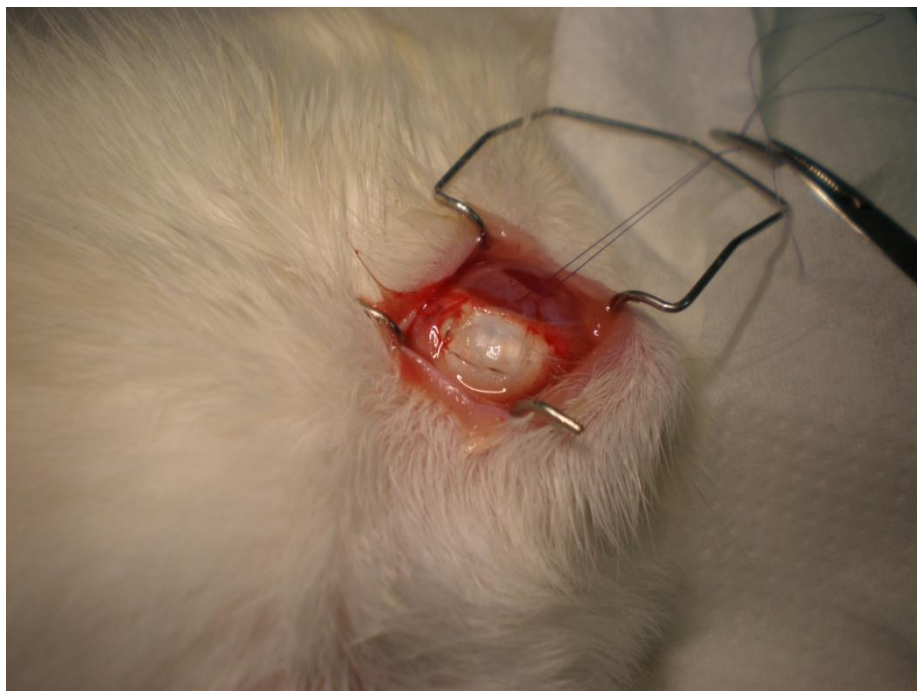
**Εικόνα 8.3.1: Δημιουργία κρημνού του επιπεφυκότα**

Στη συνέχεια κάνουμε μια τομή στο σκληρό χιτώνα (Εικόνες 8.3.2-3) και δημιουργούμε ένα κρημνό διαστάσεων περίπου 5x5mm (σε βάθος το 1/3 του σκληρού χιτώνα) (Εικόνες 8.3.4-5)

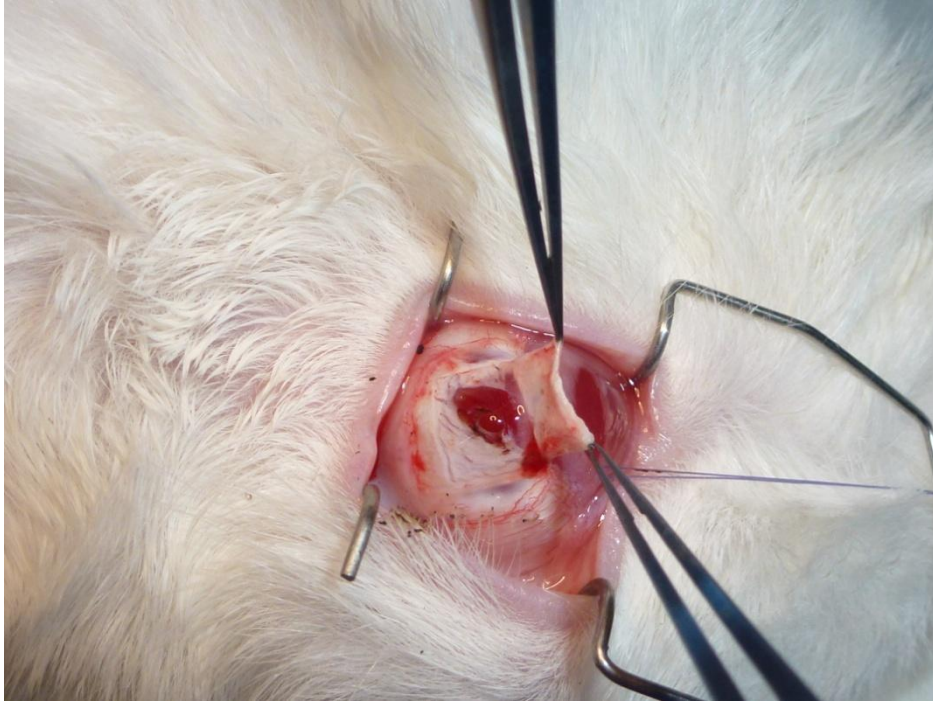




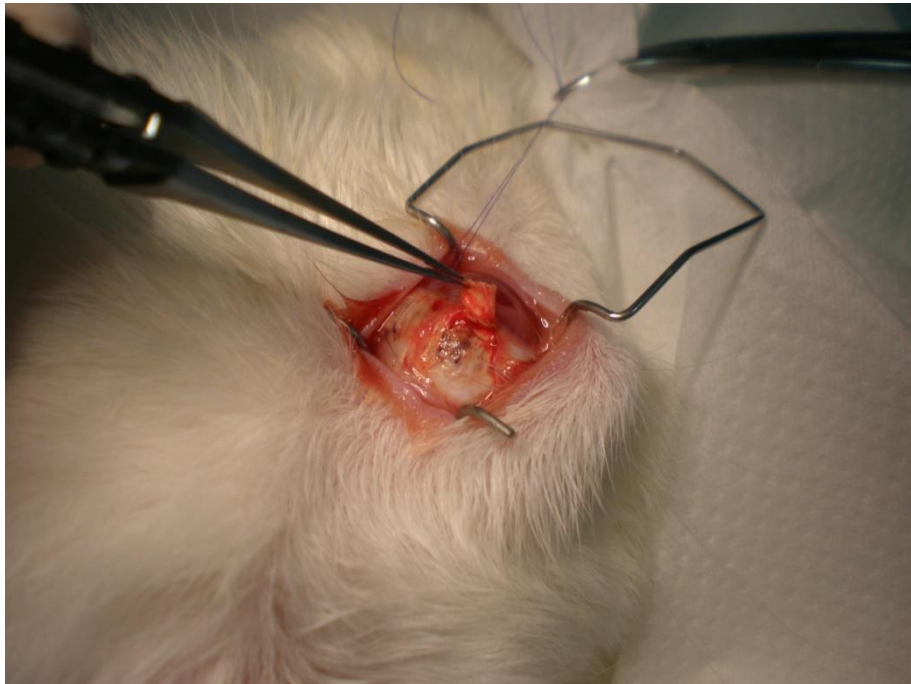
**Εικόνα 8.3.2: Δημιουργία τομής στο σκληρό χιτώνα**



**Εικόνα 8.3.3: Η τομή του σκληρού χιτώνα**



**Εικόνα 8.3.4: Δημιουργία κρημνού σκληρού χιτώνα**

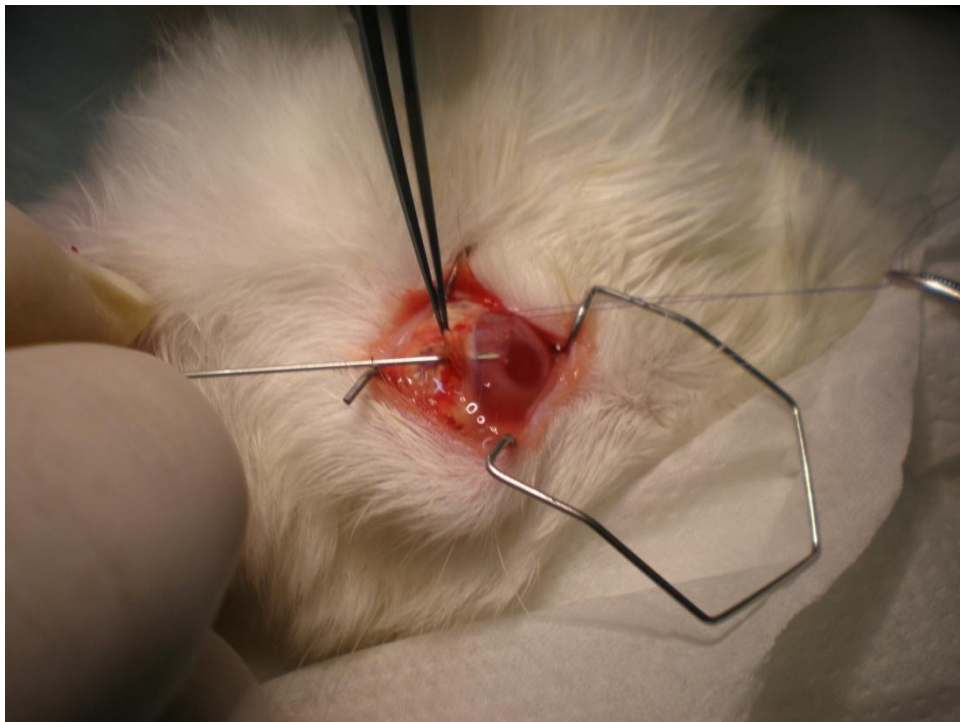


**Εικόνα 8.3.5: Δημιουργία κρημνού σκληρού χιτώνα**

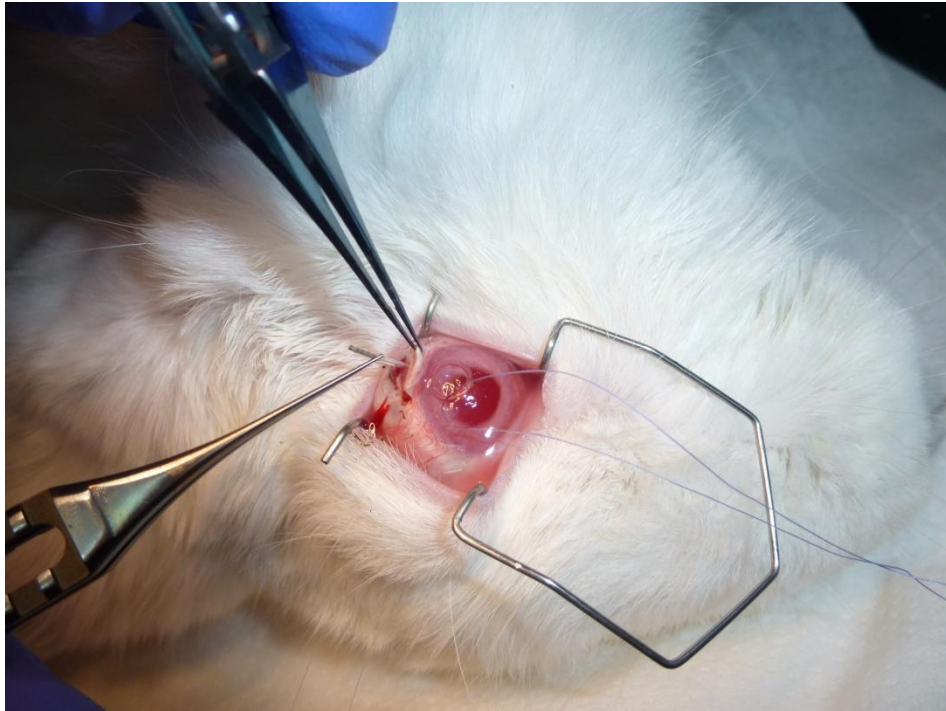
Με τη βοήθεια μιας βελόνας 25G σχηματίζουμε μια δίοδο στο σκληροκερατοειδικό όριο (Εικόνες 8.3.6-7) διαμέσου του οποίου περνάμε τη βαλβίδα εντός του πρόσθιου θαλάμου και κάτω από τον σκληρικό κρημνό. (Εικόνες 8.3.8-9).



