



Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ.

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΓΧΡΩΜΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

COLOR PERCEPTION AND DYSFUNCTIONS OF HUMAN COLOR VISION



Πτυχιακή εργασία που υποβλήθηκε στο
Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. για την απόκτηση του Πτυχίου Κλωστοϋφαντουργού Μηχανικού
από την
Ελευθερία – Αγάπη Στασινούλα

Εισηγητής
Δρ. Αθανάσιος Α. Τσουτσαίος

Πειραιάς, Ιούνιος 2016

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Στασινούλα Ελευθερία Αγάπη, του Δημητρίου, φοιτήτρια του Τμήματος **Κλωστοϋφαντουργών Μηχανικών Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ., πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών

Ημερομηνία

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο Δρα Α. Α. Τσουτσαίο, Πανεπιστημιακό Υπότροφο του Τμήματος Κλωστοϋφαντουργών Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ., για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την υπομονή και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Εξίσου σημαντική υπήρξε η συμβολή του ιατρού μου κ. Β. Λιαράκου, διπλωματούχου της Ευρωπαϊκής Ακαδημίας Οφθαλμολογίας (F.E.B.O.) και επιμελητή στο Κέντρο Μεταμοσχεύσεων Κερατοειδούς NIIOS στο Rotterdam της Ολλανδίας, ο οποίος μου προσέφερε απλόχερα αποσαφηνίσεις πάνω σε δυσνόητες ιατρικές έννοιες.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο του ακαδημαϊκού προσωπικού του Τμήματος Κλωστοϋφαντουργών Τ.Ε. του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ., για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν και τον καθοριστικό ρόλο που διεδραμάτισαν στην περάτωση των σπουδών μου.

Τέλος, δε θα μπορούσα να παραλείψω την οικογένειά μου, την οποία ευχαριστώ πολύ για όλη τη στήριξη που μου παρείχε καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ελευθερία-Αγάπη Στασινούλα

Πειραιάς, Ιούνιος 2016

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η τεκμηρίωση της υποκειμενικότητας της χρωματικής αντίληψης, η αναγνώριση και η ανάλυση των διαταραχών αυτής και, ιδιαίτερα, της δυστροφίας κωνίων. Για να επιτευχθεί αυτό μελετήθηκε διεξοδικά η ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία, ιατρικά περιοδικά και το διαδίκτυο.

Το κυριότερο σημείο της πτυχιακής εργασίας είναι η κατανόηση του ρόλου των οφθαλμών και του εγκεφάλου στη σύνθεση της όρασης και οι δυσκολίες που παρουσιάζονται όταν τα δύο αυτά στοιχεία δε λειτουργούν ως είναι αναμενόμενο και προσδοκώμενο.

Συμπερασματικά, η εργασία αυτή συμβάλλει στην κατανόηση των δυσλειτουργιών της όρασης και την κοινωνική ευαισθητοποίηση απέναντι στα άτομα που αντιμετωπίζουν αυτήν την καθημερινότητα, και ίσως, μελλοντικά, στην παραγωγή εξεζητημένου βοηθητικού εξοπλισμού.

Abstract

The purpose of this work was the documentation of the subjectivity of color perception, the recognition and analysis of its disorders, particularly the one of cone dystrophy. To achieve this, the Greek and foreign-language bibliography, medical journals and the internet were thoroughly studied.

The main point of the thesis is to highlight the role of both the eyes and the brain to the visual composition and the difficulties that occur when these two elements do not function as it is expected and anticipated.

In conclusion, this essay contributes to the understanding of visual dysfunctions and the raise of social awareness towards people facing this everyday life, and perhaps, in the future, the production of sophisticated and helpful equipment.

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 1 – Γενικές Έννοιες	2
Το Φως.....	2
Το Χρώμα	3
Η Αντίληψη των Χρωμάτων.....	5
Κεφάλαιο 2 – Το Μάτι και η Ανθρώπινη Όραση	10
Το Μάτι	10
Αγγειακό Δίκτυο του Ματιού.....	17
Νεύρωση του Ματιού	19
Οπτική Οδός.....	19
Περιορισμοί της Όρασης.....	22
Κεφάλαιο 3 – Διαταραχές Χρωματικής Αντίληψης και Χρωματικές Οφθαλμαπάτες	26
Πρότυπος Παρατηρητής.....	26
Διαταραχές Χρωματικής Αντίληψης	27
Οφθαλμαπάτες	32
Χρωματικές Οφθαλμαπάτες	33
Οφθαλμαπάτες στην Κλωστοϋφαντουργία.....	36
Κεφάλαιο 4 – Η Δυστροφία των Κωνίων	41
Ορισμός και Δομή Φωτοϋποδοχέων	41
Ορισμός Δυστροφίας Κωνίων	43
Επιδημιολογία	44
Συμπτωματολογία	44
Αιτιολογία - Γενετικό Υπόβαθρο	45
Κληρονομικότητα.....	46
Κληρονομικότητα της Προοδευτικής Δυστροφίας των Κωνίων	47
Διάγνωση.....	50
Υποκειμενικές Εξεταστικές Μέθοδοι	51
Αντικειμενικές Εξεταστικές Μέθοδοι	54
Θεραπεία.....	61
Κεφάλαιο 5 – Συζήτηση και Συμπεράσματα	Error! Bookmark not defined.
Ψυχολογία του Χρώματος.....	63

Εφαρμογές στην Αγορά	63
Ηθικά Ζητήματα	64
Συμπεράσματα.....	65
Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	66
Βιβλιογραφία	67

Εισαγωγή

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος αποτελεί μια προσωπική πρόκληση, ώστε να γίνει ευρέως κατανοητή η πολυπλοκότητα και η υποκειμενικότητα στην αντίληψη των χρωμάτων. Το κίνητρο για την εκπόνηση της εργασίας ήταν η διάγνωσή μου με δυστροφία κωνίων στην ηλικία των 15 ετών και οι συνέπειες που αυτή επέφερε.

Στον τομέα της Κλωστοϋφαντουργίας το χρώμα χρησιμοποιείται κατά την αναπαραγωγή αποχρώσεων και παραμένει ζωτικής σημασίας ως και το στάδιο του ελέγχου ποιότητας, αλλά και στην ανάδειξη των χρωμάτων στα σημεία πώλησης μέσω ειδικών συνδυασμών και φωτισμών. Άλλωστε, η αξία του χρώματος και η ανάγκη αντικειμενικότητας αυτού κατέστησε απαραίτητη τη δημιουργία της επιστήμης της χρωματομετρίας που έχει τις βάσεις της στην Κλωστοϋφαντουργία και, στη συνέχεια, επεκτάθηκε στους ευρύτερους τομείς με τους οποίους ασχολείται σήμερα.

Διαπιστώνοντας πως η χρωματική αντίληψη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα του ανθρώπου και γνωρίζοντας πως ο τομέας της Κλωστοϋφαντουργίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το χρώμα, στόχος της εργασίας είναι η απόδειξη της υποκειμενικότητας του χρώματος και η ευκολία παραπλάνησης τόσο της φυσιολογικής, όσο και της παθολογικής χρωματικής αντίληψης.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τις διαταραχές της ανθρώπινης χρωματικής αντίληψης και εστιάζει σε μία από αυτές, τη *δυστροφία κωνίων*. Αρχικά, παρουσιάζονται οι έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια, όπως του φωτός, του χρώματος και της χρωματομετρίας. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφονται η ανατομία και φυσιολογία του οφθαλμού, καθώς και η λειτουργία της ανθρώπινης όρασης. Ακολούθως, παρουσιάζονται συνοπτικά οι ποικίλες μορφές δυσχρωματοψίας, ο ρόλος του εγκεφάλου στην αντίληψη των χρωμάτων και, τελικά, η υποκειμενικότητα της ερμηνείας αυτών.

Καταλήγοντας, η εργασία εμβαθύνει στη δυστροφία των κωνίων και ολοκληρώνεται με την παράθεση συμπερασμάτων.

Κεφάλαιο 1 – Γενικές Έννοιες

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί μία παρουσίαση γενικευμένων όρων, όπως το φως, το χρώμα και η χρωματική αντίληψη, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν κατά την πορεία της εργασίας.

Το Φως

Το φως έχει δυϊκή φύση και συμπεριφέρεται άλλες φορές ως **σωματίδιο** και άλλες ως **κύμα**. Τα πρωτόνια και ηλεκτρόνια, που τα θεωρούμε σωματίδια, σε ορισμένες περιπτώσεις συμπεριφέρονται ως κύματα (υλικά κύματα). Μία πλήρης θεωρία που συμπεριλαμβάνει και τα δύο αυτά είδη συμπεριφοράς και αναπτύχθηκε τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες ονομάζεται *κβαντική ηλεκτροδυναμική*. Σύμφωνα με αυτήν, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, παράλληλα με την κυματική της φύση, έχει ιδιότητες που μοιάζουν με εκείνες των σωματιδίων. Ειδικότερα η ενέργεια σ' ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πάντοτε εκπέμπεται και απορροφάται κατά πακέτα, που ονομάζονται φωτόνια ή κβάντα, με ενέργεια ανάλογη της συχνότητας της ακτινοβολίας.¹

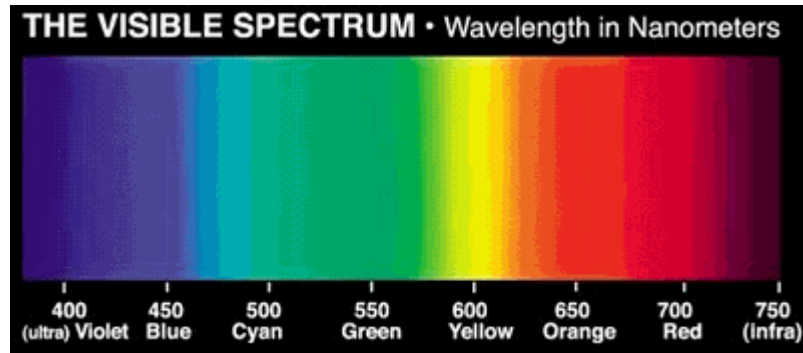
Γενικά, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει:

- ραδιοκύματα
- μικροκύματα
- υπέρυθρη ακτινοβολία
- ορατή ακτινοβολία
- υπεριώδης ακτινοβολία
- ακτίνες Χ
- ακτίνες γ
- κοσμική ακτινοβολία

Επομένως, το φως αποτελεί ένα μέρος του ευρύτερου φάσματος ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών που αρχίζει από τα χαμηλής συχνότητας

ραδιοκύματα, με μήκος κύματος της τάξεως των 10^5 m και φτάνει μέχρι την κοσμική ακτινοβολία, με μήκος κύματος της τάξεως των 10^{-17} m. Η περιοχή του ορατού φάσματος είναι από 400 έως 700 nm.²

Ο Newton το 1720 έδειξε για πρώτη φορά ότι το λευκό φως μπορεί να χωριστεί μέσω πρίσματος σε μία σειρά μονοχρωματικών ακτινοβολιών, τα γνωστά χρώματα της ίριδας (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1. Το φάσμα του φωτός.

Πηγή: <http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>

Το Χρώμα

Το χρώμα συνδέεται με την ικανότητα αντίληψης των ακτινοβολιών του ορατού φάσματος από τον οφθαλμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αντίληψη των χρωμάτων παραμένει υποκειμενική, καθώς η όραση δεν ολοκληρώνεται στον οπτικό φλοιό με την απλή υποδοχή των οπτικών ερεθισμάτων, αλλά αποτελεί πολύπλοκη διεργασία στην οποία συμμετέχουν και άλλες αισθητηριακές περιοχές του εγκεφάλου.^{3α}

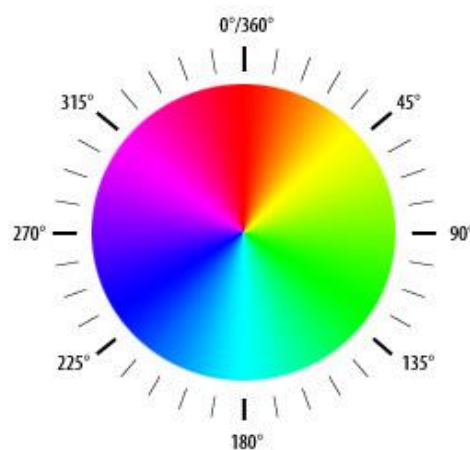
Άλλωστε, αυτό οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας του κλάδου της χρωματομετρίας, η οποία ασχολείται με:

- την ανθρώπινη όραση
- τα έγχρωμα αντικείμενα και τις φωτεινές πηγές
- την αριθμητική περιγραφή των φαινομένων που σχετίζονται με το χρώμα
- τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του χρώματος

- ο την αναπαραγωγή συγκεκριμένων αποχρώσεων, χρησιμοποιώντας μαθηματικές εξισώσεις που συσχετίζουν τα αριθμητικά μεγέθη, τα οποία περιγράφουν το χρώμα.

Προκειμένου να επιτευχθεί η ταξινόμηση των χρωμάτων, αξιολογούνται οι εξής τρεις παράμετροι:

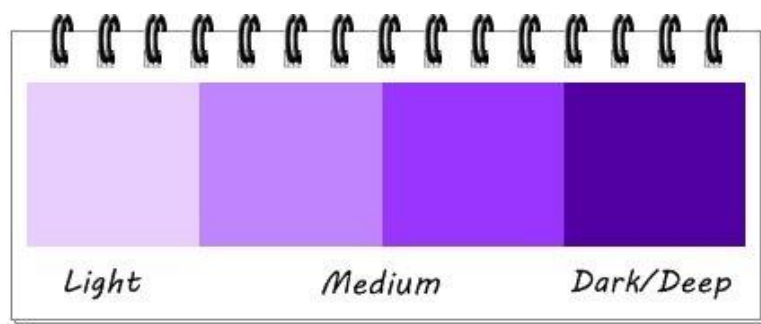
i. **Η απόχρωση:** σχετίζεται με το κύριο μήκος κύματος του ορατού φάσματος, που προκαλεί την αίσθηση του συγκεκριμένου χρώματος (π.χ. ερυθρό, κίτρινο, κυανό κλπ).



Εικόνα 1.2. Ο κύκλος απόχρωσης.

Πηγή: <http://www.academictutorials.com/graphics/graphics-the-hsl-color-model.asp>

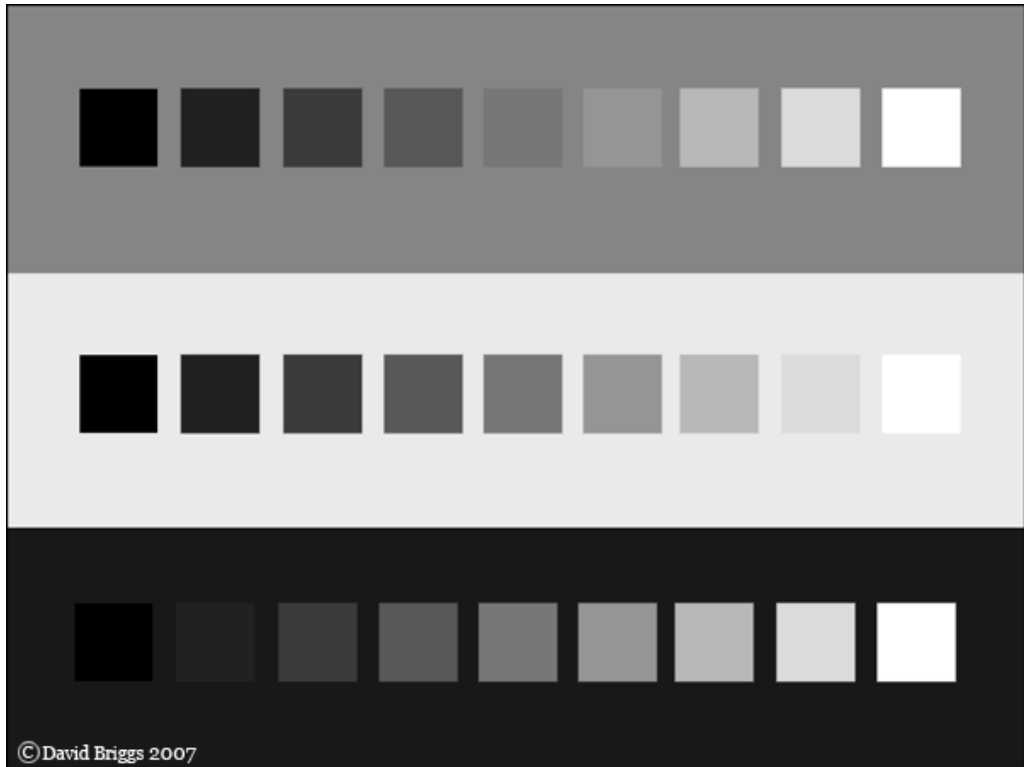
ii. **Το βάθος:** καθορίζει πόσο απέχει ο χρωματικός χαρακτήρας του έγχρωμου αντικειμένου από το λευκό, που παρατηρείται κάτω από ίδιες συνθήκες.