**Εικόνα 8.3.6: Λίγο πριν εισχωρήσει η βελόνα στον πρόσθιο θάλαμο**



**Εικόνα 8.3.7: Η βελόνα έχει εισχωρήσει στο πρόσθιο θάλαμο**



**Εικόνα 8.3.8: Τοποθέτηση βαλβίδας εντός προσθίου θαλάμου**



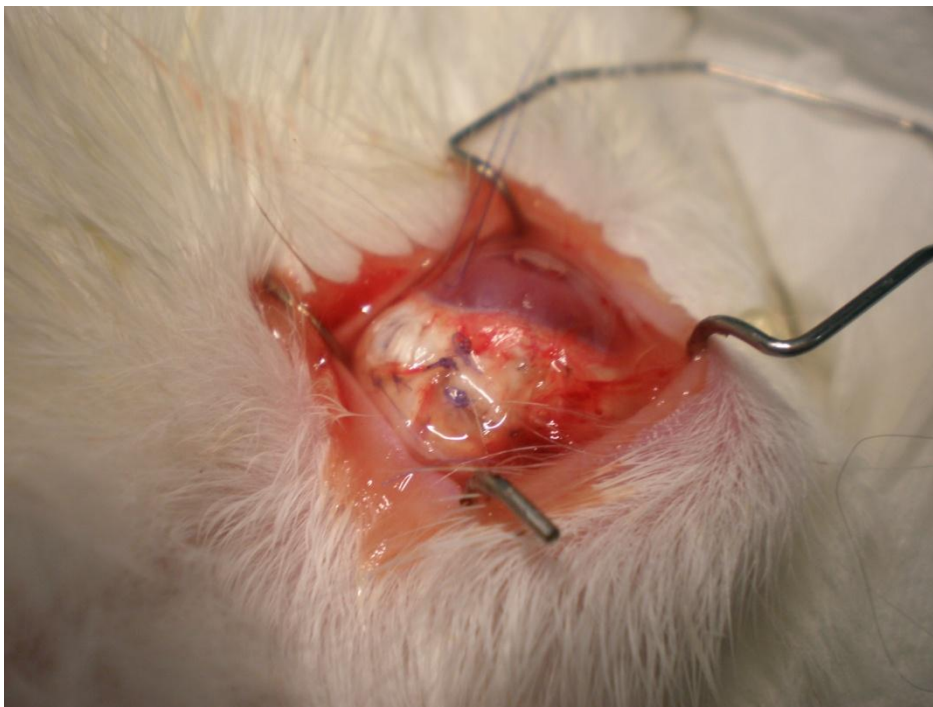
**Εικόνα 8.3.9: Τοποθέτηση βαλβίδας εντός προσθίου θαλάμου**

Στη συνέχεια γίνεται η εκτομή του σωλήνα σιλικόνης στο μήκος που κρίνει ο χειρουργός ότι χρειάζεται (ώστε να μην έρχεται σε επαφή ο σωλήνας με το ενδοθήλιο όταν εισέλθει στον

πρόσθιο θάλαμο). Μετά την εκτομή του σωλήνα, συρράπτουμε στεγανά τον σκληρικό κρημό με ένα ράμμα vicryl 7-0 ώστε να είναι πλήρως ενσωματωμένη η βαλβίδα εντός του σκληρού χιτώνα. (Εικόνες 8.3.10-11-12)



**Εικόνα 8.3.10: Συρραφή του κρημού του σκληρού χιτώνα**

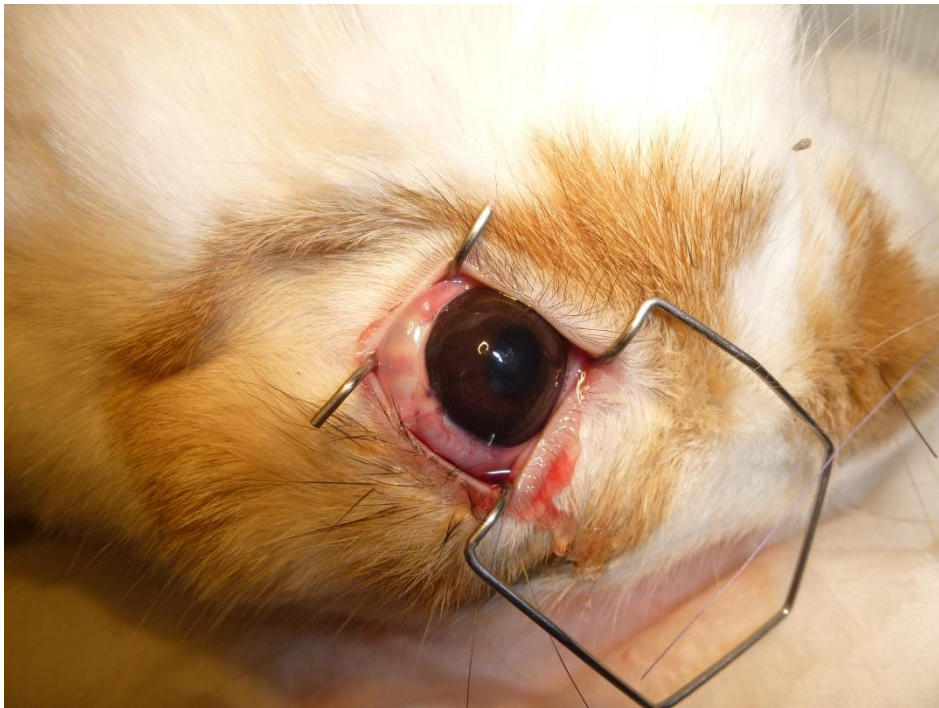


**Εικόνα 8.3.11: Συρραφή του κρημού του σκληρού χιτώνα**



**Εικόνα 8.3.12: Συρραφή του κρημνού του σκληρού χιτώνα**

Τέλος, συρράπτουμε το κρημό του επιπεφυκότα με ράμμα vicryl 7-0. (Εικόνα 8.3.13)



**Εικόνα 8.3.13: Ολοκλήρωση της επέμβασης με συρραφή του κρημνού του επιπεφυκότα**

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι για μια εβδομάδα μετά την τοποθέτηση της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου χορηγούσαμε στα κουνέλια κολλύριο μοξιφλοξασίνης και δεξαμεθαζόνη τομπραμυκίνη και για μια ακόμα εβδομάδα δεξαμεθαζόνη τομπραμυκίνη, για την αποφυγή μετεγχειρητικής λοίμωξης.

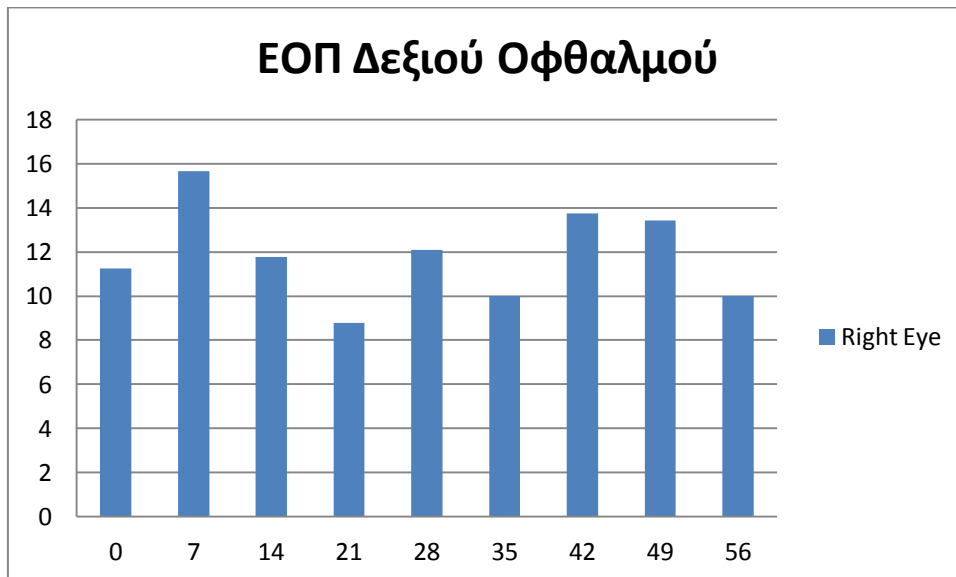
## Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 9.1 Ενδοφθάλμια πίεση

Από τις μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης στους οφθαλμούς των κουνελιών με το τονόμετρο Tonopen, για χρονικό διάστημα δύο μηνών (εκτός του κουνελιού 8, για το οποίο αντιστοιχούν μετρήσεις για ένα χρονικό διάστημα ενός μήνα), προκύπτουν τα παρακάτω συγκεντρωτικά αποτελέσματα:

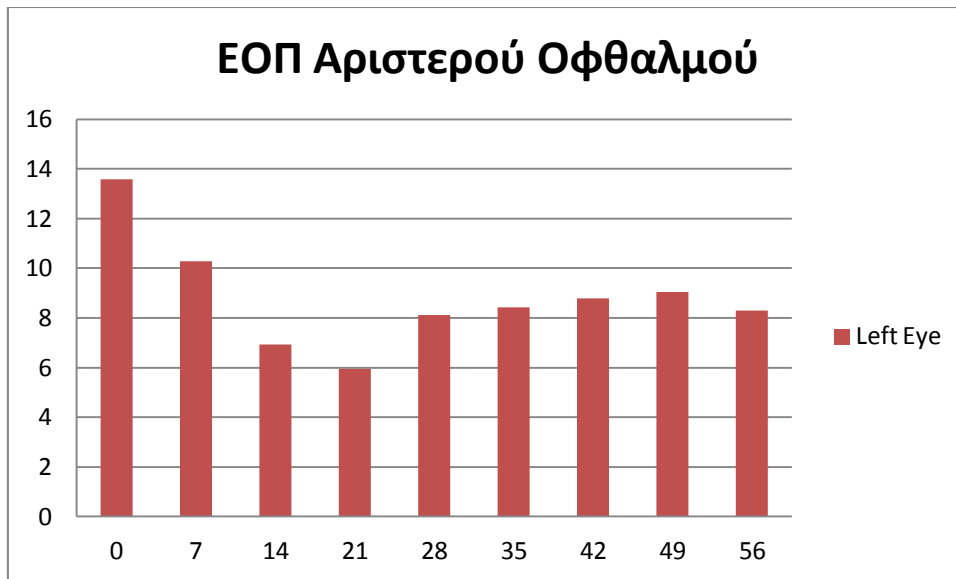
- Για τους δεξιούς οφθαλμούς των κουνελιών τα αποτελέσματα της ενδοφθάλμιας πίεσης παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα:



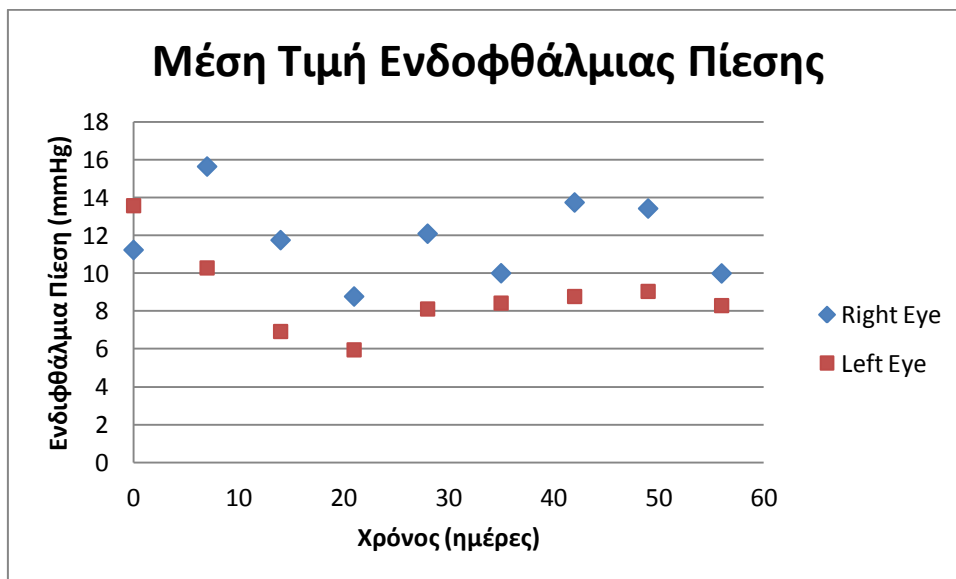
**Γράφημα 9.1.1: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης σε Δεξιούς Οφθαλμούς για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Για τους αριστερούς οφθαλμούς των κουνελιών τα αποτελέσματα της ενδοφθάλμιας πίεσης παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα:





**Γράφημα 9.1.2: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης σε Αριστερούς Οφθαλμούς για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**



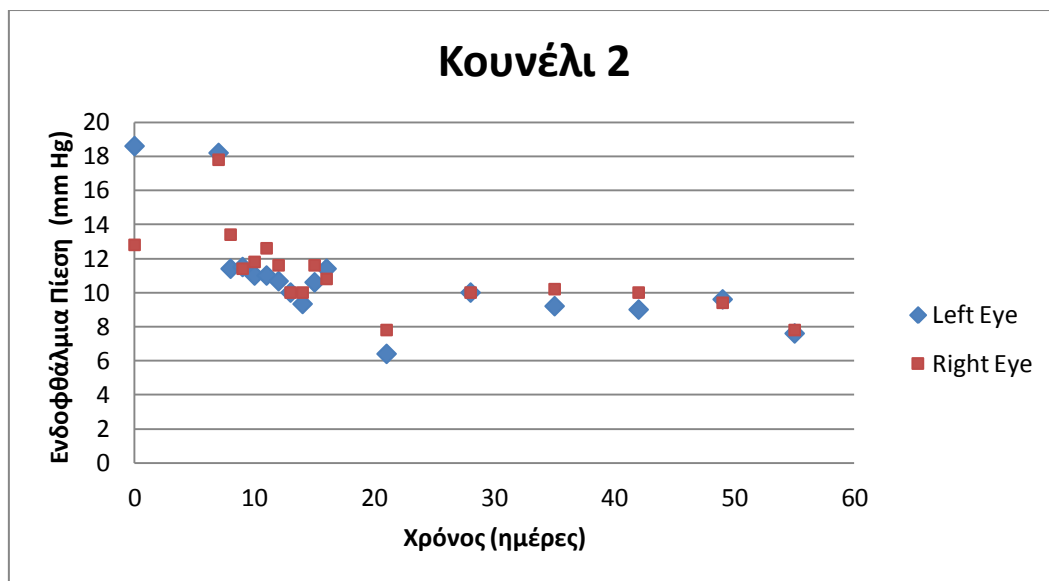
**Γράφημα 9.1.3: Μέση Τιμή Ενδοφθάλμιας Πίεσης σε Δεξιούς και Αριστερούς Οφθαλμούς για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

Παρατηρούμε ότι στους αριστερούς οφθαλμούς, όπου τοποθετήθηκε η βαλβίδα, μια σταδιακή μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης μέχρι τη τρίτη εβδομάδα στα 6mmHg και μετά μια μικρή αύξηση (μικρότερη όμως τιμή από την αρχική ΕΟΠ) και στη συνέχεια μια σταθεροποίηση στα 8-10mmHg. Την ίδια πορεία ακολουθεί και ο δεξιός οφθαλμός τον οποίο

χρησιμοποιήσαμε ως μάτι ελέγχου (control eye), με μόνη εξαίρεση τη πρώτη εβδομάδα όπου παρατηρήθηκε αύξηση της πίεσης αντί για μείωση. Αν παρατηρούμενη διαφορά στις τιμές της ενδοφθάλμιας πίεσης μεταξύ του οφθαλμού με τη βαλβίδα (αριστερός οφθαλμός) και του οφθαλμού ελέγχου (δεξιού οφθαλμού) είναι περίπου 2-3mmHg, με εξαίρεση τη μέτρηση της δεύτερης εβδομάδας.

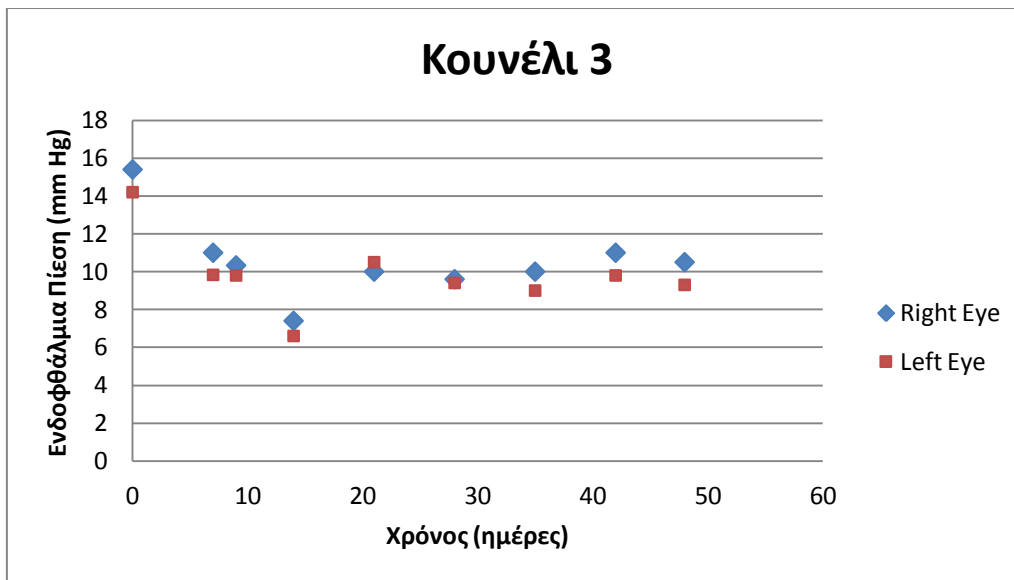
Πιο αναλυτικά παρακάτω ακολουθούν τα γραφήματα της ενδοφθάλμιας πίεσης και στους δύο οφθαλμούς για κάθε κουνέλι ξεχωριστά:

- Κουνέλι 2



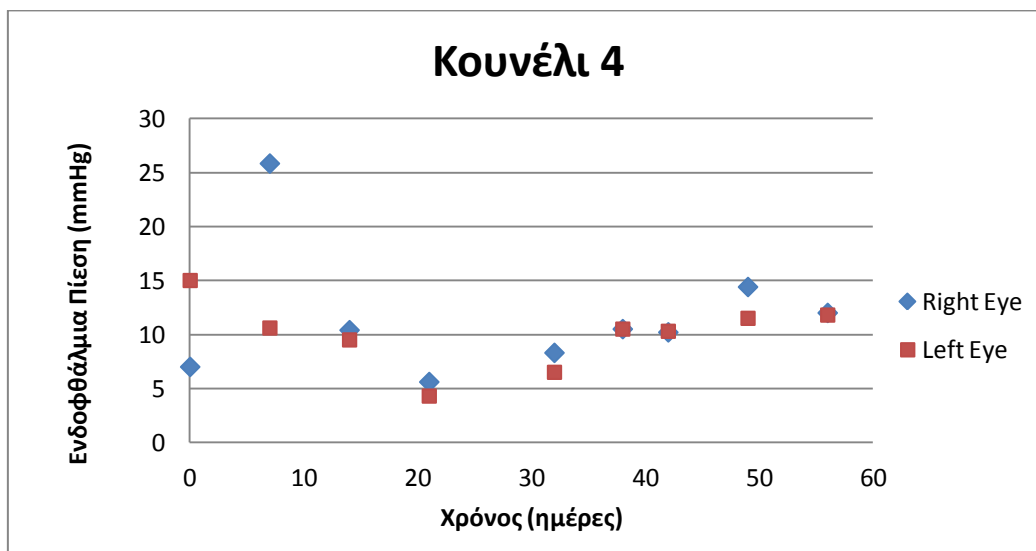
**Διάγραμμα 9.1.4: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης στο κουνέλι 2 για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 3



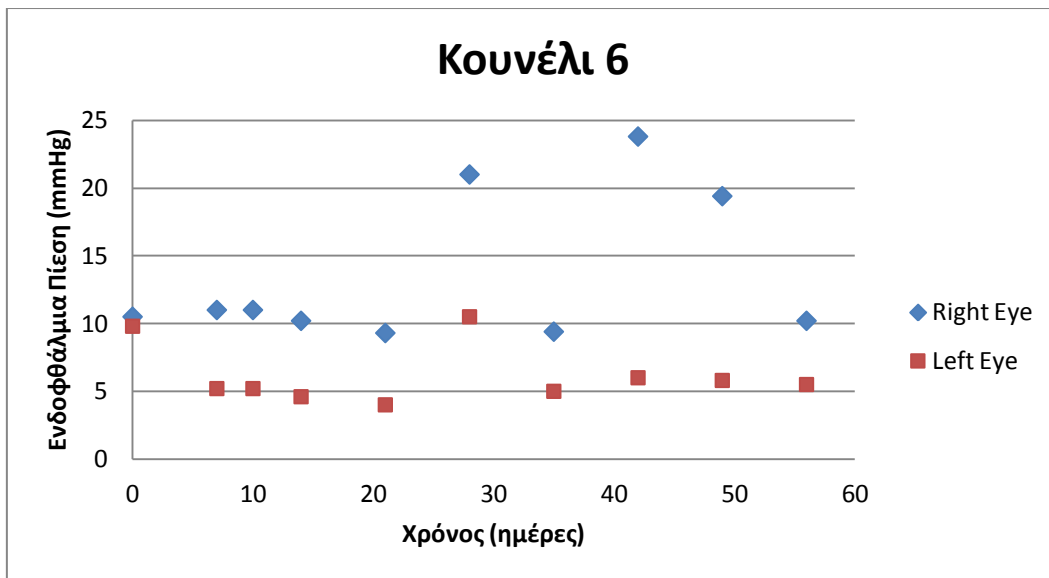
**Διάγραμμα 9.1.5: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης στο κουνέλι 3 για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 4



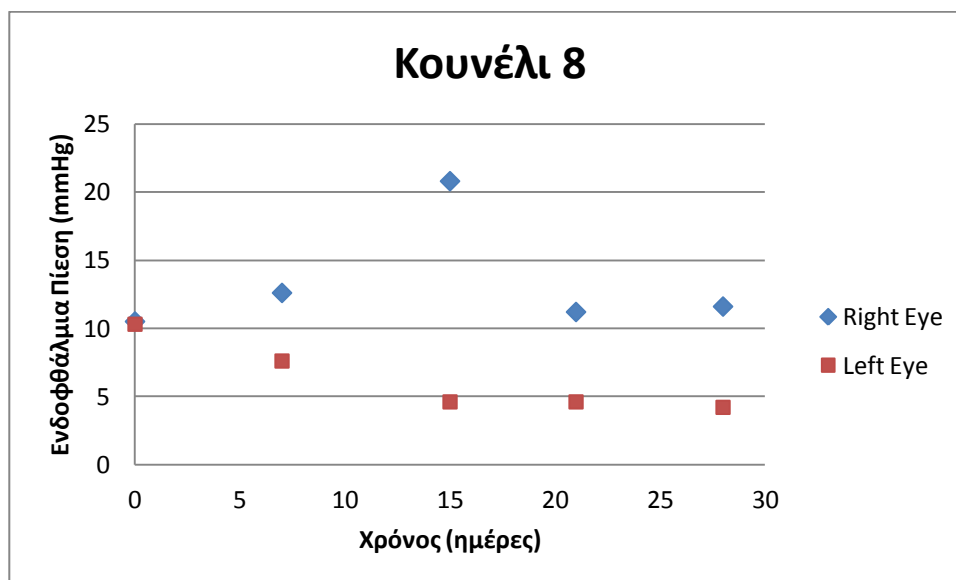
**Διάγραμμα 9.1.6: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης στο κουνέλι 4 για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 6



**Διάγραμμα 9.1.7: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης στο κουνέλι 6 για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 8



**Διάγραμμα 9.1.8: Μέτρηση Ενδοφθάλμιας Πίεσης στο κουνέλι 8 για χρονικό διάστημα δύο μηνών. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της ΕΟΠ (mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι οι μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης με τη μανομετρική συσκευή του Πανεπιστημίου Κρήτης διαφέρει από τις μετρήσεις με το τονόμετρο Tonopen. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές της ενδοφθάλμιας πίεσης που μετρήθηκαν με τη μανομετρική συσκευή, πριν από την τοποθέτηση της βαλβίδας, μετά από δύο εβδομάδες από την τοποθέτηση και μετά από τέσσερις εβδομάδες, οι τιμές της ενδοφθάλμιας πίεσης με το τονόμετρο Tonopen και η μεταξύ τους διαφορά.