Εικόνα 1.3. Βάθος απόχρωσης.

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Color_depth

iii. Η **φωτεινότητα**: είναι το ποσοστό του φωτός που ανακλά ένα αντικείμενο, αν αυτό παρατηρηθεί σε διαβαθμίσεις του γκριζου.^{4α}



Εικόνα 1.4. Απεικόνιση της φωτεινότητας.

Πηγή: <http://art.nmu.edu/groups/cognates/wiki/71a63/Brightness.html>

Η Αντίληψη των Χρωμάτων

Η αντίληψη των χρωμάτων σχετίζεται με την αλληλεπίδραση τριών παραγόντων:

- ο τη **φωτεινή πηγή** που παράγει φωτεινή ενέργεια.
- ο το **έγχρωμο αντικείμενο**, το οποίο απορροφά μέρος της ενέργειας της ακτινοβολίας, που παράγει η φωτεινή πηγή, και ανακλά ένα άλλο μέρος της.
- ο τον **παρατηρητή** που δέχεται την ανακλώμενη ακτινοβολία από το έγχρωμο αντικείμενο, μέσω των οφθαλμών.

Η χρωματική αντίληψη πραγματοποιείται μόνο με τα **κωνία** (υποδοχείς του φωτός στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, οι νευράξονες των οποίων σχηματίζουν τις

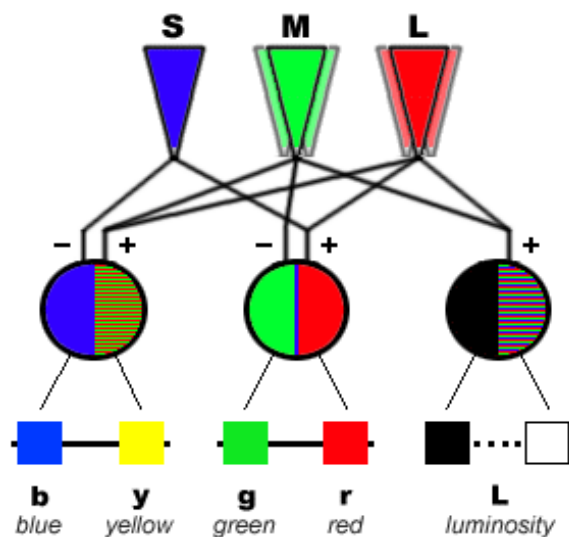
ίνες του οπτικού νεύρου)⁵ και εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτά. Η χρωματική αίσθηση είναι αποτέλεσμα αισθητηριακής επεξεργασίας του ερεθίσματος.

Για την εξήγηση του μηχανισμού αυτού έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες. Οι επικρατέστερες είναι:

1. Η **τριχρωματική θεωρία του Young**, σύμφωνα με την οποία υπάρχουν:
 - τα *ερυθρά κωνία (l-cones)*, ευαίσθητα σε μεγάλα μήκη κύματος (μέχρι 536 nm) και υπεύθυνα για την αντίληψη του ερυθρού
 - τα *πράσινα κωνία (m-cones)*, ευαίσθητα σε μεσαία μήκη κύματος (535 nm) και υπεύθυνα για την αντίληψη του πράσινου
 - τα *κυανά κωνία (s-cones)*, ευαίσθητα σε μικρά μήκη κύματος (420 nm) και υπεύθυνα για την αντίληψη του κυανού.
2. Η **θεωρία των αντίθετων ζευγών του Hering**, σύμφωνα με την οποία υπάρχουν τρεις μηχανισμοί για έξι βασικά χρώματα που λειτουργούν σε ζεύγη:
 - ερυθρό – πράσινο
 - κυανό – κίτρινο
 - λευκό – μαύρο.

Η θεωρία στηρίζεται στο γεγονός ότι για κάθε μηχανισμό, η ύπαρξη μίας χημικής ουσίας σηματοδοτεί ένα χρώμα (ερυθρό), ενώ η απουσία της ίδιας ουσίας σηματοδοτεί το “αντίθετο” χρώμα (πράσινο).

Ο συνδυασμός και των δύο θεωριών τεκμηριώθηκε από τον Müller το 1930 κι έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητος για την εξήγηση της αντίληψης των χρωμάτων.³⁵



Εικόνα 1.5 Συνδυασμός των δύο θεωριών για την αντίληψη των χρωμάτων.

Πηγή: <http://www.handprint.com/HPWCL/color2.htm>

Η αποδοχή, επομένως, των δύο θεωριών οδηγεί στην διαμόρφωση μίας κοινής θεωρίας για τη φυσιολογία της χρωματικής αντίληψης. Σύμφωνα με αυτήν, η ακτινοβολία του ορατού φάσματος του φωτός (400–700nm) απορροφάται από τις οπτικές χρωστικές των έξω τμημάτων των κωνίων. Κάθε κωνίο περιέχει έναν από τους τρεις υπάρχοντες τύπους της *φωτοευαίσθητης χρωστικής* που απορροφά συγκεκριμένο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και έτσι προκύπτουν τα τρία είδη κωνίων που είναι ευαίσθητα αντίστοιχα στο κυανό, το πράσινο και το ερυθρό τμήμα του φάσματος. Στη συνέχεια των νευροφυσιολογικών διεργασιών που οδηγούν στη χρωματική αντίληψη, ο οπτικός φλοιός δέχεται τα μηνύματα που αποστέλλονται από τα κωνία και αναγνωρίζει τα αλληλοδιάδοχα δυναμικά ενέργειας που υπακούουν στο νόμο «όλον ή ουδέν».

Για τη μελέτη της αντίληψης των χρωμάτων έχει προταθεί ένα νευροφυσιολογικό μοντέλο που βασίζεται στην υπόθεση ότι τα βασικά τμήματα της οπτικής οδού δηλαδή ο αμφιβληστροειδής, μεσεγκέφαλος και ο οπτικός φλοιός, είναι οργανωμένα σε λειτουργικές μονάδες οι οποίες καλούνται δεκτικά πεδία (receptive fields). Το κάθε δεκτικό πεδίο αποτελείται από ένα σύνολο νευρώνων, που έχει ως αποστολή την αντίληψη των μεταβολών της μορφολογίας ενός ερεθίσματος. Υπάρχουν δεκτικά πεδία που αποσκοπούν στην αντίληψη των μεταβολών της φωτεινότητας, του σχήματος, της κίνησης και του χρώματος. Τα πεδία συνήθως αποτελούνται από περιοχές διέγερσης και καταστολής σε τέτοια διάταξη μεταξύ τους, ώστε η μία περιοχή να περιβάλλει συγκεντρικά την άλλη. Τα

δεκτικά πεδία της χρωματικής αντίληψης έχουν παρόμοια οργάνωση, εκτός από το γεγονός ότι η περιοχή διέγερσης και η περιοχή καταστολής τους ενεργοποιούνται σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, δημιουργώντας αυτό που ονομάζεται μονάδα του ζεύγους αντίθετων χρωμάτων. Επομένως, ένα φλοιώδες κύτταρο με κεντρική διέγερση από ερυθρό χρώμα και περιφερική καταστολή από πράσινο χρώμα, ερεθίζεται όταν ερυθρό φως προσπίπτει στο κέντρο του αντίστοιχου αμφιβληστροειδικού πεδίου και καταστέλλεται όταν πράσινο φως προσπίπτει στην περιβάλλουσα περιοχή του πεδίου αυτού. Με τον τρόπο αυτό, ακόμα και πολύ μικρές μεταβολές από μήκος κύματος μεταφράζονται σε αύξηση ή μείωση του αποστελλόμενου χρωματικού μηνύματος.

Κάθε χρωστική των κωνίων απορροφά ακτινοβολία ευρέος φάσματος, μολονότι κάθε μήκος κύματος δεν απορροφάται εξίσου. Παραδείγματος χάριν, η χρωστική, ευαίσθητη στο ερυθρό, απορροφά μεγαλύτερες ποσότητες ερυθράς ακτινοβολίας και μικρότερες ποσότητες από άλλη περιοχή του φωτεινού φάσματος. Εάν το ευαίσθητο στο ερυθρό χρώμα κωνίο συνδεόταν απευθείας με ένα γαγγλιακό κύτταρο και ερεθιζόταν με οποιοδήποτε μήκος κύματος, θα ήταν δυνατόν ρυθμίζοντας την ένταση οποιουδήποτε μήκους κύματος να προκληθεί η ίδια συχνότητα αποστολής μηνυμάτων. Για να μπορεί, λοιπόν, ένα γαγγλιακό κύτταρο να ξεχωρίζει ερεθίσματα διαφορετικής έντασης και μήκους κύματος, δέχεται μήνυμα που προέρχεται από δύο κωνία με διαφορετική χρωστική.

Δεδομένου ότι τα ραβδία περιέχουν την οπτική χρωστική *ροδοψίνη* (η οποία απορροφά κυρίως μήκη κύματος στην κυανή-πράσινη περιοχή του ορατού φάσματος) τίθεται η ερώτηση εάν σε συνδυασμό με τον ερεθισμό των κωνίων, συνεισφέρουν και αυτά στη χρωματική αντίληψη. Έχει αποδειχθεί ότι η δραστηριότητα των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς υπό φωτοπικές συνθήκες καθορίζεται από τα κωνία, ενώ υπό σκοτοπικές συνθήκες από τα ραβδία. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι τα ραβδία μάλλον δε συμμετέχουν στη διαδικασία της χρωματικής αντίληψης.^{6α}

Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι τα φυσικά ερεθίσματα που γενικά αποτελούν το λεγόμενο «ορατό φως» προκαλούν διαφορετικές απαντήσεις. Οι απαντήσεις, χαρακτηριστικές για κάθε ερέθισμα, λαμβάνουν διάφορα ονόματα αποδεκτά από τους περισσότερους μελετητές. Ο Πίνακας 1.1 συσχετίζει το

ερέθισμα με τις ποικίλες εκφράσεις των απαντήσεων, όσον αφορά στην αντίληψη των χρωμάτων.

Πίνακας 1.1. Ερέθισμα και εκφράσεις των απαντήσεων, όσον αφορά την χρωματική αντίληψη.

Πηγή: American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και υαλοειδές σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης; 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και ψυχοφυσική χρωματική αντίληψη; σελ. 138.

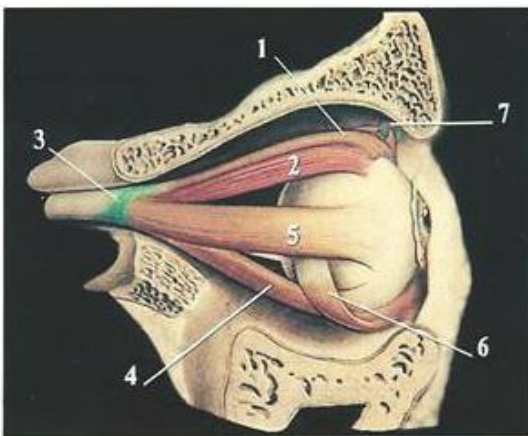
Ερέθισμα	Χαρακτηριστικά
Μήκος κύματος	Απόχρωση ή χρώμα
Ροή φωτεινών ακτίνων (κβάντα ανά μονάδα επιφανείας της φωτεινής πηγής στη μονάδα του χρόνου)	Ένταση, λαμπρότητα, φωτεινότητα
Κορεσμός	Βάθος χρώματος (π.χ. βαθύ ή ανοιχτό κυανό)

Κεφάλαιο 2 – Το Μάτι και η Ανθρώπινη Όραση

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του ματιού. Θα αναλυθεί ο οφθαλμικός κόγχος και ο οφθαλμικός βολβός. Θα γίνει περιγραφή των μυών, των αγγείων καθώς και της νεύρωσης του ματιού. Το σύνολο των παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα τη λειτουργία της όρασης.

Το Μάτι

Κάθε μάτι βρίσκεται μέσα στον αντίστοιχο οφθαλμικό κόγχο, από τον οποίο προστατεύεται από πάνω, πίσω και πλάγια. Ο οφθαλμικός κόγχος αποτελεί οστεΐνη κοιλότητα του σπλαχνικού κρανίου, σχήματος πυραμίδας με την κορυφή προς τα πίσω, έσω και άνω (Εικόνα 2.1). Την οπισθοβολβική μοίρα του κόγχου διατρέχει η κογχική μοίρα του οπτικού νεύρου, η οποία μέσω του οπτικού τρήματος εισέρχεται στην κρανιακή κοιλότητα. Μέσα στον κόγχο υπάρχουν και επικουρικά στοιχεία του ματιού όπως ο δακρυϊκός αδένας, οι οφθαλμικοί μύες, το οπισθοβολβικό λίπος, αγγεία και νεύρα.^{3β}



Εικόνα 2.1. Οφθαλμικός κόγχος.

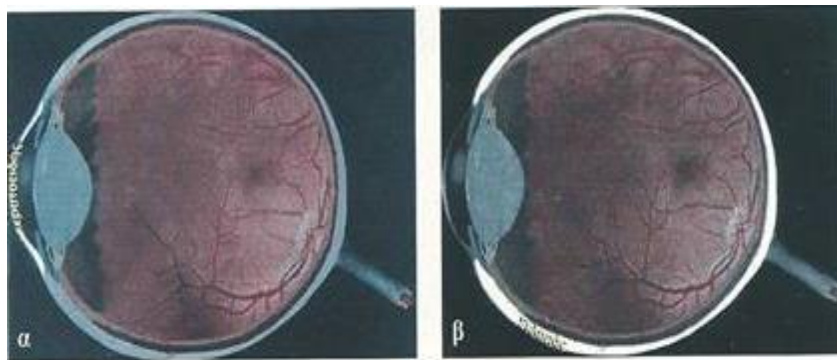
1. Ανεκκτήρας μυς άνω βλεφάρου
2. Άνω ορθός μυς
3. Δακτύλιος του Zinn
4. Κάτω ορθός μυς
5. Έξω ορθός μυς
6. Κάτω λοξός μυς
7. Τροχαλία άνω λοξού μυός (Sole)

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 2.

Προς τα εμπρός ο βολβός καλύπτεται από τα βλέφαρα, άνω και κάτω. Αυτά αποτελούν δερματομυώδη πέταλα, τα οποία κινούνται αυτόματα ή κατά βούληση. Τα βλέφαρα έχουν μεγάλη σημασία για τη φυσιολογική κατάσταση του βολβού και παθήσεις αυτών οδηγούν σε καταστρεπτικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα στον κερατοειδή χιτώνα.

Ο **οφθαλμικός βολβός** αποτελεί κοιλότητα σφαιροειδούς σχήματος και διαμέτρου 24 mm. Το τοίχωμά του αποτελείται από τρεις χιτώνες, τον ινώδη, τον αγγειώδη και τον αμφιβληστροειδή.

Ο **ινώδης χιτώνας** προς τα εμπρός είναι διαφανής και ονομάζεται κερατοειδής, ενώ προς τα πίσω είναι αδιαφανής και λέγεται σκληρός χιτώνας (Εικόνα 2.2). Ο κερατοειδής χιτώνας έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού αποτελεί το «τζάμι» του ματιού και κάθε βλάβη του έχει ως αποτέλεσμα την θόλωση της όρασης. Ο βαθμός κύρτωσης του κερατοειδούς ποικίλλει σε διαφορετικά άτομα και είναι μεγαλύτερος σε νεαρή, παρά σε προχωρημένη ηλικία.³⁹ Ο ινώδης χιτώνας προς τον πίσω πόλο φέρει τρήμα, το σκληραίο τρήμα, μέσω του οποίου διέρχεται το οπτικό νεύρο, η κεντρική αρτηρία και η κεντρική φλέβα του αμφιβληστροειδούς.



Εικόνα 2.2. Ινώδης χιτώνας: α)Κερατοειδής, β)Σκληρός χιτώνας (λευκό χρώμα).

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 3.

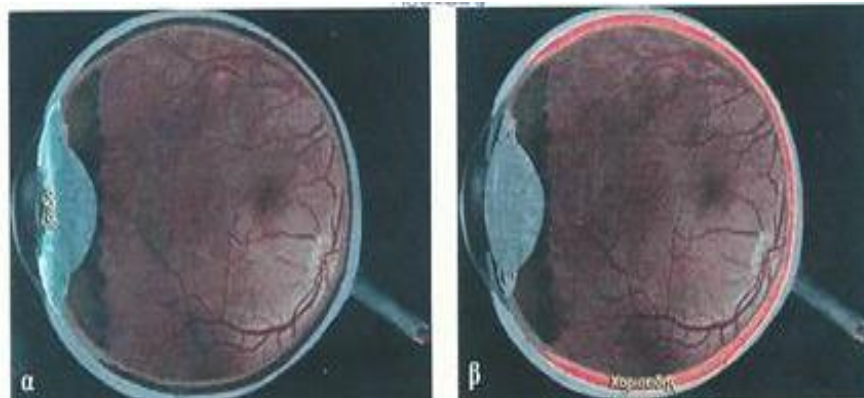
Ο αγγειώδης χιτώνας αποτελείται από την ίριδα, το ακτινωτό σώμα και τον χοριοειδή χιτώνα (Εικόνα 2.3).

Η **ίριδα** αποτελεί χώρισμα του εμπρός από τον οπίσθιο θάλαμο του ματιού και στο κέντρο αυτής υπάρχει μία οπή, η κόρη. Η κόρη της ίριδας έχει διάμετρο που μεταβάλλεται αντανακλαστικά, ανάλογα με το φωτισμό του περιβάλλοντος. Το

χρώμα των ματιών εξαρτάται από το ποσό και την κατανομή των χρωστικοφόρων κυττάρων (κυττάρων που περιέχουν χρωστική) στην ίριδα. Η κόρη εμφανίζεται μαύρη, επειδή όταν την κοιτάμε, βλέπουμε ουσιαστικά μέσω της κόρης στην οπίσθια επιφάνεια του ματιού το βυθό του οφθαλμού, που είναι μελανόφαιης ως μελανής χροιάς. Στα άτομα με γαλάζια μάτια, η χρωστική περιορίζεται στην οπίσθια επιφάνεια της ίριδας, ενώ στα άτομα που έχουν σκοτεινά καστανά μάτια η χρωστική διανέμεται σε όλο το πάχος του χαλαρού συνδετικού ιστού της ίριδας.^{7α}

Η μελέτη των αντανακλαστικών της κόρης έχει μεγάλη σημασία στην κλινική μελέτη οφθαλμικών και νευροοφθαλμικών παθήσεων.

Το ακτινωτό σώμα, σε μία κάθετη διατομή έχει σχήμα τριγωνικό. Οι ακτινοειδείς προβολές, που αποτελούν μέρος του ακτινωτού σώματος, περιβάλλουν περιφερικά το φακό και σχηματίζουν τον ακτινωτό κύκλο. Από την περιοχή αυτή ξεκινούν οι ίνες της ζιννείου ζώνης, οι οποίες καταλήγουν στην περιφέρεια του φακού.



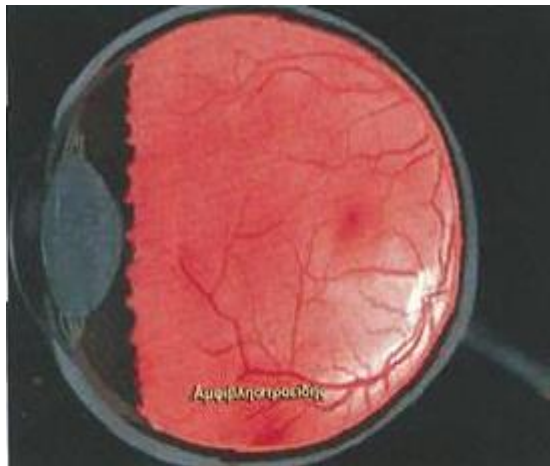
Εικόνα 2.3. Αγγειώδης χιτώνας: α) Ίριδα (μπλε χρώμα), β) Χοριοειδής χιτώνας (κόκκινο χρώμα).

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 3.

Το **ακτινωτό σώμα** έχει μεγάλη σημασία στη διατήρηση της υπόστασης και της καλής λειτουργίας του οφθαλμικού βολβού. Παράγει το υδατοειδές υγρό και βλάβη του μπορεί να προκαλέσει ακόμα και φθίση του βολβού. Η συμμετοχή, εξάλλου, του ακτινωτού μύος στη διαδικασία της προσαρμογής στην κοντινή όραση είναι πρωτεύουσα.

Ο **χοριοειδής χιτώνας** αποτελεί τον αγγειοβριθέστερο χιτώνα του ματιού και αιματώνει τις έξω στιβάδες του αμφιβληστροειδούς. Μεταξύ των δύο χιτώνων υπάρχει η υαλοειδής μεμβράνη ή μεμβράνη του Bruch.

Ο **αμφιβληστροειδής χιτώνας** αποτελεί τον αισθητηριακό χιτώνα του ματιού, διότι αυτός διαθέτει τους φωτοϋποδοχείς. Διακρίνονται ο οπτικός αμφιβληστροειδής, που βρίσκεται πίσω από την προιονωτή περιφέρεια και ο τυφλός αμφιβληστροειδής που επικαλύπτει την έσω επιφάνεια του ακτινωτού σώματος και την πίσω επιφάνεια της ίριδας (*Εικόνα 2.4*). Στον οπτικό αμφιβληστροειδή βρίσκονται οι φωτοϋποδοχείς που έρχονται σε πρώτη επαφή με το φωτεινό ερέθισμα. Ο τυφλός αμφιβληστροειδής στερείται φωτοϋποδοχέων και αποτελείται από δίστιβο επιθήλιο.



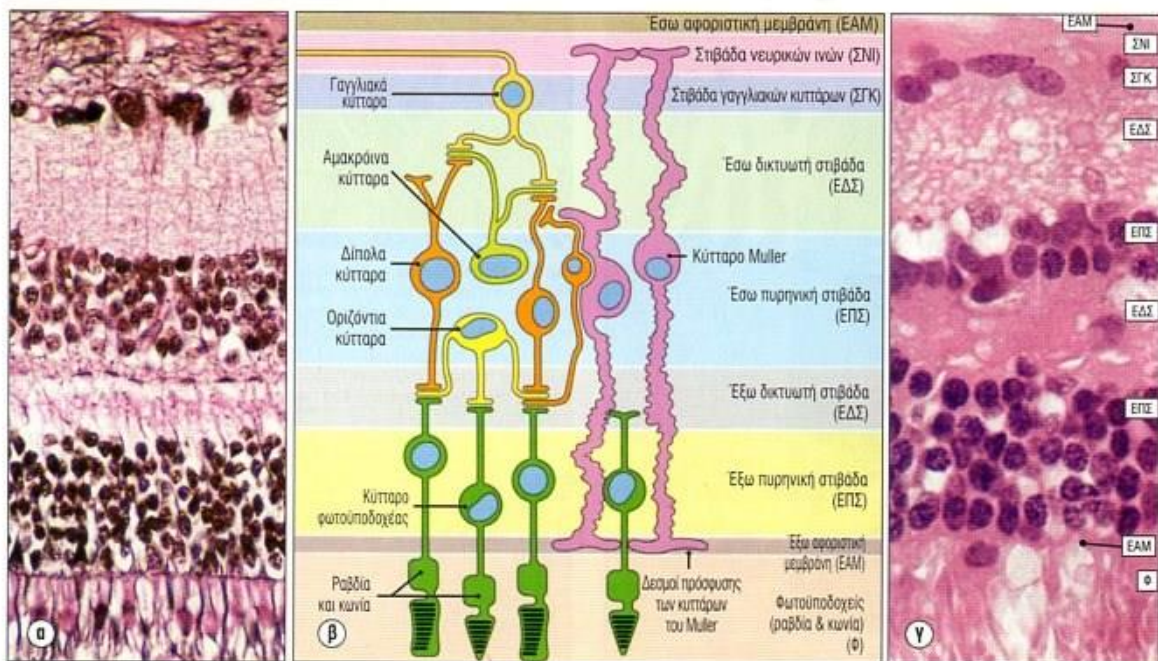
Εικόνα 2.4. Αμφιβληστροειδής χιτώνας.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 4.

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας αποτελείται από το μελάγχρουν επιθήλιο προς τα έξω και τον ιδίως αμφιβληστροειδή προς τα μέσα, προς το υαλοειδές. Ακόμη, αποτελείται από πολλαπλές στιβάδες, καθεμία από τις οποίες παίζει το ρόλο της στη μεταβίβαση του φωτεινού ερεθίσματος. Οι κυριότερες από αυτές είναι η στιβάδα των κωνίων και ραβδίων, η στιβάδα των διπόλων κυττάρων και η στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων, από όπου ξεκινούν οι οπτικές ίνες του αμφιβληστροειδούς (*Εικόνα 2.5*).

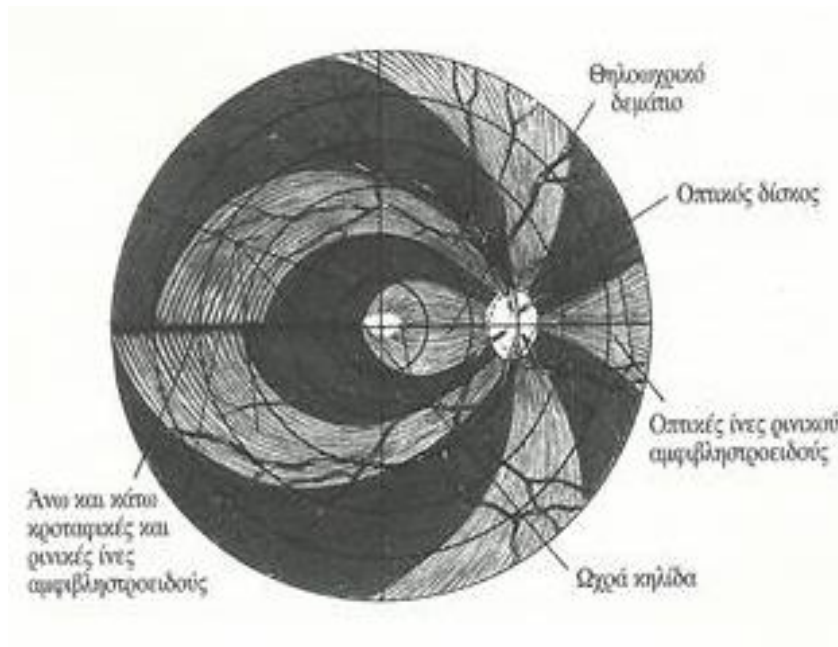
Οι οπτικές ίνες κατά την ενδοαμφιβληστροειδική τους πορεία συρρέουν προς τον οπίσθιο πόλο και σχηματίζουν την κεφαλή του οπτικού νεύρου. Η περιοχή αυτή αποτελεί την οπτική θηλή ή οπτικό δίσκο (Εικόνα 2.6). Στη συνέχεια, το οπτικό νεύρο διαπερνά το σκληρό χιτώνα μέσω του ηθμοειδούς πετάλου και εισέρχεται στον οφθαλμικό κόγχο.

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας πλην των έξω στιβάδων αυτού, αιματώνεται από την κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδούς, κλάδο της οφθαλμικής αρτηρίας, που προέρχεται από την έσω καρωτίδα, με αποτέλεσμα να δικαιολογεί την επίδραση που έχουν διαταραχές της κυκλοφορίας της έσω καρωτίδας στο χιτώνα αυτό και την όραση.^{3δ}



Εικόνα 2.5. Αμφιβληστροειδής: α) Μικροφωτογραφία αμφιβληστροειδούς με χρώση αργύρου, που δείχνει τις εννέα στιβάδες που τον αποτελούν, β) Σχηματική απεικόνιση του αμφιβληστροειδούς, που δείχνει τις εννέα στιβάδες (Craig), γ) Μικροφωτογραφία αμφιβληστροειδούς με χρώση A&H.

Πηγή: Moore K. Κλινική Ανατομία (Θ. Δημητρίου, επιμέλεια). 3η έκδοση. Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης; 2005. Κεφάλαιο 7, Κεφαλή; σελ. 791.

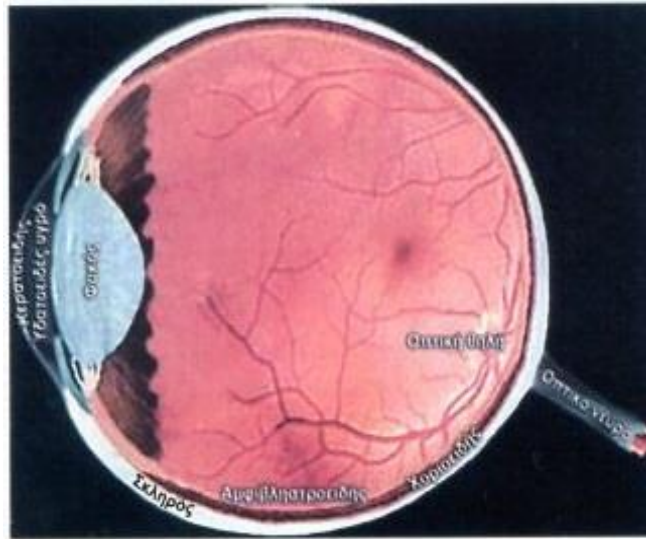


Εικόνα 2.6. Ενδοαμφιβληστροειδική πορεία οπτικών ινών (Craig).

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 5.

Στην πορεία τους προς τον αμφιβληστροειδή, τα φωτεινά κύματα περνούν μέσα από ανατομικές δομές με διαφορετικές πυκνότητες: τον κερατοειδή χιτώνα, το φακό, το υαλώδες σώμα και το υδατοειδές υγρό.

Ο **φακός** του ματιού είναι διαφανής, αμφίκυρτος και εύπλαστος. Σκοπός του είναι να συγκεντρώνει τις οπτικές ακτίνες στον αμφιβληστροειδή, ανεξάρτητα αν προέρχονται από ένα κοντινό ή μακρινό αντικείμενο. Η δυνατότητα αυτή προσαρμογής του φακού στην κοντινή όραση είναι αποτέλεσμα της ευπλαστότητας του και της ικανότητας που έχει να μεταβάλλει την ακτίνα καμπυλότητάς του (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7. Κρυσταλλοειδής φακός.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 6.

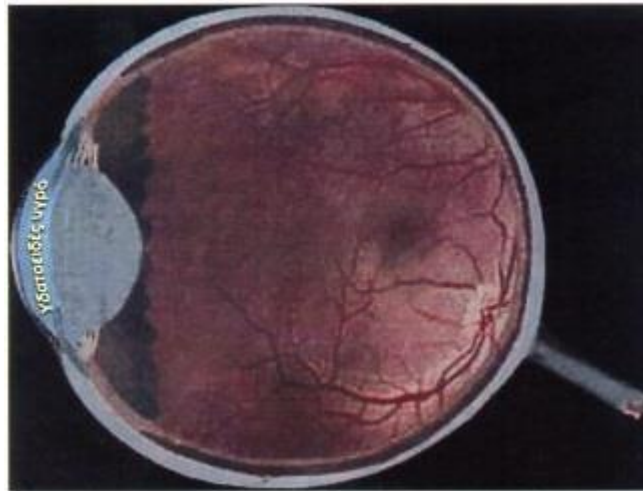
Το **υαλώδες σώμα** ή υαλοειδές αποτελεί μια πηκτώδη διάφανη μάζα που γεμίζει την κοιλότητα του ματιού πίσω από το φακό. Αποτελείται από δίκτυο κολλαγόνων ινών και τα διάκενά τους είναι γεμάτα από υαλουρονικό οξύ. Το υαλοειδές δίνει την υπόσταση στον οφθαλμικό βολβό και μέχρι προ ολίγων ετών η απώλεια έστω και μέρους του θεωρείτο πηγή κινδύνων. Τα τελευταία χρόνια επιβάλλεται σε ορισμένες περιπτώσεις η αφαίρεσή του και αντικατάστασή του από άλλες χημικές ουσίες.

Το **υδατοειδές υγρό** παράγεται από το ακτινωτό σώμα και γεμίζει το χώρο του ματιού που βρίσκεται μεταξύ του φακού και του κερατοειδούς. Βρίσκεται σε διαρκή κυκλοφορία. Διέρχεται μέσω της κόρης από τον οπίσθιο στον πρόσθιο θάλαμο, από όπου και απάγεται μέσω της γωνίας του πρόσθιου θαλάμου. Το υδατοειδές υγρό συμμετέχει στη διατροφή του φακού και του κερατοειδούς χιτώννα.

Ο **χώρος του ματιού**, που περιορίζεται μεταξύ του φακού και του κερατοειδούς, διακρίνεται σε πρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο.

Ο **πρόσθιος θάλαμος** ορίζεται από την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς προς τα εμπρός και την πρόσθια επιφάνεια της ίριδος προς τα πίσω. Εκεί που συναντώνται αυτές οι δύο επιφάνειες σχηματίζεται η γωνία του πρόσθιου θαλάμου.

Μέσω αυτής απάγεται το υδατοειδές υγρό, και βλάβες ή συγγενείς ανωμαλίες αυτής υποφέρουν σε μεγάλο βαθμό από αύξηση της ενδοφθάλμιας πίεσης (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8. Πρόσθιος θάλαμος.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 7.