Χρόνος (σε ημέρες)	Όνομα κουνελιού	Οφθαλμός	ΕΟΠ με μανομετρική συσκευή (mmHg)	ΕΟΠ με Tonopen (mmHg)	Διαφορά (mmHg)
<b>0</b>	Rabbit 2	Right	16	12.8	3.2
		Left	7	18.6	11.6
	Rabbit 3	Right	8	15.4	7.4
		Left	8	14.2	6.2
	Rabbit 4	Right	6	7	1
		Left	15	15	0
	Rabbit 6	Right	13	10.5	2.5
		Left	2	9.8	7.8
	Rabbit 8	Right	26	10.5	15.5
		Left	25	10.3	14.7
<b>14</b>	Rabbit 2	Right	15	10	5
		Left	6	9.3	3.3
	Rabbit 3	Right	18	7.4	10.6
		Left	19	6.6	12.4
	Rabbit 4	Right	27	10.4	16.6
		Left	14	9.5	4.5
	Rabbit 6	Right	18	10.2	7.8
		Left	11	4.6	6.4
	Rabbit 8	Right	25	20.8	4.2
		Left	5	4.6	0.4
<b>28</b>	Rabbit 2	Right	21	10	11
		Left	17	10	7
	Rabbit 3	Right	21	9.6	11.4
		Left	22	9.4	12.6
	Rabbit 4	Right	20	8.3	11.7
		Left	16	6.5	9.5
	Rabbit 6	Right	29	21	8
		Left	15	10.5	4.5
	Rabbit 8	Right	19	11.6	7.4
		Left	7	4.2	2.8

**Πίνακας 9.1.9: Τιμές ενδοφθάλμιας πίεσης μετρημένες με τη μανομετρική συσκευή και το τονόμετρο Tonopen**

Γενικά παρατηρούμε ότι η μέτρηση της ενδοφθάλμιας πίεσης με τη μανομετρική μας δίνει τιμές μεγαλύτερες από ότι το τονόμετρο Tonopen, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Ακόμα η διαφορά κυμαίνεται από 0 έως 16,6 mmHg. Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι όλες οι μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης έχουν ένα σφάλμα  $\pm 1$  mmHg.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο Κρήτης από τους Χ. Γκίνη, Γ. Κουνή, Σ. Χαρίστη και Μ. Τσιλιμπάρη<sup>64</sup> στην οποία γίνεται αναφορά για τον τύπο της αληθινής πίεσης (Real\_IOP).

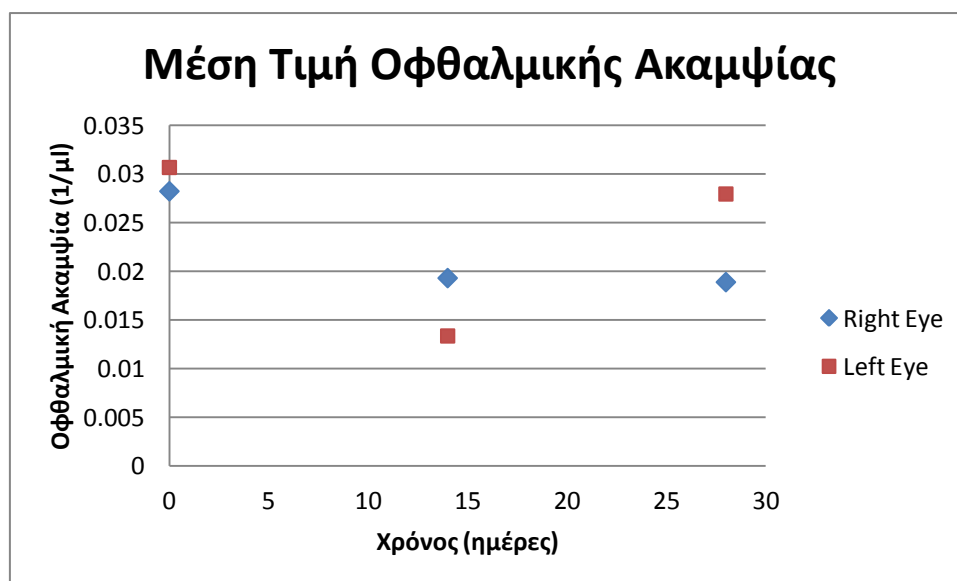
$$\text{Real\_IOP} = 1,3472 * \text{TONOPEN} - 7,0333 \text{ (mmHg)} \quad (9.2.1)$$

Με τη βοήθεια του παραπάνω τύπου μπορούμε να υπολογίσουμε την αληθινή πίεση και θα είμαστε πιο κοντά στις τιμές του μανόμετρου εφόσον το Tonopen υποτιμά την πραγματική ενδοφθάλμια πίεση.<sup>64</sup>

## 9.2 Οφθαλμική ακαμψία (Ocular Rigidity)

Από τις μετρήσεις που έγιναν σε πέντε (5) κουνέλια, με τη βοήθεια της μανομετρικής συσκευής που έχει αναπτυχθεί στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, πριν την τοποθέτηση της βαλβίδας, μετά από δυο εβδομάδες από την τοποθέτηση και μετά από τέσσερις εβδομάδες προκύπτουν τα παρακάτω γραφήματα. Όλες οι μετρήσεις περιέχουν ένα σφάλμα της τάξεως  $\pm 0,02 \text{ ml}^{-1}$ .

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μετρήσεων της οφθαλμικής ακαμψίας και στους δύο οφθαλμούς:



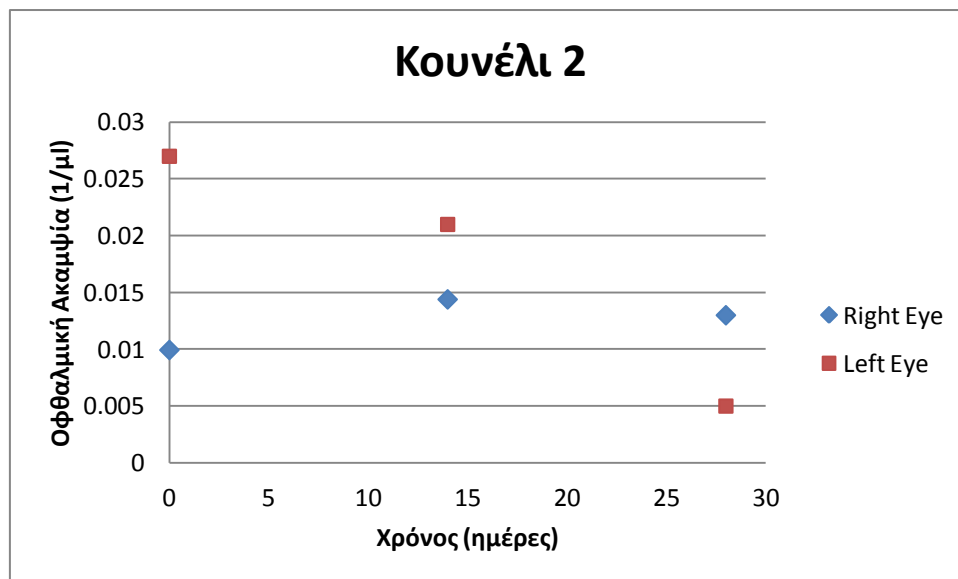
Γράφημα 9.2.1: Μέση Τιμή Οφθαλμικής Ακαμψία σε Δεξιούς και Αριστερούς Οφθαλμούς για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις

τιμές της Οφθαλμικής Ακαμψίας ( $\mu\text{I}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)

Παρατηρούμε μια αρχική μείωση της οφθαλμικής ακαμψίας στις πρώτες δύο εβδομάδες και στη συνέχεια μια αύξηση της οφθαλμικής ακαμψίας στον αριστερό οφθαλμό όπου έχει τοποθετηθεί η βαλβίδα. Αντιθέτως στον δεξιό οφθαλμό, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ως οφθαλμός ελέγχου, παρατηρούμε μια αρχική μείωση και στη συνέχεια μια σταθεροποίηση της οφθαλμικής ακαμψίας.

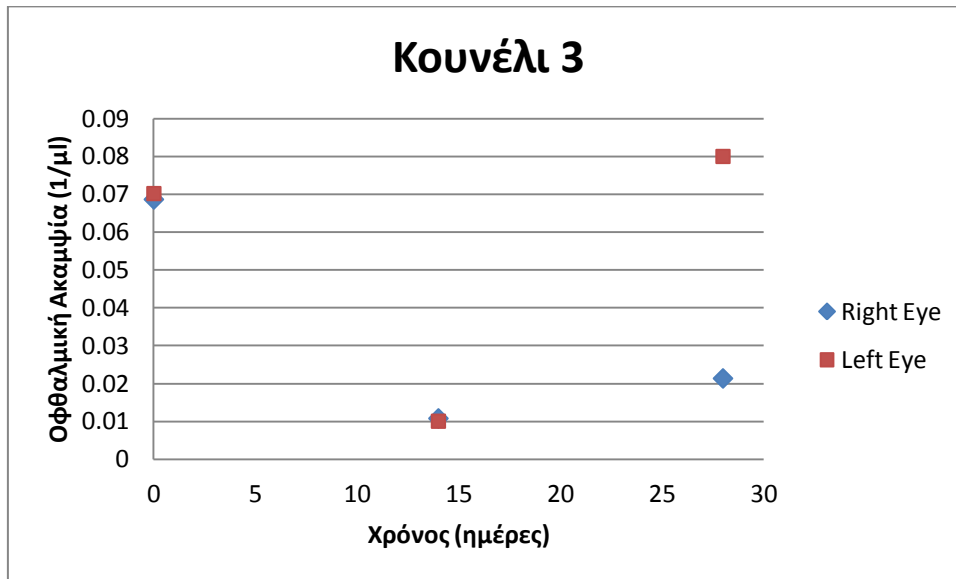
Πιο αναλυτικά παρακάτω ακολουθούν τα γραφήματα της οφθαλμικής ακαμψίας και στους δύο οφθαλμούς για κάθε κουνέλι ξεχωριστά:

- Κουνέλι 2



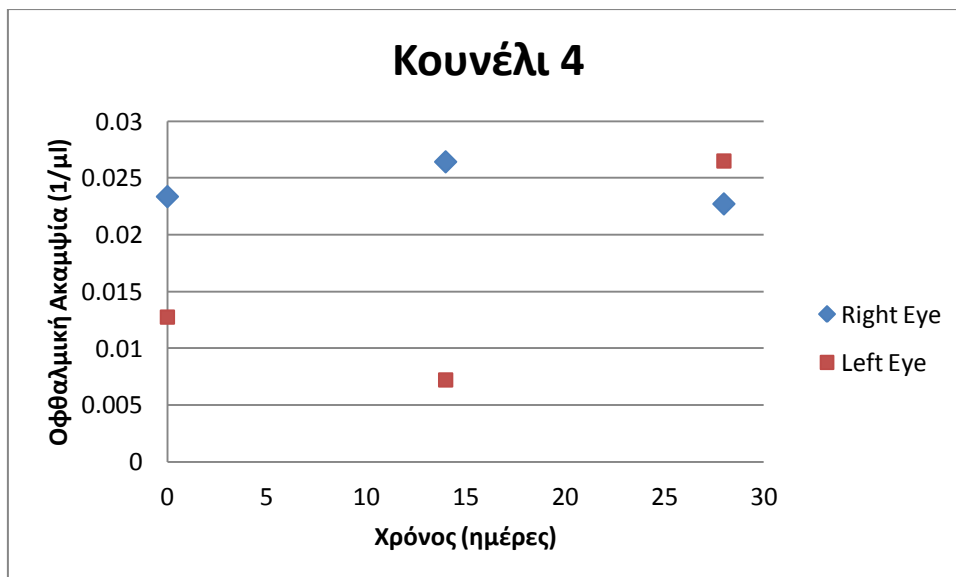
**Διάγραμμα 9.2.2: Μέτρηση Οφθαλμικής Ακαμψίας στο κουνέλι 2 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας ( $\mu\text{I}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 3



**Διάγραμμα 9.2.3:** Μέτρηση Οφθαλμικής Ακαμψίας στο κουνέλι 3 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας ( $\mu\text{l}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)

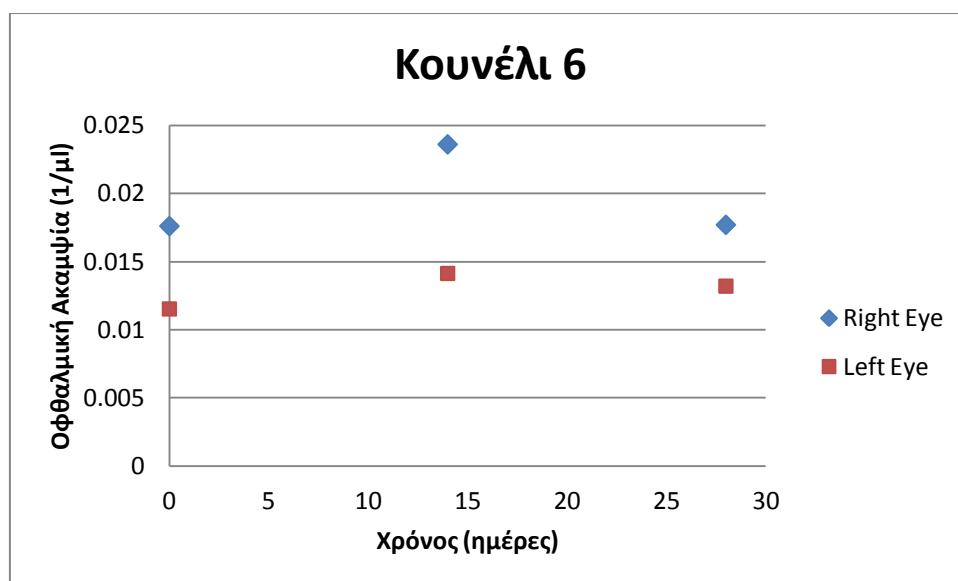
- Κουνέλι 4



**Διάγραμμα 9.2.4:** Μέτρηση Οφθαλμικής Ακαμψίας στο κουνέλι 4 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας ( $\mu\text{l}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)

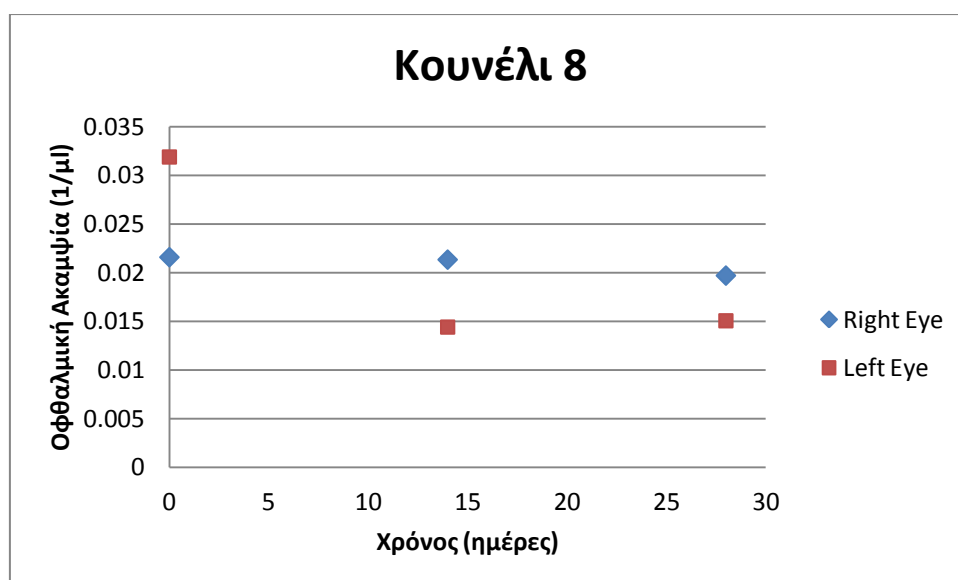


- Κουνέλι 6



**Διάγραμμα 9.2.5: Μέτρηση Οφθαλμικής Ακαμψίας στο κουνέλι 6 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας ( $\mu\text{l}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 8

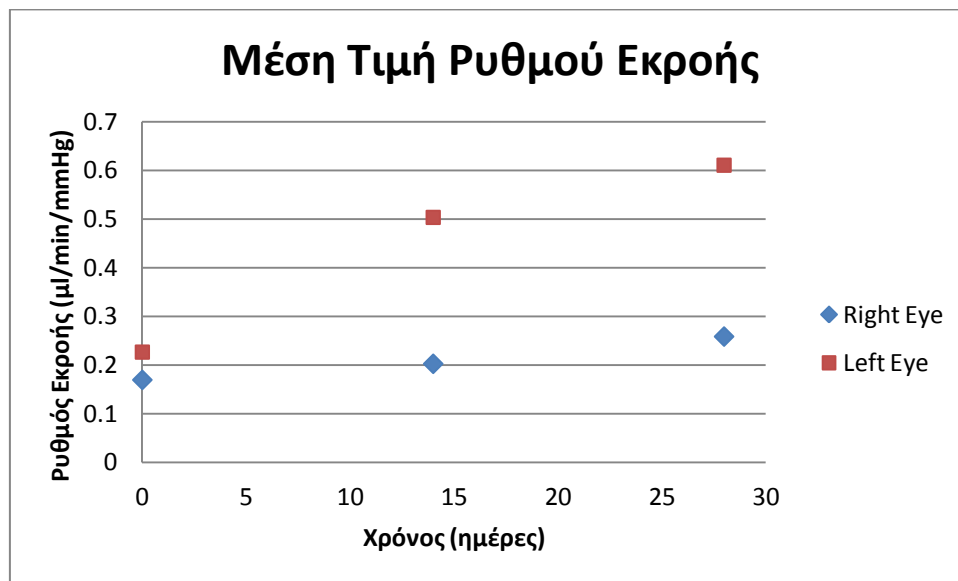


**Διάγραμμα 9.2.6: Μέτρηση Οφθαλμικής Ακαμψίας στο κουνέλι 8 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές της οφθαλμικής ακαμψίας ( $\mu\text{l}^{-1}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

### 9.3 Ρυθμός εκροής (Outflow Facility)

Από τις μετρήσεις που έγιναν σε πέντε (5) κουνέλια, με τη βοήθεια της μανομετρικής συσκευής που έχει αναπτυχθεί στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, πριν την τοποθέτηση της βαλβίδας, μετά από δυο εβδομάδες από την τοποθέτηση και μετά από τέσσερις εβδομάδες προκύπτουν τα παρακάτω γραφήματα. Όλες οι μετρήσεις περιέχουν ένα σφάλμα της τάξεως  $\pm 0,3$   $\mu\text{l}/\text{min}/\text{mmHg}$ .

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μετρήσεων του ρυθμού εκροής και στους δύο οφθαλμούς:

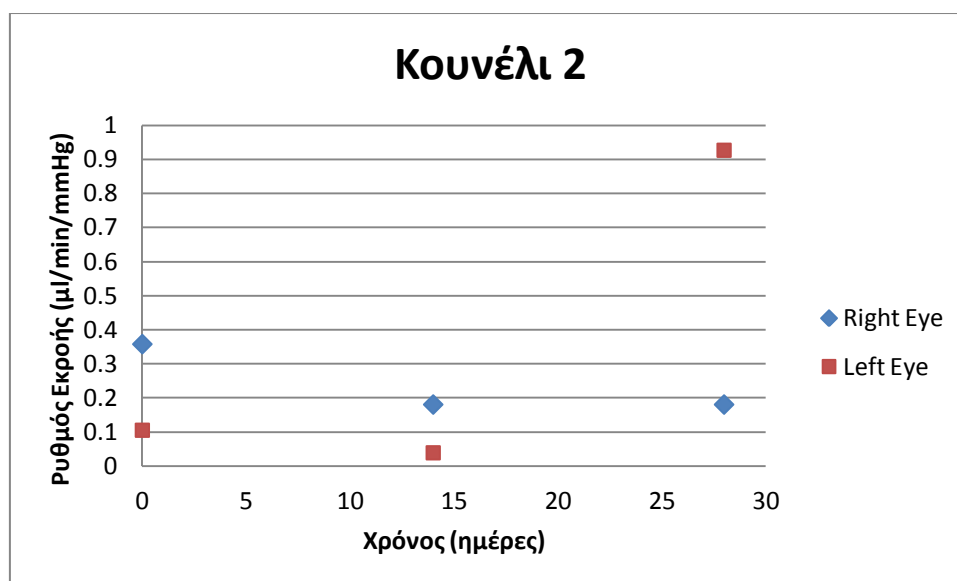


**Γράφημα 9.3.1: Μέση Τιμή Ρυθμού Εκροής σε Δεξιούς και Αριστερούς Οφθαλμούς για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής ( $\mu\text{l}/\text{min}/\text{mmHg}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

Παρατηρώντας το ρυθμό εκροής του υδατοειδούς υγρού διαπιστώνεται μια σταδιακή αύξηση του ρυθμού εκροής στον αριστερό οφθαλμό όπου είχαμε τοποθετήσει τη βαλβίδα και μια μικρότερη αύξηση στο δεξιό οφθαλμό, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ως οφθαλμός ελέγχου.