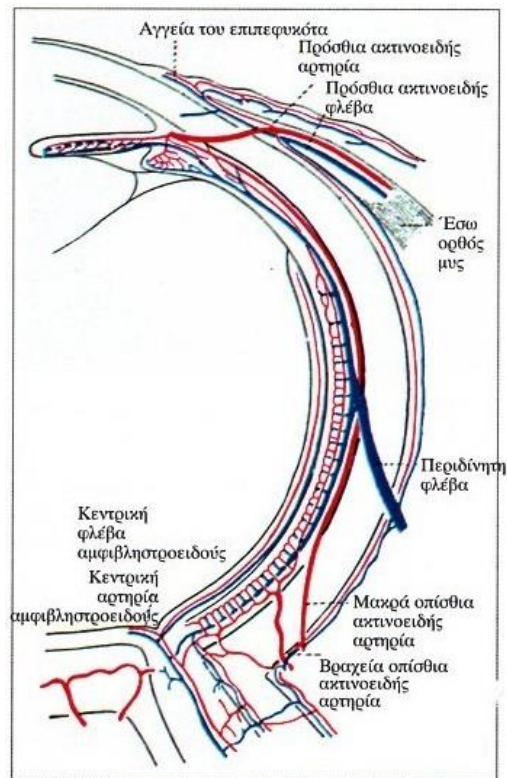
Ο οπίσθιος θάλαμος ορίζεται από την πρόσθια επιφάνεια του φακού, την οπίσθια επιφάνεια της ίριδας, το ακτινωτό σώμα και την ζιννείο ζώνη. Όπως και ο πρόσθιος θάλαμος, περιέχει υδατοειδές υγρό, που μέσω της κόρης περνά στον πρόσθιο θάλαμο.^{3ε}

Αγγειακό Δίκτυο του Ματιού

Το αρτηριακό δίκτυο του ματιού προέρχεται από την οφθαλμική αρτηρία, κλάδο της έσω καρωτίδας. Η φλεβική κυκλοφορία εξυπηρετείται κυρίως από την οφθαλμική φλέβα. Διακρίνονται *τρία βασικά αγγειακά πλέγματα*. Τα αγγεία του επιπεφυκότα, το αγγειακό πλέγμα του ραγοειδούς χιτώνα και τα αγγεία του αμφιβληστροειδούς.

Το αγγειακό πλέγμα του ραγοειδούς ή αγγειώδους χιτώνα αποτελείται από τα ακτινωτά αγγεία. Αυτά διακρίνονται σε πρόσθια και οπίσθια ακτινοειδή αρτηρίες και φλέβες. Οι πρόσθια ακτινοειδή αρτηρίες τροφοδοτούν το ακτινωτό σώμα και την ίριδα. Οι πρόσθια και οπίσθια (μακρές και βραχείες) ακτινοειδή αρτηρίες αναστομώνονται μεταξύ τους πολλαπλώς. Για το λόγο αυτό ο χοριοειδής

χιτώνας αποτελεί ένα από τους πλέον αγγειοβριθείς ιστούς του σώματος (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9. Αγγειακό δίκτυο χοριοειδούς χιτώνας. Διακρίνονται οι περιδίνητες φλέβες.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 8.

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι οι οπίσθιες ακτινοειδείς αρτηρίες συμμετέχουν στην αιμάτωση των έξω στιβάδων του αμφιβληστροειδούς. Επίσης, τα οπίσθια βραχέα ακτινοειδή αγγεία συμμετέχουν σε μεγάλο βαθμό στην αιμάτωση της κεφαλής του οπτικού νεύρου.

Τέλος, το αίμα απάγεται από το χοριοειδή με τις περιδίνητες φλέβες. Συνήθως είναι τέσσερις, μία για κάθε τεταρτημόριο.

Η αιμάτωση του αμφιβληστροειδούς είναι διπτή. Οι εξωτερικές στιβάδες τροφοδοτούνται από την *χοριοειδική κυκλοφορία*, ενώ οι εσωτερικές στιβάδες (στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων και οπτικών ινών) από την *κεντρική αρτηρία* του αμφιβληστροειδούς. Η αρτηρία αυτή πορεύεται μαζί με το οπτικό νεύρο μέσα στον κόγχο και σε απόσταση 6 mm περίπου από το βολβό εισχωρεί μέσα στο οπτικό νεύρο και αναδύεται από την οπτική θηλή. Στη συνέχεια, διακλαδίζεται σε

κλάδους και μικρότερα αγγεία. Είναι σημαντικό το ότι τα αγγεία του αμφιβληστροειδούς είναι τελικά και δεν αναστομώνονται μεταξύ τους. Σε περίπτωση απόφραξης, εμβολής ή θρόμβωσης, το μάτι οδηγείται σε πλήρη τύφλωση, σύστοιχα με τη βλάβη.^{7β}

Νεύρωση του Ματιού

Το μάτι δέχεται αισθητική, κινητική, συμπαθητική και παρασυμπαθητική νεύρωση. Το αισθητικό νεύρο του ματιού είναι το τρίδυμο. Ο πρώτος κλάδος του τριδύμου (οφθαλμικός) νευρώνει το δέρμα του άνω βλεφάρου. Ακόμη, δίνει αισθητικές ίνες στον κερατοειδή, την ίριδα και το ακτινωτό. Ο δεύτερος κλάδος του τριδύμου (υποκόγχιο νεύρο) νευρώνει το δέρμα του κάτω βλεφάρου.

Τα κινητικά νεύρα του ματιού νευρώνουν τους εξωφθάλμιους μύες. Συγκεκριμένα:

Το **κοινό κινητικό νεύρο** (III εγκεφαλική συζυγία) νευρώνει τον άνω ορθό, τον κάτω ορθό, τον έσω ορθό μυ, τον κάτω λοξό μυ και τον ανελκτήρα του άνω βλεφάρου.

Το **απαγωγό νεύρο** (VI εγκεφαλική συζυγία) νευρώνει τον έξω ορθό μυ.

Το **τροχλιακό νεύρο** (IV εγκεφαλική συζυγία) νευρώνει τον άνω λοξό μυ.

Το **προσωπικό νεύρο** (VII εγκεφαλική συζυγία) νευρώνει το σφικτήρα των βλεφάρων.

Οι **συμπαθητικές** ίνες προέρχονται από το αυχενοθωρακικό κέντρο του νωτιαίου μυελού και καταλήγουν στο οφθαλμικό γάγγλιο. Από εκεί ξεκινούν οι ίνες για το διαστολέα μυ της κόρης. Συμπαθητική νεύρωση δέχεται και ο μυς του Müller, ο οποίος βρίσκεται κάτω από τον ανελκτήρα μυ του άνω βλεφάρου.

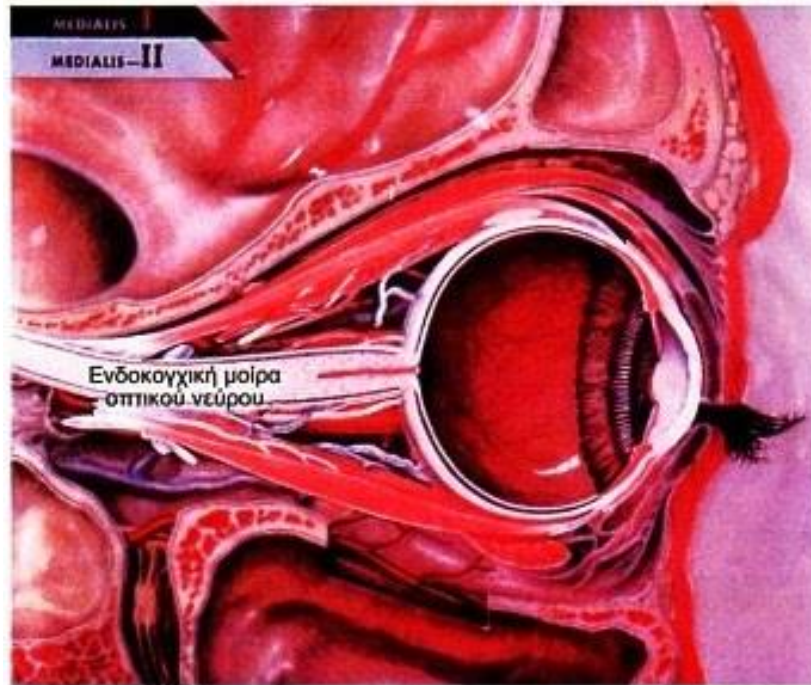
Οι **παρασυμπαθητικές** ίνες ξεκινούν από τον πυρήνα των Edinger Westphal και με το κοινό κινητικό νεύρο φθάνουν στο οφθαλμικό γάγγλιο. Από εκεί ξεκινούν μεταγαγγλιακές ίνες, οι οποίες ακολουθούν τα βραχέα ακτινοειδή νεύρα και καταλήγουν στο σφικτήρα της ίριδας.^{7γ}

Οπτική Οδός

Η όραση ολοκληρώνεται μέσα από πολύπλοκες διαδικασίες, στις οποίες ξεχωριστό ρόλο, όχι όμως και το μοναδικό, παίζει το μάτι. Στο μηχανισμό αυτό, τα

μάτια αποτελούν το σύστημα λήψης και μιας πρώτης επεξεργασίας του φωτεινού ερεθίσματος.⁸

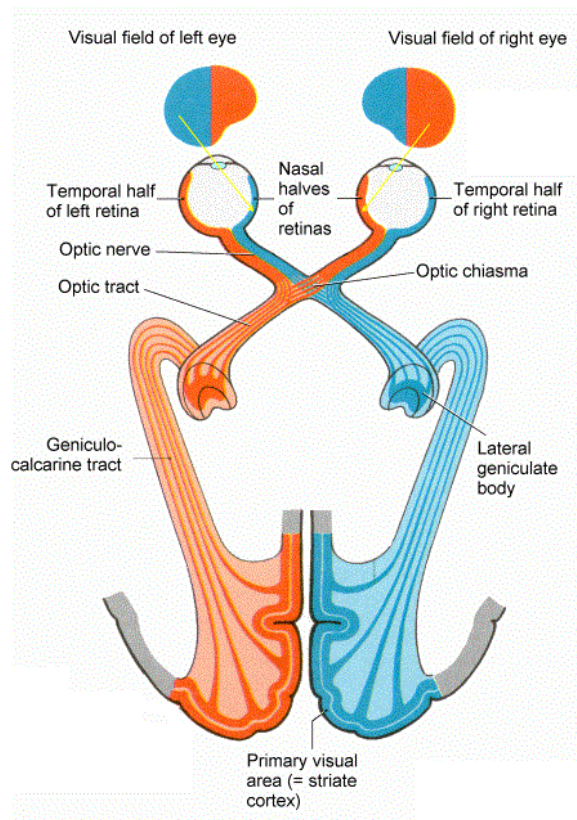
Η οπτική οδός αρχίζει από τη κεφαλή του οπτικού νεύρου, τον οπτικό δίσκο. Στη συνέχεια, το οπτικό νεύρο διατρέχει τον οφθαλμικό κόγχο και εισέρχεται στην κρανιακή κοιλότητα (Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10. Σχηματική παράσταση του οπτικού νεύρου κατά την ενδοκογχική του μοίρα.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 1, Γενικά για το μάτι; σελ. 9.

Κατά την ενδοκρανιακή πορεία, στο ύψος του τουρκικού εφιππίου, οι οπτικές ίνες που προέρχονται από τον ρινικό αμφιβληστροειδή χιάζονται και φέρονται στο άλλο εγκεφαλικό ημισφαίριο. Αντίθετα, οι οπτικές ίνες που προέρχονται από τον κροταφικό αμφιβληστροειδή συνεχίζουν την πορεία τους στο σύστοιχο εγκεφαλικό ημισφαίριο. Ο χιασμός αυτός των οπτικών ινών δημιουργεί το οπτικό χίασμα (Εικόνα 2.11).

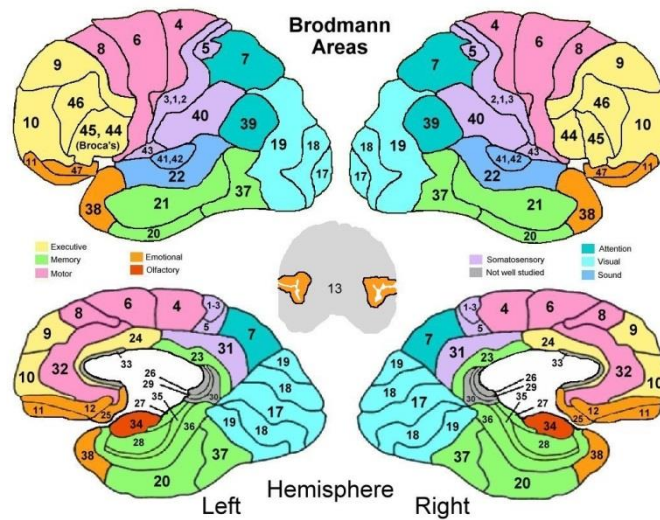


Εικόνα 2.11. Οπτική οδός και οπτικό χιάσμα.

Πηγή: <http://www.alilamedicalimages.org/BrowseImages/browse-images/brain-and-nervous-system/>

Μετά την έξοδο από το οπτικό χιάσμα χιαζόμενες και μη χιαζόμενες οπτικές ίνες αποτελούν την οπτική ταινία που καταλήγει στο έξω γονατώδες σώμα. Από εκεί αρχίζει η οπτική ακτινοβολία που πορεύεται μέσα στη λευκή ουσία του βρεγματικού και κροταφικού λοβού και καταλήγει στην πληκτραία σχισμή του ινιακού λοβού στον οπτικό φλοιό.

Ο οπτικός φλοιός διακρίνεται στην περιοχή 17, 18 και 19 κατά Brodmann. Στην περιοχή 17 το ερέθισμα μετατρέπεται σε αδρή φωτεινή αίσθηση. Στις περιοχές 18 και 19 η φωτεινή αίσθηση μετατρέπεται σε αίσθηση χρωμάτων, σχημάτων και παραστάσεων (Εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12. Περιοχές Brodmann.

Πηγή: http://www.brainm.com/software/pubs/dg/BA_10-20_ROI_Talairach/BrodmanAtlas.htm

Όμως, η όλη διαδικασία της όρασης δε σταματά με την απλή μεταφορά του οπτικού ερεθίσματος στον οπτικό φλοιό, αλλά είναι αποτέλεσμα συνεργασίας του οπτικού φλοιού με άλλες αισθητηριακές περιοχές, κυρίως της βρεγματοκροταφικής χώρας, και ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα. Η ακεραιότητα των περιοχών αυτών και των συνδέσεων τους με τον οπτικό φλοιό είναι καθοριστικής σημασίας για ό,τι ονομάζεται ενσυνείδητη όραση.

Βλάβες των περιοχών αυτών ή των διασυνδέσεών τους με τον οπτικό φλοιό επιφέρει την οπτική αγνωσία ή ψυχική τύφλωση, κατά την οποία ο πάσχων βλέπει, αλλά δεν αναγνωρίζει οικεία προς αυτόν πράγματα. Αντίθετα, στη φλοιώδη τύφλωση υπάρχει καθολική βλάβη του οπτικού φλοιού και τον δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Στην περίπτωση αυτή, συνήθως η βλάβη επεκτείνεται και πέραν των οπτικών φλοιών, με αποτέλεσμα ο ασθενής, ενώ δε βλέπει, «αγνοεί» την αναπηρία του.^{3στ}

Περιορισμοί της Όρασης

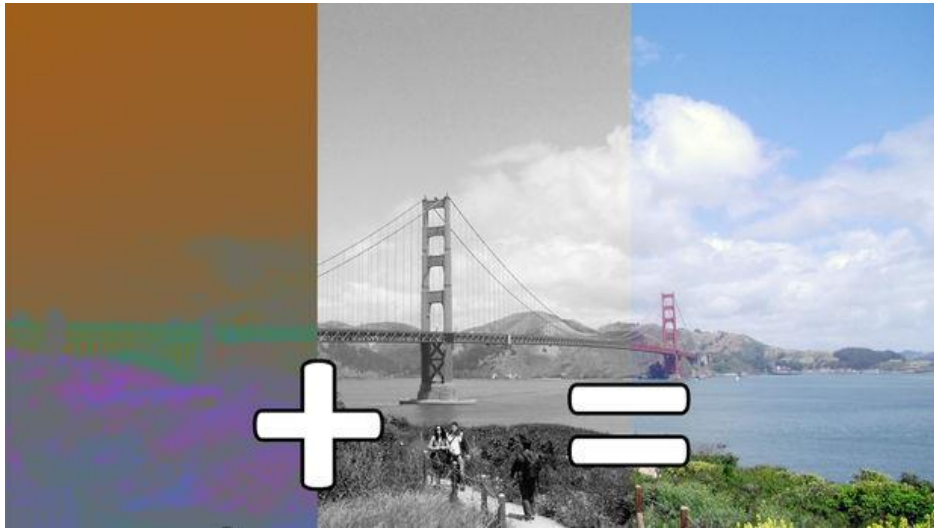
Όπως προαναφέρθηκε, στη διαδικασία της όρασης, εκτός από τους οφθαλμούς, συμβάλλει εξίσου και τμήμα του εγκεφάλου. Αυτός ο παράγοντας είναι που εισάγει την υποκειμενικότητα στην όραση, καθώς ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος για τη μετάφραση των οπτικών ερεθισμάτων. Ακόμη και η μεταφορά

των ερεθισμάτων στον εγκέφαλο, παρότι δεν γίνεται αντιληπτή από τον παρατηρητή, προκαλεί μια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην παραλαβή του σήματος από τον οφθαλμό και την αποκωδικοποίησή του από τον εγκέφαλο.

Συγκεκριμένα, το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την μεταφορά του οπτικού ερεθίσματος στον εγκέφαλο είναι 80 ms. Πειράματα που διεξήχθησαν απέδειξαν ότι αυτή η χρονική καθυστέρηση μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνεία του οπτικού ερεθίσματος. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες στο πείραμα καλούνταν να πιέσουν ένα διακόπτη, ο οποίος τροφοδοτούσε ένα λαμπτήρα με συγκεκριμένη χρονοκαθυστέρηση. Όταν το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε ανάμεσα στην πίεση του διακόπτη και την ενεργοποίηση του λαμπτήρα μειώθηκε στα 80 ms, οι συμμετέχοντες δήλωναν ότι ο λαμπτήρας άναβε αμέσως, ενώ, όταν το διάστημα έγινε 40 ms, οι συμμετέχοντες δήλωναν πως ο λαμπτήρας άναβε πριν καν πιέσουν το διακόπτη.²⁰

Ένα ακόμη στοιχείο της διαδικασίας της όρασης, πάνω στο οποίο έχει στηριχθεί όλη η βιομηχανία του κινηματογράφου και της τηλεόρασης, είναι το μετείκασμα. Πρόκειται για την ιδιότητα εκείνη του εγκεφάλου, που διατηρεί την εικόνα στο αισθητήριο της όρασης μετά τον εξωτερικό ερεθισμό. Αυτή η ιδιότητα, σε συνδυασμό με το χρονικό διάστημα των 80 ms που απαιτείται για τη μεταφορά του οπτικού ερεθίσματος, είναι που καθιστά δυνατή την προβολή ταινιών, δίνοντάς τους τη ψευδαίσθηση της κίνησης, ενώ στην πραγματικότητα είναι μια πολύ γρήγορη εναλλαγή στιγμιότυπων.²¹

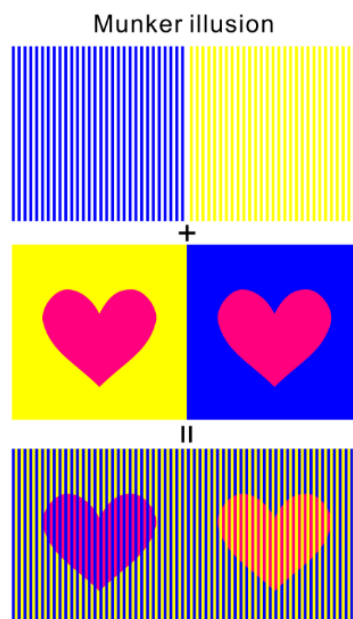
Περιορισμοί στην όραση τίθενται και από τους ίδιους τους οφθαλμούς και, συγκεκριμένα, από τα κωνία, τα οποία μετά την έκθεσή τους σε ένα οπτικό ερέθισμα για ένα χρονικό διάστημα «κουράζονται» και απευαισθητοποιούνται. Πολλά πειράματα έχουν γίνει για την κατανόηση αυτού του φαινομένου, με το πιο αντιπροσωπευτικό να είναι αυτό, όπου οι συμμετέχοντες καλούνται να κοιτάξουν το αρνητικό μιας εικόνας για κάποιο χρονικό διάστημα. Με το πέρας αυτού του διαστήματος, δίνεται αμέσως η ασπρόμαυρη εκδοχή της ίδιας εικόνας, την οποία οι συμμετέχοντες αντιλαμβάνονται ως έγχρωμη για λίγα δευτερόλεπτα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται, τόσο στο μετείκασμα, όσο και στην απευαισθητοποίηση των κωνίων που είναι υπεύθυνα για ένα χρώμα και τη λειτουργία, αντί αυτών, των κωνίων που είναι υπεύθυνα για την αντίληψη του συμπληρωματικού χρώματος.²²



Εικόνα 2.13 Αναπαράσταση πειράματος για το μετείκασμα.

Πηγή: <http://www.instructables.com/id/afterimage-illusion/>

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αντίληψη των χρωμάτων επηρεάζεται από τα περιβάλλοντα χρώματα. Στην *Εικόνα 2.14* φαίνεται πώς οι ιδίου χρώματος καρδιές φαίνονται διαφορετικές, μέσω της εναλλαγής του χρώματος των γραμμών που τις διαπερνούν με το χρώμα των γραμμών του υποβάθρου. Εκτός αυτού, η όραση γενικότερα επηρεάζεται από τα περιβάλλοντα ερεθίσματα και, συνεπώς, γραμμές ιδίου μήκους, για παράδειγμα, μπορεί να φαίνονται μακρύτερες ή κοντύτερες κατά περίπτωση (*Εικόνα 2.15*).



Εικόνα 2.14 Οφθαλμαπάτη του Munker.

Πηγή: <http://www.psy.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/color12e.html>



Εικόνα 2.15 Οφθαλμαπάτη (όλες οι γραμμές έχουν το ίδιο μήκος).

Πηγή: <http://bridgettaes.com/2011/11/03/slim-your-body-with-these-fashion-optical-illusions/>

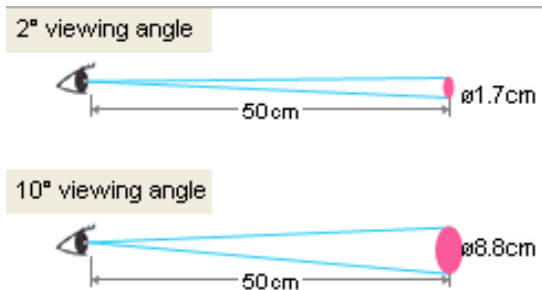
Τέτοιες τεχνικές, που εκμεταλλεύονται σκοπίμως τις αδυναμίες της όρασης, μελετώνται συχνά με τη χρήση οφθαλμαπατών, οι οποίες θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο. Ακόμη, τεχνικές που εκμεταλλεύονται τις αδυναμίες της όρασης χρησιμοποιούνται συχνά από διάφορους τομείς προώθησης προϊόντων και καταναλωτικών αγαθών, όπως και από την κλωστοϋφαντουργία και τη βιομηχανία της μόδας, για την ανάδειξη των επιθυμητών στοιχείων και, άρα, την ευμενέστερη αποδοχή από το αγοραστικό κοινό.

Κεφάλαιο 3 – Διαταραχές Χρωματικής Αντίληψης και Χρωματικές Οφθαλμαπάτες

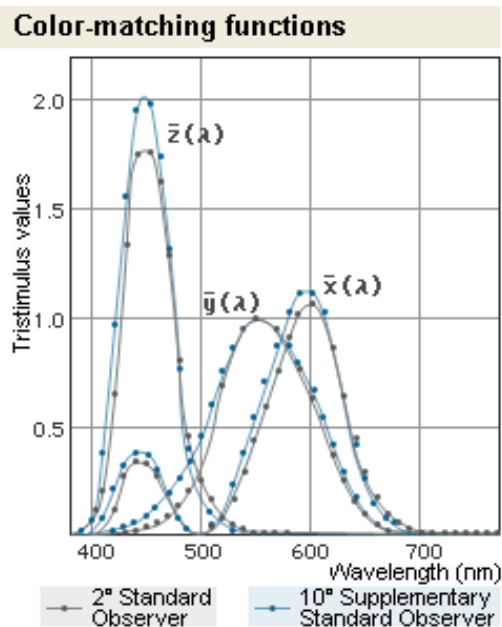
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαταραχές της χρωματικής αντίληψης, καθώς και τυπικές χρωματικές οφθαλμαπάτες, ώστε να γίνει κατανοητή η υποκειμενικότητα της όρασης και η ευκολία παραπλάνησης του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Πρότυπος Παρατηρητής

Ακρογωνιαίος λίθος της ανάπτυξης της χρωματομετρίας υπήρξε η δημιουργία των προτύπων παρατηρητών (CIE Standard Observers). Η διαδικασία της προτυποποίησης της ανταπόκρισης του ανθρώπου στο χρώμα ήταν δυσκολότερη από τις αντίστοιχες για το χαρακτηρισμό των πηγών φωτός και της ανακλάσεως των αντικειμένων, λόγω της υποκειμενικότητας της όρασης. Ωστόσο, οι εξελίξεις στη γνώση της λειτουργίας της ανθρώπινης όρασης και, ειδικά, η διάγνωση των τριών ειδών κωνίων του αμφιβληστροειδούς, συνέβαλαν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση πειραμάτων για την καταγραφή της απόκρισης των κωνίων σε όλο το οπτικό φάσμα. Έτσι, δημιουργήθηκε ο πρώτος Πρότυπος Παρατηρητής, ο 2^ο CIE Standard Observer 1931, που χρησιμοποιήθηκε για αρκετές δεκαετίες, μέχρι που συμπληρώθηκε και, τελικά, αντικαταστάθηκε από τον 10^ο CIE Standard Observer 1964.^{4β} Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο έγκειται στις μοίρες, 2 και 10^ο αντίστοιχα, του οπτικού πεδίου που προσομοιάζεται (Εικόνα 3.1). Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 3.2) φαίνονται οι Πρότυποι Παρατηρητές, με τον οριζόντιο άξονα να είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας και τον κάθετο να δείχνει το βαθμό ανταπόκρισης των κωνίων, όπως προκύπτει από ειδικές συναρτήσεις.⁹



Εικόνα 3.1 Σχηματική απεικόνιση οπτικού πεδίου 2° και 10°. Πηγή: <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part4/01.html>



Εικόνα 3.2 Ο 2^{ος} Standard Observer συγκριτικά με το 10^ο Standard Observer. Πηγή: <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part4/01.html>

Διαταραχές Χρωματικής Αντίληψης

Η χρωματική αντίληψη, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 1, μπορεί να εμφανίσει διαταραχές που χωρίζονται σε δύο βασικές ομάδες: τις συγγενείς και τις επίκτητες. Οι συγγενείς διαταραχές της χρωματικής αντίληψης, οι οποίες κληρονομούνται, σχεδόν πάντοτε αφορούν τον άξονα «ερυθρού–πράσινου» και προσβάλλουν το 8% των αρρένων και το 0,5% των θηλέων. Αντίθετα, οι επίκτητες διαταραχές πιο συχνά αφορούν τον άξονα «κυανού–κίτρινου» και προσβάλλουν σε ίση συχνότητα τα δύο φύλα. Ανάμεσα στις συγγενείς και τις επίκτητες μορφές των διαταραχών υπάρχουν σημαντικές κλινικές διαφορές, καθώς οι ασθενείς με συγγενή διαταραχή σπάνια κάνουν λάθος στην ονομασία του χρώματος, ενώ οι ασθενείς με πρόσφατα εγκατεστημένη διαταραχή δίνουν λάθος

όνομα στα χρώματα ή αναφέρουν ότι έχει αλλάξει το χρώμα γνωστών τους αντικειμένων. Επιπλέον, εκτός από πολύ σπάνιες περιπτώσεις, οι συγγενείς διαταραχές της χρωματικής αντίληψης επηρεάζουν στον ίδιο βαθμό και τους δύο οφθαλμούς, ενώ, αντίθετα, στις επίκτητες ο ένας οφθαλμός πάσχει περισσότερο.^{6β}

Η πλειονότητα των συγγενών διαταραχών της χρωματικής αντίληψης μεταβιβάζονται κατά το φυλοσύνδετο υπολειπόμενο χαρακτήρα και οι πάσχοντες συγγέουν χρώματα όπως το ερυθρό, το καστανό, το ελαιόχρουν και το χρυσαφί. Ακόμη, οι απαλοί τόνοι του ροδόχρου, του πορτοκαλόχρου, του κίτρινου και του πράσινου συγγέονται μεταξύ τους. Η πορφυρόχρους απόχρωση, τέλος, συγγέεται με το κυανό χρώμα.

Εν γένει, οι διαταραχές στον άξονα ερυθρού-πράσινου είναι συχνότερες από αυτές στον άξονα κυανού-κίτρινου, ενώ οι άνδρες εμφανίζουν μεγαλύτερη συχνότητα διαταραχών από τις γυναίκες. Οι συγγενείς διαταραχές της χρωματικής αντίληψης είναι μόνιμες μη εξελισσόμενες, όσον αφορά στη μορφή και το βαθμό προσβολής. Αλλαγές επέρχονται μόνο με τη γήρανση του οργανισμού, αντίθετα με τις επίκτητες διαταραχές που εξαρτώνται από την εντόπιση και τη γενεσιουργό πάθηση. Στον *Πίνακα 3.1* φαίνονται η συχνότητα και η κληρονομικότητα των διαταραχών χρωματικής αντίληψης.

Πίνακας 3.1. Ταξινόμηση και συχνότητα διαταραχών χρωματικής αντίληψης.

Πηγή: American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και υαλοειδές σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης; 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και ψυχοφυσική χρωματική αντίληψη; σελ.

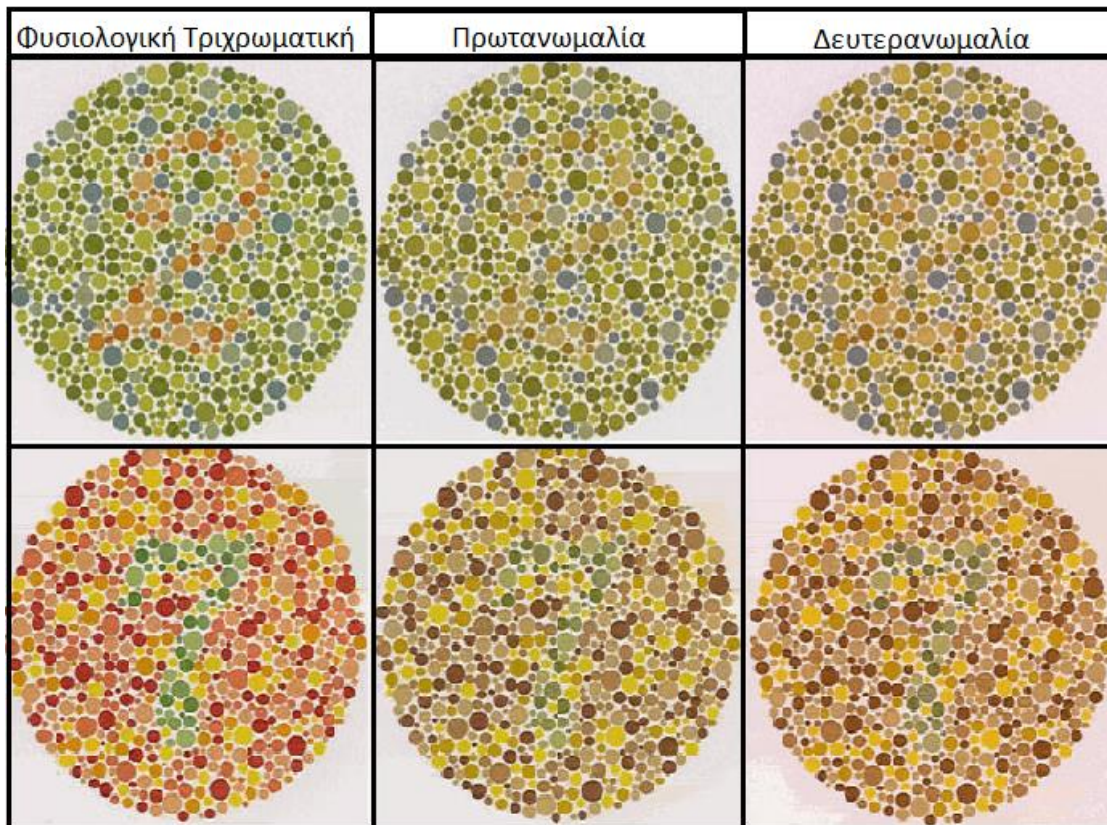
139.