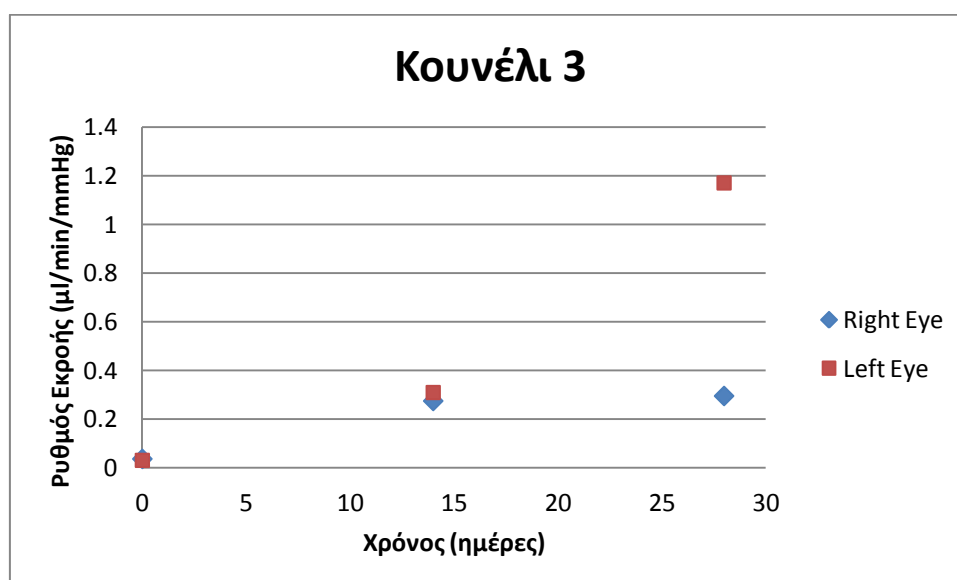
Πιο αναλυτικά παρακάτω ακολουθούν τα γραφήματα του ρυθμού εκροής και στους δύο οφθαλμούς για κάθε κουνέλι ξεχωριστά:

- Κουνέλι 2



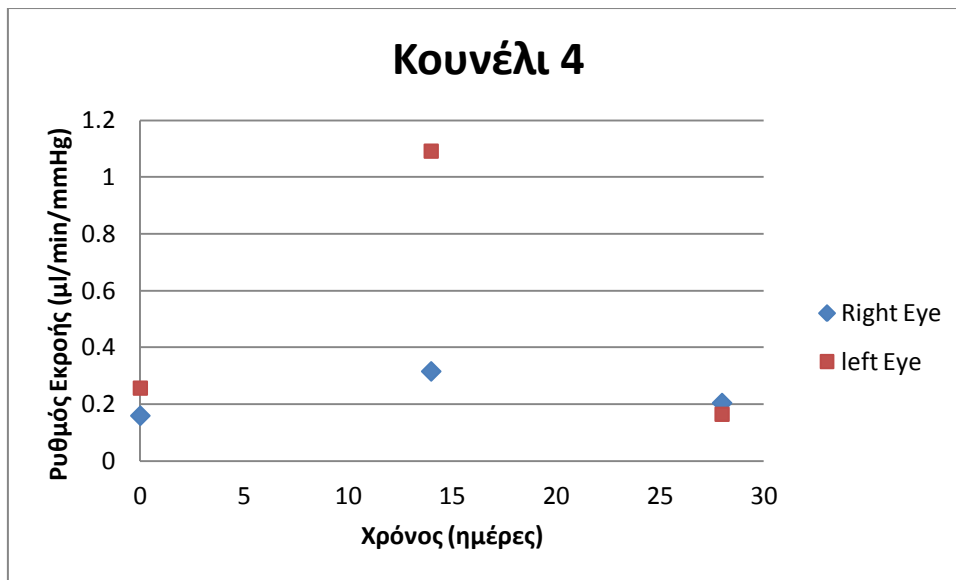
**Διάγραμμα 9.3.2: Μέτρηση Ρυθμού Εκροής στο κουνέλι 2 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής ( $\mu\text{l}/\text{min}/\text{mmHg}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 3



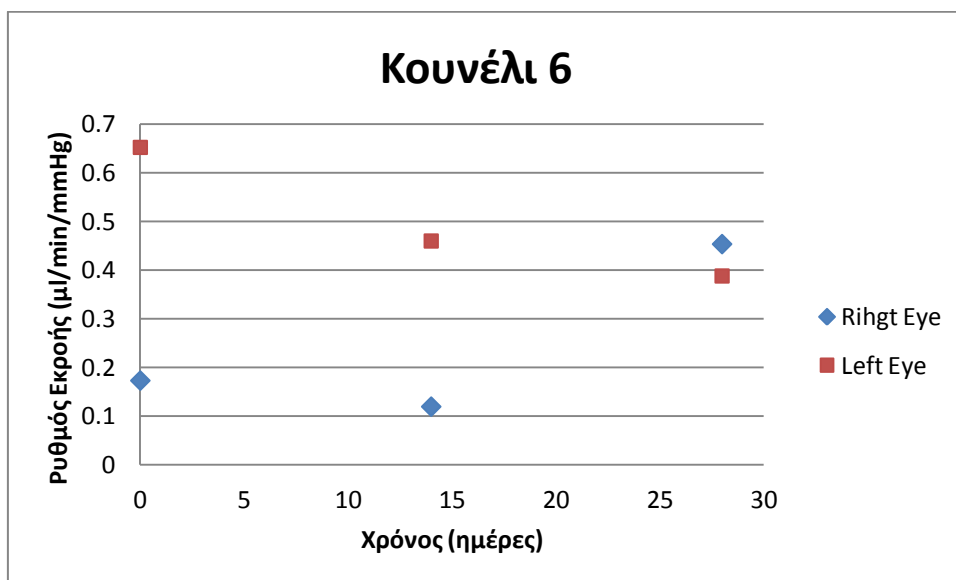
**Διάγραμμα 9.3.3: Μέτρηση Ρυθμού Εκροής στο κουνέλι 3 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής ( $\mu\text{l}/\text{min}/\text{mmHg}$ ) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

- Κουνέλι 4



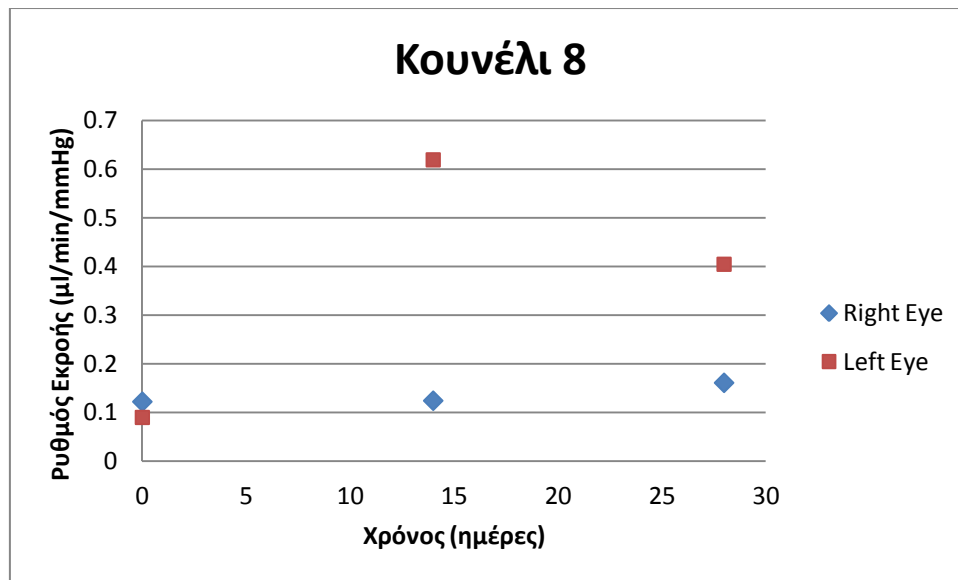
**Διάγραμμα 9.3.4:** Μέτρηση Ρυθμού Εκροής στο κουνέλι 4 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής (μl/min/mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)

- Κουνέλι 6



**Διάγραμμα 9.3.5:** Μέτρηση Ρυθμού Εκροής στο κουνέλι 6 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής (μl/min/mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)

- Κουνέλι 8



**Διάγραμμα 9.3.6: Μέτρηση Ρυθμού Εκροής στο κουνέλι 8 για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Ο κάθετος άξονας (y) αντιπροσωπεύει τις τιμές του ρυθμού εκροής (μl/min/mmHg) ενώ ο οριζόντιος άξονας (x) τον χρόνο (σε ημέρες)**

## Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν ο έλεγχος της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας ενός μοντέλου αντιγλαυκωματικής βαλβίδας ενδοσκληρικού παραθαλάμου σε πειραματόζωο (κουνέλια), η οποία θα αυξήσει το ρυθμό εκροής (Outflow facility) του υδατοειδούς υγρού με αποτέλεσμα τη μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης.

Η ερευνά βασίστηκε στα αποτελέσματα από συγκεκριμένο αριθμό κουνελιών (5 κουνέλια) στα οποία τοποθετήσαμε στον ένα οφθαλμό την αντιγλαυκωματική βαλβίδα, ενώ ο άλλος οφθαλμός χρησιμοποιήθηκε σαν οφθαλμός ελέγχου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μας δείχνουν μια αρχική μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης και στη συνέχεια μια μικρή αύξηση ώσπου τελικά σταθεροποιείται με μια "φυσιολογική" πίεση για τους οφθαλμούς των κουνελιών. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η αρχική ενδοφθάλμια πίεση των κουνελιών (πριν την εισαγωγή της αντιγλαυκωματικής βαλβίδας) ήταν ιδιαίτερα υψηλή. Ακόμα παρατηρούμε ότι ο οφθαλμός ελέγχου ακολουθεί τη πορεία του οφθαλμού που έχουμε τοποθετήσει τη βαλβίδα, με μια διαφορά 2-3mmHg. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις της ενδοφθάλμιας πίεσης με το τονόμετρο χειρός Tonopen, διέφεραν από τις μετρήσεις με την επεμβατική συσκευή του Πανεπιστημίου Κρήτης. Γεγονός όμως που δικαιολογείται, διότι από παλαιότερες έρευνες γνωρίζουμε ότι υπάρχει μια ανακρίβεια στις μετρήσεις με το τονόμετρο Tonopen. Όμως αυτό το γεγονός δεν μας εμποδίζει να δούμε αλλαγές στην αρχική ενδοφθάλμια πίεση και στην μετα-εγχειρητική ενδοφθάλμια πίεση, αφού έχει τοποθετηθεί η αντιγλαυκωματική βαλβίδα.

Ακόμα, παρατηρούμε ότι ο ρυθμός εκροής (Outflow Facility) αυξάνεται μετά την τοποθέτηση της βαλβίδας, γεγονός το οποίο περιμέναμε εφόσον η βαλβίδα αυξάνει το ρυθμό εκροής με σκοπό την μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης. Το ίδιο ισχύει και για τον οφθαλμό ελέγχου απλά με μικρότερη αύξηση από ότι στον οφθαλμό με την αντιγλαυκωματική βαλβίδα. Γνωρίζοντας ότι με την αύξηση του ρυθμού εκροής έχουμε μείωση της ενδοφθάλμιας πίεσης, δεν μας προκαλεί εντύπωση η αύξηση του ρυθμού εκροής τις πρώτες δύο εβδομάδες λόγω της μείωσης της ενδοφθάλμιας πίεσης, κυρίως στον αριστερό οφθαλμό όπου και η μείωση ήταν μεγαλύτερη. Όμως μας προκαλεί εντύπωση η αύξηση του ρυθμού εκροής στην τέταρτη εβδομάδα όπου παρουσιάζεται μια ελαφρά αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης και θα περιμέναμε μια μικρή μείωση στο ρυθμό εκροής.

Επίσης, διακρίνουμε μια αρχική μείωση στην Οφθαλμική ακαμψία (Ocular Rigidity) με τη μείωση της πίεσης και μετά μια μικρή αύξηση με την αύξηση της πίεσης στον οφθαλμό με την αντιγλαυκωματική βαλβίδα. Από τα δεδομένα της ενδοφθάλμιας πίεσης και του όγκου και με τη βοήθεια του ειδικού λογισμικού του υπολογιστή, υπολογίσαμε τον συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας, ο οποίος γνωρίζουμε ότι είναι ανεξάρτητος της ενδοφθάλμιας πίεσης. Έτσι οι αλλαγές που προέκυψαν στο συντελεστή οφθαλμικής ακαμψίας μπορεί να οφείλονται σε αλλαγές στα δομικά μέρη του οφθαλμού, διότι γνωρίζουμε ότι οφθαλμοί οι

οποίοι βρίσκονται αρκετό καιρό υπό μεγαλύτερη πίεση από την φυσιολογική τους μπορεί να εμφανίσουν αυξημένη οφθαλμική ακαμψία. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να οφείλονται είτε σε μετεγχειρητική φλεγμονή, είτε στην ίδια τη βαλβίδα η οποία επιφέρει αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες του οφθαλμού.