Ταξινόμηση διαταραχών		
ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ	ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΡΡΕΝΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟ (%)
I. Κληρονομικές διαταραχές		
Τριχρωμάτωπες		
1. Φυσιολογικοί		92,0
2. Δευτερανωμαλία	Φ.Υ.	5,0
3. Πρωτανωμαλία	Φ.Υ.	1,0
4. Τριτανωμαλία	Α.Ε.	0,0001
Διχρωμάτωπες		
1. Δευτερανωπία	Φ.Υ.	1,0
2. Πρωτανωπία	Φ.Υ.	1,0
3. Τριτανωπία	Α.Ε.	0,001
Μονοχρωμάτωπες (αχρωματοψία)		
1. Τυπική μορφή (μονοχρωματισμός ραβδίων)	Α.Υ.	0,0001
2. Άτυπη μορφή (μονοχρωματισμός κωνίων)	Α.Υ.	άγνωστη
II. Επίκτητες διαταραχές		
1. Τριτάνωπες (κυανούν-κίτρινο)		
2. Πρωτο-Δευτεράνωπες (ερυθρό-πράσινο)		
Φ.Υ.= Φυλοσύνδετος υπολειπόμενος χαρακτήρας		
Α.Ε.= Αυτοσωμικός επικρατής χαρακτήρας		
Α.Υ.= Αυτοσωμικός υπολειπόμενος χαρακτήρας		

Η ταξινόμηση των διαταραχών της χρωματικής αντίληψης βασίζεται σε εργαστηριακή μέθοδο, η οποία καλείται «ταιριασμός χρωμάτων». Από τον εξεταζόμενο ζητείται να δημιουργήσει ένα επιδεικνυόμενο χρώμα, αναμειγνύοντας τρία χρώματα συγκεκριμένου μήκους κύματος. Εάν έχει φυσιολογική αντίληψη χρωμάτων, θα χρησιμοποιήσει και τα τρία χρώματα (ερυθρό, πράσινο και κυανό) για να δημιουργήσει το ζητούμενο χρώμα. Σε αυτή την περίπτωση, ο ασθενής ταξινομείται στους τριχρωματικούς.¹⁰

Στη κατηγορία των ανώμαλων τριχρωματικών ανήκει η πλειονότητα των ατόμων με διαταραχές χρωματικής αντίληψης. Οι ασθενείς αυτοί χρησιμοποιούν και τα τρία χρώματα για να δημιουργήσουν ένα άλλο, σε διαφορετικές ποσότητες

από αυτές του φυσιολογικού τριχρωματικού. Είναι προτιμότερο η διαταραχή αυτή να χαρακτηρίζεται ως «αδυναμία» στην χρωματική αντίληψη παρά ως «χρωματική τύφλωση». Μέχρι στιγμής δεν έχει αποδειχθεί ότι στους ανώμαλους τριχρωματικούς η μία από τις φωτοχρωστικές υπάρχει σε μικρότερη ποσότητα από το φυσιολογικό και η διαταραχή οφείλεται, ενδεχομένως, σε γενετική ανωμαλία που έχει ως αποτέλεσμα μικρή μεταβολή στο πρωτεϊνικό τμήμα (οψίνη) της φωτοευαίσθητης χρωστικής.^{6v}



Εικόνα 3.3. Σύγκριση χρωματικής όρασης ανώμαλων τριχρωματικών ασθενών.

Πηγή: <http://colorvisiontesting.com/what%20colorblind%20people%20see.htm>

Ένα μικρό ποσοστό των ατόμων με διαταραχή αντίληψης χρωμάτων χρησιμοποιεί μόνο τα δύο από τα τρία βασικά χρώματα για να δημιουργήσει το επιδεικνυόμενο. Για το λόγο αυτό, οι ασθενείς καλούνται διχρωματικοί. Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι υπάρχουν τρεις τύποι διχρωματικών ασθενών, αναλόγως με το ποια από τις τρεις φωτοχρωστικές απουσιάζει από τα κωνία (πρωτάνωπες, δευτεράνωπες και τριτάνωπες).



Εικόνα 3.4. Σύγκριση χρωματικής όρασης διχρωματικών ασθενών.

Πηγή: http://optics-optometry.blogspot.gr/2007/08/blog-post_3171.html

Τέλος, υπάρχουν και δύο τύποι αχρωματοψίας που έχουν και οι δύο ως αποτέλεσμα την αδυναμία του ασθενή να διακρίνει τα χρώματα. Στην ουσία, δηλαδή, οι ασθενείς αυτοί είναι μονοχρωματικοί, δεν αντιλαμβάνονται τα χρώματα και δημιουργούν το οπτικό φάσμα με τη μεταβολή της έντασης της φωτεινότητας.

Πίνακας 3.2. Ταξινόμηση των διαταραχών της χρωματικής αντίληψης με βάση την μέθοδο ταιριάσματος των χρωμάτων.

Πηγή: American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και υαλοειδές σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Παχαλίδης; 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και ψυχοφυσική χρωματική αντίληψη; σελ.

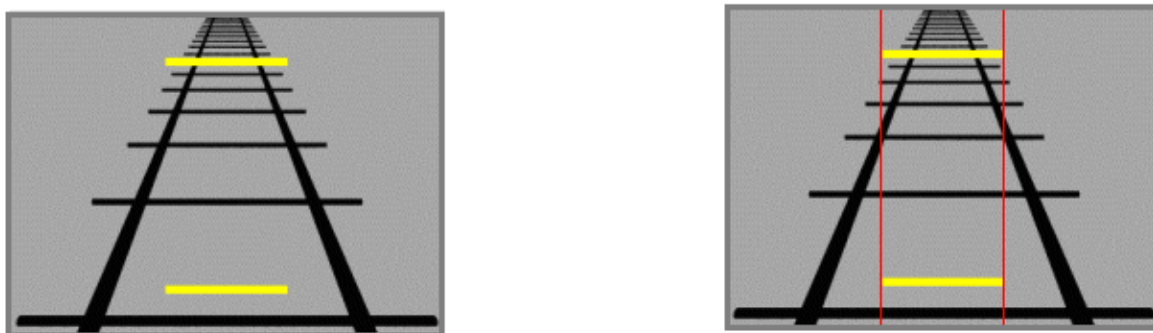
140.

Ταξινόμηση διαταραχών με την μέθοδο ταιριάσματος χρωμάτων			
I. Φυσιολογικός τριχρωματικός	II. Ανώμαλος τριχρωματικός	III. Διχρωματικός	IV. Μονοχρωματικός
	A. Πρωτανώματος (χρησιμοποιεί περισσότερο ερυθρό)	A. Πρωτάνωπας (δεν αναγνωρίζει το ερυθρό)	A. Αχρωματοψία (όπου λειτουργούν μόνο τα ραβδία): 1. Πλήρης αχρωματοψία 2. Μερική αχρωματοψία
	B. Δευτερανώματος (χρησιμοποιεί περισσότερο πράσινο)	B. Δευτεράνωπας (δεν αναγνωρίζει το πράσινο)	
	Γ. Τριτανώματος (χρησιμοποιεί περισσότερο κυανό)	Γ. Τριτάνωπας (δεν αναγνωρίζει το κυανό)	B. Άτυπη αχρωματοψία (όπου λειτουργεί ένας μόνο τύπος κωνίων)

Οφθαλμαπάτες

Ο όρος οφθαλμαπάτη συχνά χρησιμοποιείται χωρίς διάκριση για να περιγράψει, τόσο την οπτική ψευδαίσθηση, όσο και την οφθαλμαπάτη, όχι μόνο από το ευρύ κοινό αλλά και στην επιστημονική βιβλιογραφία. Όμως, υπάρχει μια σημαντική διάκριση: η οπτική ψευδαίσθηση συντελείται στον εξωτερικό κόσμο, ενώ η οφθαλμαπάτη συντελείται μέσα στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Η πρώτη έχει να κάνει με τις φυσικές ιδιότητες του φωτός, ενώ η δεύτερη είναι μια κατασκευή του εγκεφάλου.¹¹

Σύμφωνα με τον επιστημονικό ορισμό της, η οφθαλμαπάτη αποτελεί μια ανακολουθία ανάμεσα στην υποκειμενική αντίληψή μας και στην αντικειμενική πραγματικότητα. Οι περιπτώσεις οφθαλμαπάτης μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: τις κυριολεκτικές, όπου προκύπτουν εικόνες εντελώς διαφορετικές από τα αντικείμενα, από τα οποία αυτές προέρχονται, τις φυσιολογικές οφθαλμαπάτες, που προκύπτουν ως επιπτώσεις της υπερβολικής διέγερσης ενός συγκεκριμένου τύπου (όπως φωτεινότητα, χρώμα, μέγεθος, θέση, κλίση, κίνηση) και τις γνωστικές ψευδαισθήσεις, που είναι αποτέλεσμα ασυνείδητου συμπεράσματος.¹²

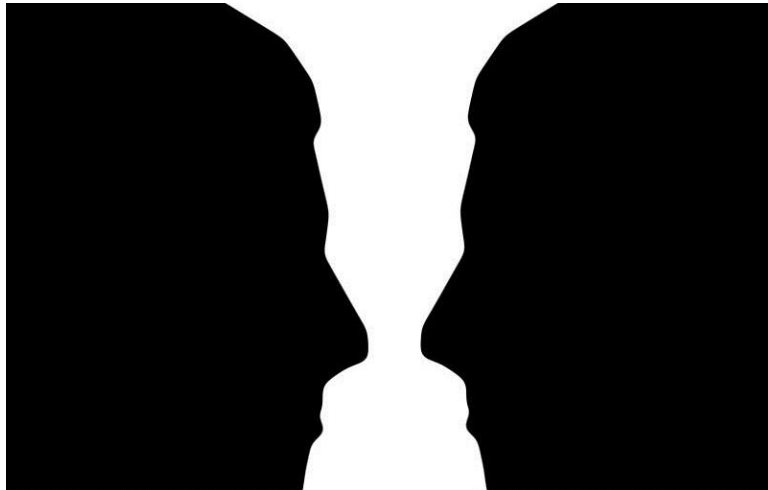


Εικόνα 3.5. Περίπτωση φυσιολογικής οφθαλμαπάτης με χρήση της αντίληψης του βάρους.

Πηγή: <http://opl.apa.org/Experiments/About/AboutPonzo.aspx>

Η μελέτη των οφθαλμαπατών είναι πολύ ενδιαφέρουσα, καθώς αποδεικνύει ότι η πραγματικότητα που αντιλαμβανόμαστε είναι διαφορετική για τον καθένα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος συγκρατεί επιλεκτικά κάποιες από τις πληροφορίες που λαμβάνει από τα εξωτερικά ερεθίσματα και τις

χρησιμοποιεί για να κατασκευάσει την συνολική εικόνα γεμίζοντας τα «κενά» με εκτιμήσεις και υποθέσεις.

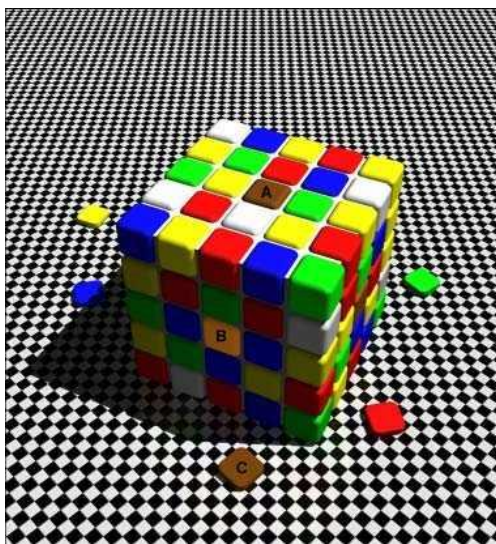


Εικόνα 3.6. Περίπτωση γνωστικής ψευδαίσθησης όπου το ασπρόμαυρο σχέδιο ερμηνεύεται είτε ως δύο πρόσωπα είτε ως βάζο.

Πηγή: <http://brainden.com/face-illusions.htm>

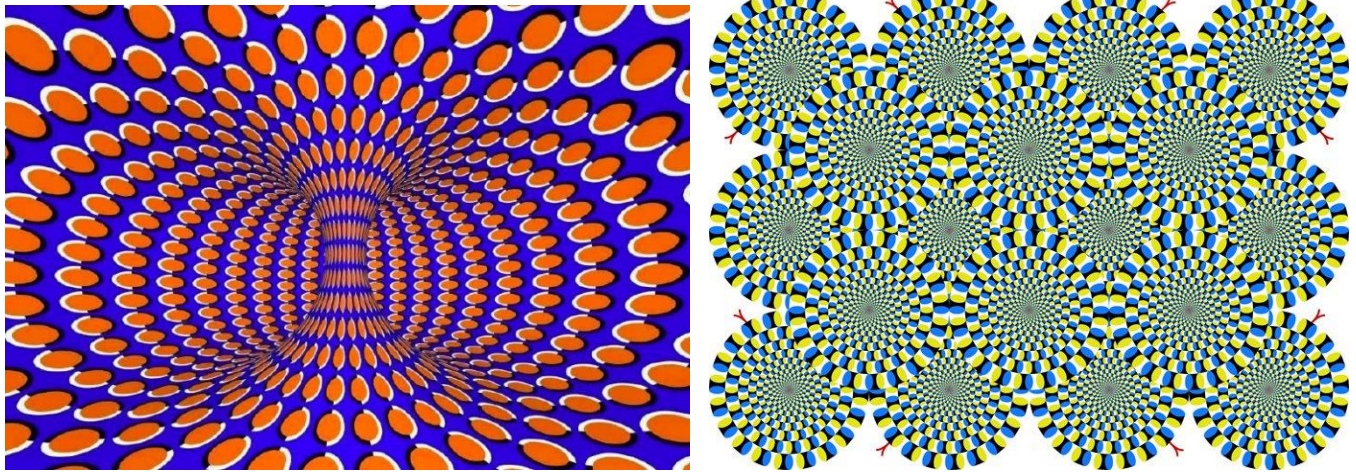
Χρωματικές Οφθαλμαπάτες

Οι χρωματικές οφθαλμαπάτες είναι εικόνες, στις οποίες τα περιβάλλοντα χρώματα παρασύρουν τον εγκέφαλο σε εσφαλμένες εκτιμήσεις του χρώματος, αλλά και της κίνησης. Στις εικόνες που ακολουθούν (Εικόνα 3.7 και Εικόνα 3.8) παρουσιάζονται γνωστά παραδείγματα χρωματικών οφθαλμαπατών:



Εικόνα 3.7. Χρωματική παραίσθηση όπου τα τετράγωνα A,B,C έχουν το ίδιο χρώμα.

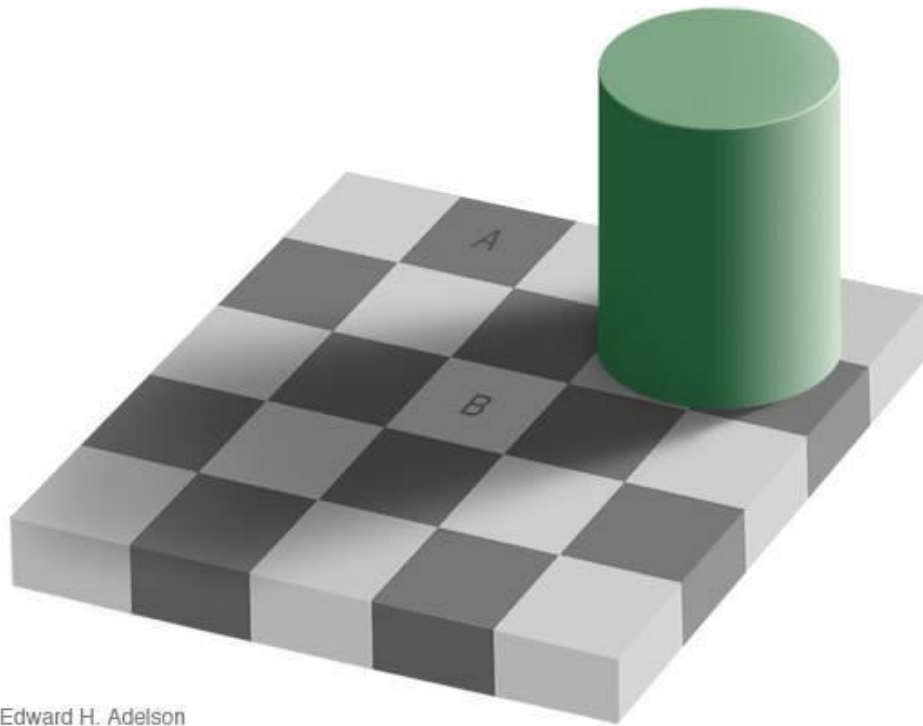
Πηγή: <http://brainden.com/color-illusions.htm>



Εικόνα 3.8. Χρωματικές οφθαλμαπάτες όπου το σχέδιο φαίνεται να περιστρέφεται.

Πηγή: <https://alexandrpev.wordpress.com/2013/09/25/color-interaction/>

Οι χρωματικές οφθαλμαπάτες, εκτός από έμπνευση για πολλούς καλλιτέχνες, αποτελούν και αντικείμενο συστηματικής έρευνας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το τμήμα Brain and Cognitive Science του MIT, όπου ο καθηγητής της Οπτικής Επιστήμης, Edward H. Adelson ερευνά και αναπτύσσει οπτικές δοκιμές, με γνωστότερη τη σκιά στη σκακιέρα (Εικόνα 3.9). Σε αυτή την οφθαλμαπάτη φαίνεται το A να είναι πιο σκοτεινό από το B, ενώ στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο δεν ισχύει, καθώς τα A και B έχουν το ίδιο ακριβώς χρώμα. Το τέχνασμα που χρησιμοποιείται εδώ είναι διπλό: α) στηρίζεται στην τοπική αντίθεση και την πεποίθηση ότι σε μία σκακιέρα υπάρχουν τα λευκά και τα μαύρα τετράγωνα· δηλαδή, ένα τετραγωνίδιο (B) πιο ανοιχτόχρωμο από εκείνα που το περιβάλλουν θα φαίνεται πιο ανοιχτόχρωμο από κάποιο (A) που περιτριγυρίζεται από ανοιχτόχρωμα τετραγωνίδια και β) χρησιμοποιεί τη σκιά, η οποία μπορεί να έχει διαβαθμίσεις όσο πλησιάζει στις άκρες, ενώ τα όρια βαφής είναι πιο απόλυτα και ο εγκέφαλός μας, ενώ προσπαθεί να καθορίσει το χρώμα των επιφανειών, αγνοεί τις διαβαθμίσεις του φωτισμού.¹³



Edward H. Adelson

Εικόνα 3.9. Checkers shadow Illusion.

Πηγή: <http://persci.mit.edu/gallery/checkersshadow>

Ακόμη ένα παράδειγμα χρωματικής παραίσθησης που οφείλεται στο φωτισμό και την αντίληψη της αντίθεσης του εγκεφάλου είναι αυτό της *Εικόνας 3.10*. Αυτή η εικόνα αποτελεί μία πολυσυζητημένη φωτογραφία του διαδικτύου που δίχασε τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης στις αρχές του 2015. Δύο απόψεις υπάρχουν για το χρώμα του φορέματος που εικονίζεται, μαύρο-κυανό (52%) και λευκό-χρυσασφί (48%).

Το φόρεμα αποδείχτηκε, τελικά, πως ήταν μαύρο-κυανό αλλά αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης και έρευνας για να διαπιστωθεί τι είναι αυτό που επηρεάζει τελικά την αντίληψη των χρωμάτων και ποια τα διαφορετικά γνωρίσματα των δύο διαφορετικών ομάδων ατόμων που παρατηρούν την ίδια εικόνα αλλά αντιλαμβάνονται διαφορετικά φορέματα.



Εικόνα 3.10. Το φόρεμα της εικόνας φαίνεται είτε άσπρο - χρυσό είτε μαύρο - μπλε.

Πηγή: <http://brainden.com/color-illusions.htm#prettyPhoto>

Οφθαλμαπάτες στην Κλωστοϋφαντουργία

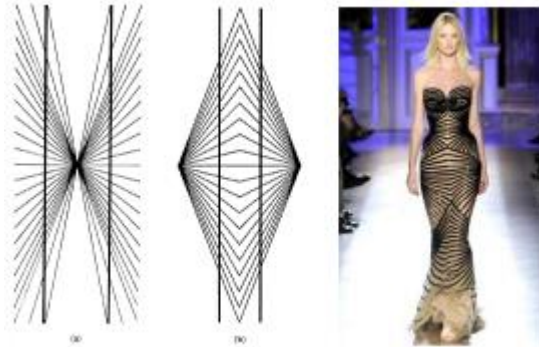
Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι οι οφθαλμαπάτες βρίσκουν ευρεία χρήση στον τομέα της Κλωστοϋφαντουργίας, όπου χρησιμοποιούνται ηθελημένα για να προσδώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Εικόνα 3.11. Οι κατακόρυφες γραμμές προσδίδουν ύψος.

Πηγή: http://www.iscsjournal.com/Makaleler/175064950_3c2s_15

Ιδιαίτερα ο τομέας του σχεδιασμού ρουχισμού χρησιμοποιεί οφθαλμαπάτες για να αναδείξει τα προσφιλή στοιχεία, όπως το ύψος (Εικόνα 3.11) ή τις καμπύλες του σώματος (Εικόνα 3.12), και να καλύψει ατέλειες, όπως τα περιττά κιλά.



Εικόνα 3.12. Οφθαλμαπάτη Herring για ανάδειξη σωματότυπου «κλεψύδρα» - Zuhair Murad 2012.

Πηγή: http://www.iscsjournal.com/Makaleler/175064950_3c2s_15

Επιπλέον, οφθαλμαπάτες χρησιμοποιούνται για την πρόσδοση τριδιάστατης όψης σε ενδύματα. Για να επιτευχθεί αυτό, συνδυάζονται φωτεινά και σκοτεινά χρώματα με κατάλληλο τρόπο, ώστε να δίνουν την εντύπωση ύπαρξης σκιών και τριδιάστων επιφανειών, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13. Τριδιάστατη όψη σε σχέδιο Ichiro Suzuki το 2013.

Πηγή: <http://www.trendhunter.com/trends/optical-illusion-prints>

Στην Εικόνα 3.14 απεικονίζεται ένδυμα με εκτυπωμένο σχέδιο, το οποίο δημιουργεί την ψευδαίσθηση των τριών διαστάσεων.

Koolto
TALKWEAR



Εικόνα 3.14. Τυπωμένη γραβάτα σε μπλούζα.

Πηγή: <http://www.illusionwear.com/haboob-tie-optical-illusion-t-shirt>

Επίσης, η ίδια τεχνική χρησιμοποιείται σε τάπητες (Εικόνες 3.15 και 3.16) και επενδύσεις (Εικόνα 3.17), ώστε οι επίπεδες επιφάνειες να παραπλανούν τον εκάστοτε παρατηρητή.



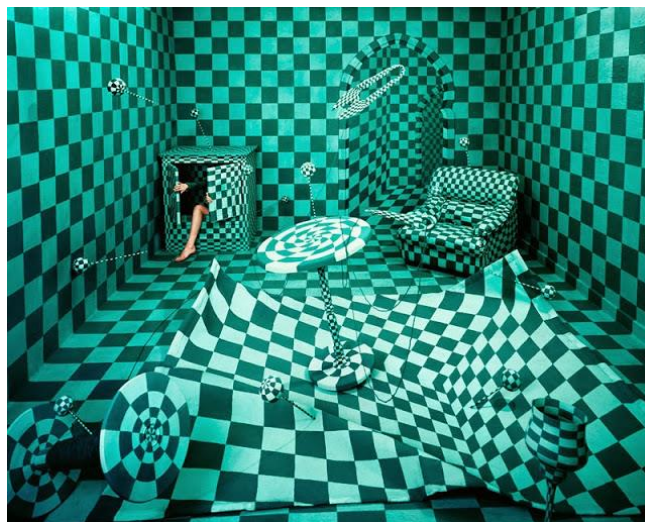
Εικόνα 3.15. Η επιφάνεια της σελήνης σε χαλί στο Bowlcenter Orgeval στη Γαλλία.

Πηγή: <http://www.haworthxfriends.com/collections/by-partner/ege/lunar-bowling.html?partid=29>



Εικόνα 3.16. Επίπεδος τάπητας σε γαλλικό κατάστημα.

Πηγή: <http://gadgetswizard.com/illusion-carpet>



Εικόνα 3.17. Οφθαλμαπάτη σε εσωτερικό χώρο.

Πηγή: <http://www.daniellaondesign.com/blog/optical-illusions>

Επιπροσθέτως, αξίζει να αναφερθεί η παρουσία των οφθαλμαπατών στην ταχύτατα αναπτυσσόμενη μόδα των ενδυμάτων τριδιάστατης εκτύπωσης όπου, εκτός της ανάδειξης επιλεγμένων στοιχείων του εκάστοτε σωματότυπου, γίνεται εφικτή η πρόσδοση διαφορετικής υφής, όγκου ή άλλων οπτικών χαρακτηριστικών.



Εικόνα 3.18. Πρόσδοση μεταλλικής όψης σε τριδιάστατη εκτύπωση.

Πηγή: <http://www.theurbansilhouette.com/2013/07/unconventional-fashion/>

Στις Εικόνες 3.18 και 3.19 παρουσιάζονται οφθαλμαπάτες σε πρωτότυπες δημιουργίες γυναικείων ενδυμάτων.



Εικόνα 3.19. Ενδύματα τριδιάστατης εκτύπωσης.

Πηγή: <https://3dprint.com/12682/3d-printing-fashion/>

Κεφάλαιο 4 – Η Δυστροφία των Κωνίων

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν οι παθήσεις της δυστροφίας κωνίων, καθώς και στοιχεία για τη μεταβίβαση και τη διάγνωσή τους. Για την πλήρη κατανόηση του κεφαλαίου αυτού, αξίζει να δοθούν κάποιοι ορισμοί των υποδοχέων του αμφιβληστροειδούς.

Ορισμός και Δομή Φωτοϋποδοχέων

Οι φωτοϋποδοχείς είναι τα *ραβδία* και τα *κωνία*, τα οποία είναι ειδικά αισθητηριακά κύτταρα, που περιέχουν φωτο-χρωστικές και απορροφούν τα φωτόνια της φωτεινής ακτινοβολίας. Οι ονομασίες των κωνίων και ραβδίων προέρχονται από το σχήμα των φωτοϋποδοχέων, αλλά δεν ανταποκρίνονται πάντοτε στην πραγματικότητα. Εκείνο που χαρακτηρίζει ουσιαστικά τα ραβδία και τα κωνία είναι τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά: τα ραβδία ενεργοποιούνται σε χαμηλές εντάσεις φωτισμού, ενώ τα κωνία σε υψηλές εντάσεις φωτισμού. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε, όπως έχει αναφερθεί, τα ραβδία είναι υπεύθυνα για τη νυκτερινή όραση ενώ τα κωνία συμμετέχουν ουσιαστικά στην αντίληψη των χρωμάτων. Στο ανθρώπινο μάτι υπάρχουν 6×10^6 κωνία και 120×10^6 ραβδία, εκ των οποίων τα κωνία βρίσκονται στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας, ενώ τα ραβδία υπερτερούν στην περιφέρεια.

Τα ραβδία και τα κωνία έχουν διάφορα μέρη τα οποία, από τη μεριά του μελαγχρόου επιθηλίου του αμφιβληστροειδούς προς τα έξω, είναι τα εξής: το εξωτερικό τμήμα, το συνδεσμικό βλεφαρίδιο (cilium), το εσωτερικό τμήμα, η έξω ίνα, το κυτταρικό σώμα και η έξω ίνα.

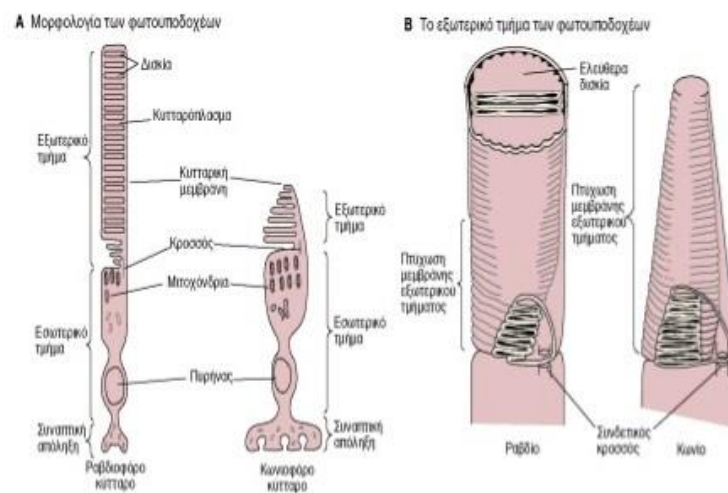
Το εξωτερικό τμήμα των ραβδίων και των κωνίων είναι μια στήλη μεμβρανωδών δίσκων που περιβάλλεται από το πλασμόλημμα του κυττάρου. Στη μεμβράνη των δίσκων βρίσκονται τα μόρια οπτικής πορφύρας, στα οποία αρχίζει η βιοχημική μεταβολή που ενεργοποιείται με τα φωτόνια του φωτός. Το συνδεσμικό

βλεφαρίδιο ενώνει το εξωτερικό τμήμα των ραβδίων και των κωνίων με το εσωτερικό τμήμα και λειτουργεί σαν μέσο αγωγής μεταξύ τους.

Το εσωτερικό τμήμα χωρίζεται σε δύο μέρη:

- i. το ελλειψοειδές, όπου υπάρχουν μιτοχόνδρια
- ii. το μυοειδές, όπου υπάρχει ενδοπλασματικό δίκτυο και η συσκευή του Golgi.

Η έξω ίνα εκτείνεται από το εσωτερικό τμήμα των ραβδίων και των κωνίων μέχρι το κυτταρικό σώμα, το οποίο περιέχει τον πυρήνα. Η έξω ίνα είναι αξονική προσεκβολή, η οποία περιέχει μικροσωληνάρια και τερματίζει προς τα έξω σε ειδικές συναπτικές απολήξεις, που διαφέρουν για τα ραβδία και τα κωνία (Εικόνα 4.1).^{14α}



Εικόνα 4.1. Δομή φωτοϋποδοχέων.

Πηγή: Moore K. Κλινική Ανατομία (Θ. Δημητρίου, επιμέλεια). 3η έκδοση. Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης; 2005. Κεφάλαιο 7, Κεφαλή; σελ. 795.

Όπως έχει ήδη σημειωθεί, τα κωνία είναι υπεύθυνα για τη χρωματική αντίληψη. Η δυστροφία αυτών αποτελεί, συνεπώς, μία ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα πάθηση, τόσο για το γενετικό της υπόβαθρο, όσο και για την ποιότητα ζωής των ατόμων με αυτή.

Ορισμός Δυστροφίας Κωνίων

Οι εκφυλίσεις των κωνίων αποτελούν ετερογενή ομάδα παθήσεων της ωχράς κηλίδας, που χαρακτηρίζονται από κληρονομούμενη εκλεκτική εκφύλιση των κωνίων.¹⁵ Υπάρχουν αρκετοί γνωστοί τύποι δυσλειτουργίας κωνίων, τόσο στατικοί όσο και προοδευτικοί, που διαχωρίζονται στις επόμενες επονομαζόμενες διαταραχές δυσλειτουργίας κωνίων:

1. **Συγγενή ελαπτώματα της χρωματικής όρασης χωρίς αμβλυωπία** (Αμβλυωπία ονομάζεται η κατάσταση στραβισμού όπου το ένα μάτι έχει πολύ χαμηλή οπτική οξύτητα, χωρίς αυτό να δικαιολογείται από ανατομική βλάβη των διαθλαστικών μέσων, του βυθού ή της οπτικής οδού), δευτερανωπία και πρωτανωπία (υπολειπόμενη φυλοσύνδετη μεταβίβαση στο Χ χρωμόσωμα), τριτανωπία (πιθανόν επικρατής αυτοσωμική μεταβίβαση).
2. **Πλήρης αχρωματοψία χωρίς αμβλυωπία:** μονοχρωματισμός των κωνίων (Ο τρόπος μεταβίβασης δεν έχει επιβεβαιωθεί).
3. **Συγγενής μερική αχρωματοψία με υποφυσιολογική οπτική οξύτητα - μερική αχρωματοψία** (υπολειπόμενη φυλοσύνδετη μεταβίβαση στο Χ χρωμόσωμα και πιθανόν και αυτοσωμική υπολειπόμενη μεταβίβαση).
4. **Συγγενής πλήρης αχρωματοψία με υποφυσιολογική οπτική οξύτητα:** πλήρης αχρωματοψία με αμβλυωπία, μονοχρωματισμός των ραβδίων (αυτοσωμική υπολειπόμενη μεταβίβαση).
5. **Προοδευτικός εκφυλισμός των κωνίων** (άγνωστος τρόπος μεταβίβασης).
6. **Γενικές ελλείψεις ραβδίων-κωνίων** στις οποίες κυριαρχούν συμπτώματα σχετικά με τη δυσλειτουργία κωνίων.
7. **Γενικές ελλείψεις ραβδίων-κωνίων** στις οποίες κυριαρχούν συμπτώματα σχετικά με τη δυσλειτουργία ραβδίων. Η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής.