Γενικά όμως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αν και οι οφθαλμοί στους οποίους τοποθετήθηκε η βαλβίδα δεν ήταν γλαυκωματικοί, λόγω του περιορισμένου χρόνου που διεξήχθη η έρευνα. Ίσως η ανάπτυξη ενός γλαυκωματικού μοντέλου θα μπορούσε να συμβάλει ποιο ουσιαστικά στην περαιτέρω έρευνα και εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων σε συνδυασμό με την παρούσα μελέτη.

Όσον αφορά την αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου, η οποία σχεδιάστηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης από το κ. Ευστάθιο Δετοράκη, είναι μια καινοτόμα βαλβίδα και ιδιαίτερα υποσχόμενη, με σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ήδη υπάρχων αντιγλαυκωματικών βαλβίδων. Η αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου στηρίζει τη δράση της στην αποχέτευση του υδατοειδούς υγρού όχι στο χώρο υπό τον επιπεφυκότα ή στους ιστούς του οφθαλμικού κόγχου αλλά στο δίκτυο των ενδοσκληρικών φλεβιδίων καθώς και στον υπερ-χροριοειδή χώρο. Από προηγούμενες αντιγλαυκωματικές χειρουργικές τεχνικές, όπως η εν τω βάθει σκληρεκτομή, έχει γίνει αντιληπτό ότι η δημιουργία ενδοσκληρικού θυλάκου (παραθαλάμου) σε επικοινωνία με τον πρόσθιο θάλαμο του οφθαλμού, μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητική απορροή του υδατοειδούς υγρού μέσω των ενδοσκληρικών φλεβών πλεγμάτων και χωρίς τη δημιουργία διηθητικής φυσαλίδας υπό τον επιπεφυκότα. Έτσι η αποχέτευση του υγρού αποδίδεται είτε διαμέσου ενδοσκληρικών φλεβών και στη συνέχεια διασκληρικής διάχυσης είτε διαμέσου του υπερχριοειδή χώρου και στη συνέχεια εξόδου του υγρού μέσω των φλεβών. Ακόμα, με την απλή εν τω βάθει σκληρεκτομή δεν καθίσταται πάντα εφικτή η διατήρηση του παραθαλάμου αυτού, παρά τη χρήση ειδικών ενδοσκληρικών μοσχευμάτων ή ενθεμάτων που έχουν κατά καιρό προταθεί, λόγω των συμφύσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των επιφανειακών και των βαθύτερων σκληρικών επιφανειών. Σε αντίθεση, η αντιγλαυκωματική βαλβίδα ενδοσκληρικού παραθαλάμου λειτουργεί ουσιαστικά ως μόνιμος παραθάλαμος που βρίσκεται σε επικοινωνία με τον πρόσθιο θάλαμο μέσω του σωληναρίου της. Τέλος, με την παρουσία πολλαπλών στομιών και κατάλληλης διαμόρφωσης, μπορεί να ενισχύεται η απορροή του υδατοειδούς υγρού προς τον υπερχριοειδή χώρο.

Μέχρι σήμερα πολλές αντιγλαυκωματικές συσκευές ή χειρουργικές τεχνικές έχουν εφαρμοστεί για την αντιμετώπιση του γλαυκώματος, δυστυχώς όμως ακόμα δεν έχει βρεθεί η ιδανική. Αν και κάποιες από αυτές έχουν φανεί αρκετά αποτελεσματικές, παρόλα αυτά πολλές και σοβαρές επιπλοκές μπορεί να προκληθούν. Όπως η οφθαλμική υποτονία, η αθαλάμια και η χοριοειδική αποκόλληση, οι οποίες συνδέονται με την υπερδιήθηση, δηλαδή με την αυξημένη απορροή του υδατοειδούς υγρού. Για τη μείωση αυτού του φαινομένου αναπτύχθηκαν οι βαλβίδες με πιεσοεξατρώμενο βαλβικό μηχανισμό (π.χ βαλβίδα Ahmed ή Krupin) όμως, αν και έχουν μειώσει το πρόβλημα δυστυχώς δεν το έχουν λύσει πλήρως, αφού μπορεί να παρατηρηθεί διαρροή και πέριξ του σωληναρίου της βαλβίδας. Ακόμα μια

σημαντική ομάδα επιπλοκών συνδέεται με την διάβρωση ή διάτρηση του επιπεφυκότα από τη χρόνια επαφή με το υλικό των βαλβίδων ή λέπτυνση του επιπεφυκότα από τη δημιουργία φυσαλίδας. Η φυσαλίδα σχηματίζεται στην περιοχή του υποδέχεται το υδατοειδές υγρό και διογκώνει τον επιπεφυκότα. Η διηθητική φυσαλίδα μπορεί να πάρει μεγάλες διαστάσεις, να επικαλύπτει μεγάλο μέρος του κερατοειδή και να αποτελέσει θέση επιρρεπή σε λοιμώξεις ή τραυματισμούς. Ακόμα, σε πολλές περιπτώσεις, η θέση απορροής του υδατοειδούς υγρού καλύπτεται από πυκνό στρώμα ινώδη ιστού με αποτέλεσμα τη μεγάλη άνοδο της ενδοφθάλμιας πίεσης. Η επιπλοκή αυτή (εγκύστωση διηθητικής φυσαλίδας) μπορεί να απαιτήσει συμπληρωματικές επεμβάσεις, όπως βελονισμό της φυσαλίδας, για την αντιμετώπιση της. Ειδικά στην περίπτωση του SOLX Gold Microshurt που η τοποθέτηση γίνεται στον υπερχοριοειδή χώρο έχει αναφερθεί δυνητικός κίνδυνος χοριοειδικής αιμορραγίας ή αποκόλλησης.

Αντιθέτως η βαλβίδα ενδοσκληρίου παραθαλάμου έχει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι η μείωση του κινδύνου διάβρωσης του επιπεφυκότα από το υλικό της βαλβίδας, επειδή η τοποθέτηση γίνεται ενδοσκληρικά, έτσι η βαλβίδα δεν έρχεται σε επαφή με τον επιπεφυκότα. Ακόμα, μειώνεται ο κίνδυνος υποτονίας επειδή ο σκληρός χιτώνας πάνω από τη βαλβίδα συρράπτεται στεγανά, ώστε να μην υπάρχει διαρροή υγρού από το σκληρικό τραύμα. Αντιθέτως η ρύθμιση της ενδοφθάλμιας πίεσης στηρίζεται στους φυσιολογικούς οφθαλμικού μηχανισμούς αυτο-ρύθμισης της ενδοφθάλμιας πίεσης, αφού το υδατοειδές υγρό διοχετεύεται στον υπερ-χοριοειδή χώρο ή στον ενδο-σκληρικό φλεβικό δίκτυο. Επίσης, επειδή το υδατοειδές υγρό, όπως προαναφέραμε, δεν διοχετεύεται στον υπό επιπεφυκότα χώρο, αποφεύγεται ο σχηματισμός διηθητικής φυσαλίδας, οπότε μειώνεται και ο σχετικός κίνδυνος λοίμωξης ή τραυματισμού. Ακόμα, επειδή η βαλβίδα τοποθετείται στο πρόσθιο ημιμόριο του βολβού, δεν απαιτείται χειρουργική παρασκευή του επιπεφυκότα ή επισκληρίου μέχρι τον ισημερινό του βολβού, όπως συμβαίνει στις περισσότερες σημερινές σχεδιάσεις βαλβιδών. Επιπροσθέτως, επειδή δεν σχηματίζεται διηθητική φυσαλίδα, αποτρέπεται ο κίνδυνος μετεγχειρητικής εγκύστωσης και επειδή δεν διανοίγεται ο υπερ-χοριοειδής χώρος, μειώνεται ο κίνδυνος χοριοειδικής αιμορραγίας ή αποκόλλησης. Τέλος, επειδή η βαλβίδα δημιουργεί μόνιμο παραθάλαμο, δηλαδή μόνιμο ενδοσκληρικό θύλακα υποδοχής του υδατοειδούς υγρού, αποτρέπονται τα προβλήματα συμφύσεων και απώλειας παραθαλάμου που παρατηρούνται με άλλες σχεδιάσεις ενδοσκληρικών ενθεμάτων που τοποθετούνται μετά από εν τω βάθει σκληρεκτομή.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### ***Βιβλία***

1. **Κλινική Οφθαλμολογία**, Jack J. Kanski, Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιανού- 4<sup>η</sup> Έκδοση
2. **Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία και στην Νευροοφθαλμολογία**, Κων/νος Ψύλλας  
University Studio Press (1994)
3. **Κλινική Οφθαλμολογία**, Νικόλαος Στάγκος, University Studio Press, Θεσ/νικη (2002)
4. **Atlas of clinical ophthalmology**, David J. Spalton, Roger A. Hitchings, Paul A. Hunter  
3<sup>rd</sup> Edition (2005)
5. **Οφθαλμολογία, Έγχρωμο εικονογραφημένο εγχειρίδιο**, 3<sup>η</sup> Έκδοση, Mark Batterbury,  
Brad Bowling, Conor Myrphy, Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιανού
6. **Βασική Οφθαλμολογία**, Frank G. Berson, Επιμέλεια Μετάφραση Ι.Γ. Παλλήκαρης, Μ.Κ.  
Τσιλιμπάρης, Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης
7. **Οφθαλμολογία**, Ιωάννη Κολιόπουλου, Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιανού (1995)
8. **Intraocular Pressure physiology and pathology**, A.Nesterov, A. Bunin, L. Katsinelson  
Moscow (1978)
9. Wolfgang Leydhecker
10. **Year Book of ophthalmology**, Richard P. Wilson (1998)
11. **Adler's Physiology of the eye clinical application**, 10<sup>th</sup> Edition, Paul L. Kaufman,  
Albert Alm, Mosby (2003)
12. **Glaucoma Medical Therapy Principles and Management**, Peter A. Netland, Robert C.  
Allen, American Academy of Ophthalmology (1999)
13. **Mechanisms of the glaucoma**, Joyce Tombran- Tink, Colin J. Barnstable, M. Bruce  
Shields, Humana Press (2008)
14. **Clinical Ophthalmology: contemporary perspectives**, Gupta, 9<sup>th</sup> edition
15. **Glaucoma Progress III**, Gunter K. Krieglestein, Robert N. Weinred F. Grehn R. Stamper

## *Άρθρα*

16. **Richard F. Brubaker** The effect of intraocular pressure on conventional outflow resistance in the enucleated human eye, IOVS, April 1975
17. **Colton T, Ederer F.** The distribution of intraocular pressures in the general population. Surv Ophthalmol. Nov-Dec 1980
18. **N.G. Karyotakis, H.S. Ginis, A.I. Dastiridou, M.K. Tsilimparis, I.G. Pallikaris,** Pressure- dependent outflow facility in the living human eye, N.G. Institute of Vision and Optics (IVO), University of Crete, Heraklion Greece
19. **Charles E. Riva, Patrick Titze, Mark Hero, Benno L. Petring,** *Effect of Acute Decreases of Perfusion Pressure on Choroidal Blood Flow in Humans*, Investigative Ophthalmology and Visual Science, August 1997
20. **C.E. Rina, J.E. Grunwald, B.L. Petting,** *Autoregulation of Human Retinal Blood Flow, An Investigation With Laser Doppler Velocimetry*
21. **Hugo Castejon, Christophe Chiquet, Olivier Savy, Jean-Philippe Baguet, Hafid Khayi, Renaud Tamisier, Lionel Bourdon, Jean-Paul Romanet,** *Effect of Acute Increase in Blood Pressure on Intraocular Pressure in Pigs and Humans*, Investigative Ophthalmology & Visual Science, March 2010
22. **Lee P.W.J.** *Association between intraocular pressure variation and glaucoma progression: data from a United States chart review.* Am J Ophthalmology 2007
23. **Vijaya L, Manish P, Ronnie G, Shantha B.** *Management of complications in glaucoma surgery* Indian J Ophthalmol. 2011
24. **Sharaawy T, Bhartiya S.** *Surgical management of glaucoma: evolving paradigms* Indian J Ophthalmol. 2011
25. **Anil K Mandal, Debasis Chakrabarti ,** *Update on congenital glaucoma* Indian J Ophthalmol. January 2011
26. **Wells AP, Cordeiro MF, Bunce C, Khaw PT.** *Cystic bleb formation and related Complications in limbus-versus fornix-based conjunctival flaps in pediatric and young*

- adult trabeculectomy with mitomycin C. Ophthalmology. 2003*
27. **Khairy HA, Green FD, Nassar MK, Azuara-Blanco A.** *Control of intraocular pressure after deep sclerectomy.* Eye (Lond) 2006
28. **Heuer DK, Lloyd MA, Abrams DA, Baerveldt G, Minckler DS, Lee MB, Martone JF.** *Which is better? One or two? A randomized clinical trial of single-plate versus double-plate Molteno implantation for glaucomas in aphakia and pseudophakia.* Ophthalmology. Oct 1992
29. **Britt MT, LaBree LD, Lloyd MA, Minckler DS, Heuer DK, Baerveldt G, Varma R.** *Randomized clinical trial of the 350-mm<sup>2</sup> versus the 500-mm<sup>2</sup> Baerveldt implant: longer term results: is bigger better?* Ophthalmology. 1999 Dec
30. **Molteno AC, Sayawat N, Herbison P.** *Otago glaucoma surgery outcome study : long-term results of uveitis with secondary glaucoma drained by Molteno implants.* Ophthalmology. 2001 Mar
31. **Βασίλειος Κοζομπόλης, Αριστείδης Κωνσταντινίδης,** *Η σύγχρονη χειρουργική του γλαυκώματος , 45<sup>ο</sup> πανελλήνιο οφθαλμολογικό συνέδριο, Μάιος 2012*
32. *Οφθαλμολογία* ,Τόμος 17, Τεύχος 4. Δεκέμβριος 2005
33. **Maris PJ Jr, Ishida K, Netland PA.** *Comparison of trabeculectomy with Ex-PRESS miniature glaucoma device implanted under scleral flap.* J Glaucoma. 2007 Jan
34. **Marzette L, Herndon LW.** *A comparison of the Ex-PRESS<sup>TM</sup> mini glaucoma shunt with standard trabeculectomy in the surgical treatment of glaucoma.* Ophthalmic Surg Lasers Imaging. 2011 Nov-Dec
35. **Francis BA, Singh K, Lin SC, Hodapp E, Jampel HD, Samples JR, Smith SD.** *Novel glaucoma procedures: a report by the American Academy of Ophthalmology.* Ophthalmology. 2011
36. **Δ. Παπακωνσταντίνου, Γ. Γεωργόπουλος, Ε. Καρμίρης, Α. Διαγούρτας, Χ. Πίτσας, Ι. Χαλκιαδάκης, Μ. Αποστολόπουλος** *Χειρουργική του γλαυκώματος: Νεότερες τεχνικές και*

37. **Thomas W. Samuelson, L. Jay Katz, Jeffrey M. Wells, Yi-Jing Duh, Jane Ellen Giamporcaro**, *Randomized Evaluation of the Trabecular Micro-Bypass Stent with Phacoemulsification in Patients with Glaucoma and Cataract*, *Ophthalmology* (2011)
38. **Vandewalle E, Zeyen T, Stalmans I**. *The iStent trabecular micro-bypass stent: a case series*. *Bull Soc Belge Ophtalmol*. 2009
39. **Spiegel D, García-Feijó J, García-Sánchez J, Lamielle H**. *Coexistent primary open-angle glaucoma and cataract: preliminary analysis of treatment by cataract surgery and the iStent trabecular micro-bypass stent*. *Adv Ther*. 2008 May
40. **Spiegel D, Wetzel W, Neuhann T, Stuermer J, Hoeh H, Garcia-Feijoo J, Martinez-De-La-Casa JM, Garcia-Sanchez J**. *Coexistent primary open-angle glaucoma and cataract: interim analysis of a trabecular micro-bypass stent and concurrent cataract surgery*. *Eur J Ophthalmol*. 2009 May-Jun
41. **Minckler DS, Baerveldt G, Alfaro MR, Francis BA**. *Clinical results with the Trabectome for treatment of open-angle glaucoma*. *Ophthalmology*. 2005 Jun
42. **Francis BA, Minckler D, Dustin L, Kawji S, Yeh J, Sit A, Mosaed S, Johnstone M; Trabectome Study Group**. *Combined cataract extraction and trabeculotomy by the internal approach for coexisting cataract and open-angle glaucoma: initial results*. *J Cataract Refract Surg*. 2008 Jul
43. **Patel S, Pasquale LR**. *Glaucoma drainage devices: a review of the past, present, and future*. *Semin Ophthalmol*. 2010
44. **Schaffer RN**. *Prognosis of goniotomy in primary infantile glaucoma (trabeculodysgenesis)* *Trans Am Ophthalmol Soc*
45. **Mendrinós E, Mermoud A, Shaarawy T**. *Nonpenetrating glaucoma surgery* *Surv Ophthalmol*. 2008

46. **Mosaed S** *Update on aqueous shunts in glaucoma* Int Ophthaalmol Clin 2011
47. **Melamed S, Ben Simon GJ, Goldenfeld M, Simon G.** *Efficacy and safety of gold micro Shunt implantation to the supraciliary space in patients with glaucoma: a pilot study*  
Arch Ophthalmol. 2009
48. **Steven R. Sarkisian** *A look at new technology and at many of the commercially available devices for measuring IOP.* Glaucoma Today Nov-Dec 2006
49. **Esther M Hoffmann, Franz-H Grus, Norbert Pfeiffer** *Intraocular pressure and ocular pulse amplitude using dynamic contour tonometry and contact lens tonometry*  
BMC Ophthalmol. 2004
50. **Claude Kaufmann, Lucas M. Bachmann, and Michael A. Thiel** *Comparison of Dynamic Contour Tonometry with Goldmann Applanation Tonometry*  
Investigate Ophthalmology & Visual Science, September 2004
51. **Gordon C Stuckey** *Application of physical principles in the development of Tonometry* Clinical and Experimental Ophthalmology 2004
52. **Jun Liu, PhD, Cynthia J. Roberts** *Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement, Quantitative analysis*  
J Cataract Refract Surg Jan 2005
53. **Omar S Punjabi , Christoph Kniestedt, Robert L Stamper and Shan C Lin** *Dynamic contour tonometry: principle and use* Clinical and Experimental Ophthalmology 2006
54. **Jay S. Pepose, Jeff P. Sanderson, Mujtaba A. Qazi** *How Should We Measure IOP After LASIK?* Cataract & Refractive Surgery Today Nov-Dec 2005
55. **Ytteborg J.** *Hjalmar Schiötz and his tonometer* Tidsskr Nor Laegeforen. 2001
56. **Patrick C. Alguire.** *Tonometry*
57. **Elliot M. Kirstein, Ahmed Elsheikh, Pinakin Guvant** *Tonometry – Past, Present and Future*

58. **Dan L. Eisenberg** *Reconsidering the Gold Standard of Tonometry* Glaucoma Today  
March 2011
59. **Gordon C. Stuckey** *Application of physical principles in the development of tonometry*  
Clinical and Experimental Ophthalmology 2004
60. **Schneider E, Grehn F.** *Intraocular pressure measurement-comparison of dynamic contour tonometry and goldmann applanation tonometry.* J Glaucoma. 2006
61. **Kanngiesser, Hartmut E, Kniestedt, Christoph Robert, Yves,** *Dynamic Contour Tonometry: Presentation of a New Tonometer* Journal of Glaucoma: October 2005
62. **Stamper RL.** *A history of intraocular pressure and its measurement.*  
Optom Vis Sci. 2011
63. **Abrams LS, Vitale S, Jampel HD.** *Comparison of three tonometers for measuring intraocular pressure in rabbits.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 1996
64. **Charisis SK, Ginis HS, Kounis GA, Tsilimbaris MK** *Tono-Pen XL tonometry during application of a suction ring in rabbits.* BMC Ophthalmol. 2008
65. **J K Leong, P McCluskey, S Lightman, H M A Towler** *Outcome of graft free Molteno tube insertion* Br J Ophthalmol. 2006 April
66. **Lim K S, Allan B D, Lloyd A W. et al** *Glaucoma drainage devices; past, present, and future.* Br J Ophthalmol 1998
67. **Silver DM, Geyer O.** *Pressure-volume relation for the living human eye.* Current Eye Research. 2000 Feb
68. **I.G. Pallikaris, A.I. Dastiridou, M.K. Tsilimbaris, N.G. Karyotakis, H.S. Ginis**  
*Ocular Rigidity*
69. **Friedenwald JS.** *Contribution to the theory and practice of tonometry* Am J.Ophthalmol  
1937
70. **Hamida Saiduzzafar** *Studies in ocular rigidity* Brit.J.Ophthal (1962)

71. **Pallikaris IG, Kymionis GD, Ginis HS, Kounis GA, Tsilimbaris MK.**  
*Ocular rigidity in living human eyes.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2005 Feb
72. **Pallikaris IG, Kymionis GD, Ginis HS, Kounis GA, Christodoulakis E, Tsilimbaris MK.** *Ocular rigidity in patients with age-related macular degeneration.*  
Am J Ophthalmol. 2006 Apr
73. **Sudesh K Arya, Ram Lal Sharma, S P Dhir,** *Role of Scleral Rigidity in Hypertensive Patients Undergoing Cataract Surgery,* Department of Ophthalmology, Institute of Medical Sciences, Banaras Hindu University, Varanasi
74. **Anna I. Dastiridou, Harilaos S. Ginis, Dirk De Brouwere, Miltiadis K. Tsilimbaris, Ioannis G. Pallikaris** *Ocular Rigidity, Ocular Pulse Amplitude, and Pulsatile Ocular Blood Flow: The Effect of Intraocular Pressure*  
Investigade Ophthalmology & Visual Science, Dec 2009
75. **G.D. Kymionis, V.F. Diakonis, G.Kounis, S. Charisis, D. Bouzoukis, H.S. Ginis, S.Yoo M. Tsilimbaris, I.G. Pallikaris** *Ocular Rigidity Evaluation After Photorefractive Keratectomy: An Experimental Study* Journal of Refractive Surgery Feb 2008
76. **Michael C. Koss,** *Analysis of Blood Flow in the Long Posterior Ciliary Artery of the Cat*  
IOVS March 1999
77. **L. Benjamin Sheppard,** *Intrascleral Drainage Channels of the Normal Rabbit Eye,*  
Trans Am Ophthalmol 1959

### *Ιστοσελίδες*

78. [http://www.eyecrete.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=19](http://www.eyecrete.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=19)
79. <http://ygeia.tanea.gr/default.asp?pid=8&articleID=9155&ct=98>
80. [http://www.iatronet.gr/article.asp?art\\_id=4](http://www.iatronet.gr/article.asp?art_id=4)
81. <http://www.laser4myopia.gr/glaucoma.html>
82. [http://www.eyeclinic.com.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64&catid=2](http://www.eyeclinic.com.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=64&catid=2)

83. <http://www.drneos.gr/el/content/23>
84. <http://www.laservision.gr/wp-content/uploads/Glaucoma-broc-GA-26JUL12.pdf>
85. [http://books.google.gr/books?id=v1hi0HKxyh0C&pg=PA184&lpg=PA184&dq=eye+dimensions+in+rabbits&source=bl&ots=fIrX5s\\_qAo&sig=cOK72C7UvIT4pW6xHlolUfXTg1Q&hl=el&ei=nmoLTtDHONCRswbZmeCvDg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8&ved=0CFoQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false](http://books.google.gr/books?id=v1hi0HKxyh0C&pg=PA184&lpg=PA184&dq=eye+dimensions+in+rabbits&source=bl&ots=fIrX5s_qAo&sig=cOK72C7UvIT4pW6xHlolUfXTg1Q&hl=el&ei=nmoLTtDHONCRswbZmeCvDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CFoQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false)