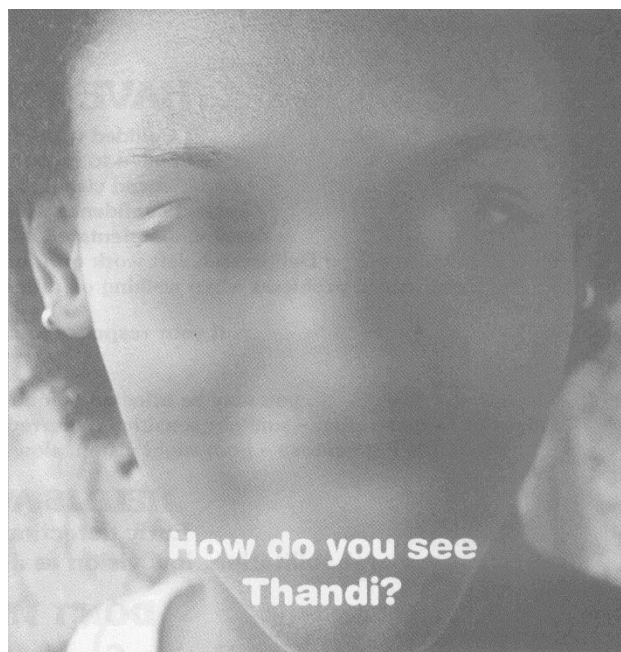
Επομένως, οι κληρονομικές δυσλειτουργίες κωνίων αντιμετωπίζονται εξειδικευμένα. Οι μη συγγενείς δυσλειτουργίες κωνίων είναι αυτές που καλούνται δυστροφία κωνίων όποτε εμφανίζονται να κληρονομούνται, που είναι και η συνήθης περίπτωση.¹⁶

Επιδημιολογία

Οι δυστροφίες των κωνίων είναι λιγότερο συχνές από τις δυστροφίες των ραβδίων.^{14β} Η πάθηση εκδηλώνεται μεταξύ της 1^{ης} και 3^{ης} δεκαετίας της ζωής του ατόμου και συναντάται σε συχνότητα 1:30.000, σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο του Michigan.^{17α}

Συμπτωματολογία

Οι ασθενείς με δυστροφία κωνίων τυπικά παρουσιάζουν μειωμένη οπτική οξύτητα, που δε δύναται να διορθωθεί και, συχνά, προβάλλει εμπόδια ακόμη και στην αναγνώριση οικείων προσώπων (Εικόνα 4.2). Ακόμα, εμφανίζουν ιστορικό φωτοφοβίας ή διαταραχών προσαρμογής από το σκοτάδι στο φως, ήπιο νυσταγμό, καθώς και διαταραχές της διάκρισης των χρωμάτων ή των αποχρώσεων (ποικίλο εύρημα) και δυσκολία στην αντίληψη του χρωματικού βάθους (κορεσμού) (Εικόνα 4.3). Επιπλέον, αναφέρεται από τους ασθενείς καλύτερη όραση στο ημίφως ή στο σκοτάδι και ακέραια περιφερική όραση (Πίνακας 4.1). Συχνά, οι ασθενείς δεν αναφέρουν τα παραπάνω προβλήματα, εκτός αν ερωτηθούν ειδικά για αυτά.^{6δ}



Εικόνα 4.2. Προσομοίωση όρασης ατόμου με δυστροφία κωνίων.

Πηγή: http://retinasa.org.za.winhost.wa.co.za/?page_id=634



Εικόνα 4.3. Σύγκριση όρασης ατόμου με φυσιολογική όραση και ατόμου με προχωρημένη δυστροφία κωνίων (σημειώνεται η σύγχυση χρωμάτων: ροδί-φαιό και λευκό-κίτρινο).

Πηγή: <http://www.lowvisionsimulators.com/product/macular-degeneration-simulators>

Πίνακας 4.1. Συμπτώματα που συνήθως παρατηρούνται σε ασθενείς με δυστροφία κωνίων.

Πηγή: American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και υαλοειδές σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης; 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και ψυχοφυσική χρωματική αντίληψη; σελ. 170.

Συμπτώματα
Μειωμένη χωρίς εμφανή αίτια οπτική οξύτητα, φωτοφοβία, θάμβος οράσεως
Διαταραχές αντίληψης των χρωμάτων (και συχνά των αποχρώσεων)
Προβλήματα προσαρμογής στο φως ή στο σκοτάδι, ιδίως κατά την μετάβαση από το σκοτάδι στο φως
Κεντρικά σκοτώματα (bull's eye effect)

Αιτιολογία – Γενετικό Υπόβαθρο

Αιτία της δυστροφίας των κωνίων είναι κάποια κληρονομική αλλοίωση του γονιδιώματος. Έχουν εντοπιστεί έξι γονίδια που προκαλούν τη δυστροφία κωνίων, όταν αυτά μεταλλάσσονται. Τα μεταλλαγμένα γονίδια είναι υπεύθυνα για την παραγωγή πρωτεϊνών που παίρνουν μέρος στη μετατροπή του φωτεινού

ερεθίσματος και τη μετάδοση αυτού στο νευρώνα. Ο τύπος της δυστροφίας των κωνίων σε μία οικογένεια και ο τρόπος κληρονομησης εξαρτώνται από το ποιο γονίδιο έχει τη μετάλλαξη κάθε φορά. Η σοβαρότητα της απώλειας όρασης μπορεί ακόμη να ποικίλλει ανάλογα με το σημείο της μετάλλαξης μέσα σε ένα γονίδιο δυστροφίας κωνίων. Για το λόγο αυτό, κάθε ασθενής αποτελεί και μία ξεχωριστή κλινική περίπτωση.

Κληρονομικότητα

Κάθε σωματικό κύτταρο περιέχει τις ίδιες γενετικές εντολές που υποδεικνύουν στο σώμα μας τις λειτουργίες του. Το πρώτο μισό των πληροφοριών προέρχεται από τη μητέρα και το δεύτερο μισό από τον πατέρα. Οι πληροφορίες εντοπίζονται στις δομές που ονομάζονται χρωμοσώματα. Κάθε κύτταρο περιέχει 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων ή 46 χρωμοσώματα συνολικά. Κάθε χρωμόσωμα έχει πολλά γονίδια, καθένα των οποίων περιλαμβάνει συγκεκριμένες οδηγίες για μία εξειδικευμένη λειτουργία του σώματος, όπως είναι το χρώμα των ματιών. Εφόσον διαθέτουμε δύο αντίγραφα από κάθε χρωμόσωμα, έχουμε και δύο αντίγραφα για τα περισσότερα γονίδια.

Τα μοναδικά χρωμοσώματα που δεν υπάρχουν σε ζεύγη είναι τα φυλετικά χρωμοσώματα X και Y. Οι άνδρες έχουν ένα X και ένα Y, εν αντιθέσει με τις γυναίκες που έχουν δύο χρωμοσώματα X. Επομένως, οι γυναίκες έχουν δύο αντίγραφα των γονιδίων του X χρωμοσώματος ενώ οι άνδρες μόνο ένα.

Μερικές φορές το γονίδιο μπορεί να μη λειτουργεί κατάλληλα εξαιτίας ενός «τυπογραφικού λάθους» στις οδηγίες του ενός ή και των δύο αντιγράφων του γονιδίου. Το τυπογραφικό λάθος μπορεί να αναφέρεται σε μια γενετική παραλλαγή ή σε μια γενετική μετάλλαξη. Όταν το γονίδιο δε λειτουργεί καταλλήλως, μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση κληρονομικών ασθενειών, όπως είναι η δυστροφία των κωνίων.

Πολλοί διαφορετικοί τύποι των γονιδίων είναι ικανοί να προκαλέσουν δυστροφία των κωνίων, αν μεταλλαχθούν. Ο τύπος της δυστροφίας των κωνίων μέσα σε μία οικογένεια και ο τρόπος που αυτός κληρονομείται εξαρτώνται από το μεταλλαγμένο γονίδιο. Το επίπεδο απώλειας της όρασης μπορεί, επίσης, να εξαρτάται από την περιοχή του γονιδίου που έχει μεταλλαχθεί.

Κληρονομικότητα της Προοδευτικής Δυστροφίας των Κωνίων

Η προοδευτική απώλεια κληρονομείται συνήθως με αυτοσωμικό επικρατή τρόπο, αλλά έχουν περιγράψει περιπτώσεις ασθενών με αυτοσωμικό υπολειπόμενο και φυλοσύνδετο υπολειπόμενο κληρονομικό χαρακτήρα. Παρακάτω θα αναλυθούν ξεχωριστά όλες οι περιπτώσεις και θα δοθούν διευκρινιστικές εικόνες με παραδείγματα κληρονομικότητας σε οικογένειες ατόμων, ο συμβολισμός των οποίων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.2. Συμβολισμός διαγραμμάτων κληρονομικότητας.

Πηγή: Openshaw A, Branham K, Heckenlively J. *Understanding cone dystrophy*. Michigan: University of Michigan: Kellogg Eye Center; 2007. Κεφάλαιο 3; *Genetics for cone dystrophy*; σελ. 13.

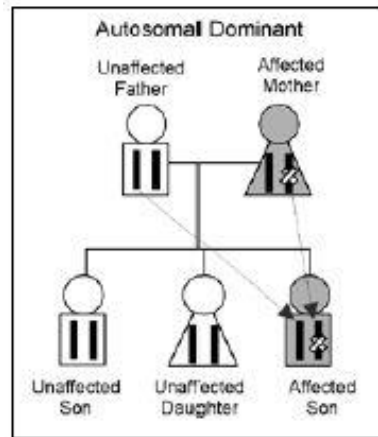
Συμβολισμός ατόμων στα διαγράμματα	
Άτομο με δυστροφία κωνίων	Φαίο εικονίδιο
Χρωμοσώματα	Δύο μαύρες παράλληλες γραμμές
Γενετικές μεταλλάξεις	Λευκό X

Αυτοσωμική Επικρατής Κληρονομικότητα

Η αυτοσωμική επικρατή κληρονομικότητα εμφανίζεται μόνο όταν ένα αντίγραφο ενός γονιδίου έχει υποστεί μετάλλαξη. Η συγκεκριμένη μετάλλαξη οδηγεί στην εκδήλωση δυστροφίας κωνίων, ακόμη και όταν το άλλο αντίγραφο είναι φυσιολογικό. Ορισμένα χαρακτηριστικά της αυτοσωμικής επικρατούς κληρονομικότητας είναι:

- Η ασθένεια μπορεί να περάσει από τη μία γενιά στην επόμενη, δηλαδή από το γονέα στο τέκνο και από το τέκνο στα εγγόνια.
- Τόσο τα αρσενικά, όσο και τα θηλυκά, μέλη της οικογένειας εκδηλώνουν εξίσου τη νόσο.
- Όταν ένα άτομο κληρονομεί τη νόσο με αυτοσωμικό επικρατή τύπο, υπάρχει πιθανότητα 50% να μεταβιβάσει την ασθένεια σε κάθε τέκνο που θα αποκτήσει.

Σε ορισμένες οικογένειες με αυτοσωμική επικρατή δυστροφία των κωνίων, η ασθένεια δεν εκδηλώνεται με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα μέλη. Πιθανά, κάποια μέλη να εμφανίσουν ήπια συμπτωματολογία, ίσως και μη αντιληπτή. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να μην εκδηλώσουν καθόλου συμπτώματα, ωστόσο η πιθανότητα να μεταβιβάσουν την ασθένεια στην επόμενη γενεά είναι 50%.



Εικόνα 4.4. Σχηματική αναπαράσταση της αυτοσωμικής επικρατούς κληρονομικότητας.

Πηγή: Openshaw A, Branham K, Heckenlively J. *Understanding cone dystrophy*. Michigan: University of Michigan: Kellogg Eye Center; 2007. Κεφάλαιο 3; *Genetics for cone dystrophy*; σελ. 13.

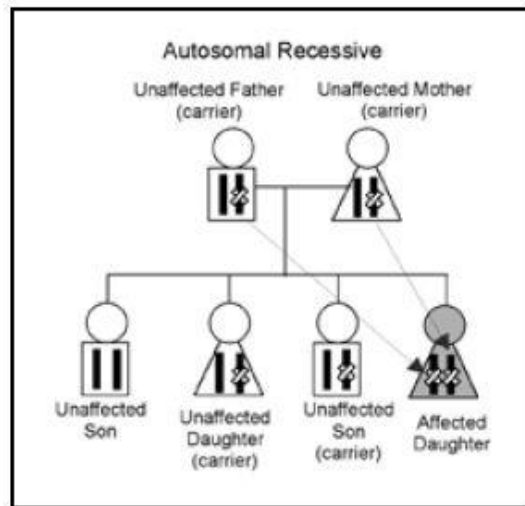
Αυτοσωμική Υπολειπόμενη Κληρονομικότητα

Στο συγκεκριμένο τύπο κληρονομικότητας το άτομο εκδηλώνει την ασθένεια όταν και τα δύο αλληλόμορφα του γονιδίου δε λειτουργούν φυσιολογικά. Σε αυτή την περίπτωση το γονίδιο και από τη μητέρα και από τον πατέρα έχει υποστεί μετάλλαξη.

Τα χαρακτηριστικά της αυτοσωμικής υπολειπόμενης κληρονομικότητας είναι :

- Τυπικά μόνο μία γενιά εκδηλώνει τη νόσο.
- Η νόσος εκδηλώνεται εξίσου και στα δύο φύλα.
- Μεμονωμένα άτομα με μόνο ένα φυσιολογικό γονίδιο και ένα μεταλλαγμένο γενικά δεν εμφανίζουν συμπτώματα και ονομάζονται φορείς.
- Όταν και οι δύο γονείς είναι φορείς, το τέκνο έχει πιθανότητα 25% να εκδηλώσει την ασθένεια.
- Είναι πιθανό για ένα μόνο άτομο σε μία οικογένεια να έχει δυστροφία

κωνίων.



Εικόνα 4.5. Σχηματική αναπαράσταση της αυτοσωμικής υπολειπόμενης κληρονομικότητας.

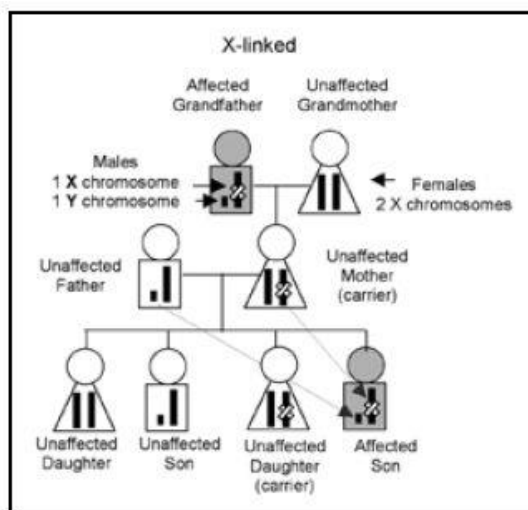
Πηγή: Openshaw A, Branham K, Heckenlively J. *Understanding cone dystrophy*. Michigan: University of Michigan: Kellogg Eye Center; 2007. Κεφάλαιο 3; *Genetics for cone dystrophy*; σελ. 14.

Φυλοσύνδετη Υπολειπόμενη Κληρονομικότητα

Στη φυλοσύνδετη κληρονομικότητα, η μετάλλαξη εντοπίζεται στο X χρωμόσωμα. Επειδή οι άνδρες έχουν ένα X χρωμόσωμα, αν αυτό είναι μεταλλαγμένο θα εκδηλώσουν την ασθένεια. Γυναίκες με ένα μεταλλαγμένο και ένα φυσιολογικό αντίγραφο γονιδίου τυπικά δεν εμφανίζουν συμπτώματα, ενώ εάν εμφανίζουν, θα είναι ήπια και εμφανίζονται στην πορεία της ζωής.

Τα χαρακτηριστικά της φυλοσύνδετης υπολειπόμενης κληρονομικότητας είναι :

- Κατά την πάροδο των γενεών παρουσιάζεται πληθώρα ανδρών που νοσούν και γυναίκες φορείς: π.χ. παππούς ασθενής → κόρη φορέας → εγγονός ασθενής.
- Είναι πιο συχνή στους άνδρες από ότι στις γυναίκες.
- Όταν ένας άνδρας νοσεί, όλες οι κόρες θα είναι φορείς, ενώ κανένας γιος δε θα νοσεί.
- Όταν η γυναίκα είναι φορέας, υπάρχει πιθανότητα 50% κάθε κόρη να είναι φορέας και κάθε γιος να νοσεί.



Εικόνα 4.6. Σχηματική αναπαράσταση της φυλοσύνδετης υπολειπόμενης κληρονομικότητας.

Πηγή: Openshaw A, Branham K, Heckenlively J. *Understanding cone dystrophy*. Michigan: University of Michigan: Kellogg Eye Center; 2007. Κεφάλαιο 3; *Genetics for cone dystrophy*; σελ. 15.

Αβέβαιη Κληρονομικότητα

Συχνά, ένα άτομο που διαγιγνώσκεται με δυστροφία των κωνίων δεν έχει κάποιο άλλο μέλος στην οικογένειά του που να πάσχει. Οι πιθανές αιτίες εντοπισμού της ασθένειας σε ένα μόνο άτομο της οικογένειας είναι:

- Το συγκεκριμένο άτομο παρουσιάζει τη μετάλλαξη για πρώτη φορά μέσα στην οικογένεια.
- Η μετάλλαξη εμφανίζεται και σε άλλα μέλη της οικογένειας, παραμένει όμως χωρίς διάγνωση. Τα συγκεκριμένα άτομα μπορεί να εμφανίζουν ήπια συμπτώματα εξ αρχής ή στην πορεία της ζωής τους.
- Η μετάλλαξη υπάρχει στην οικογένεια, αλλά κατά σύμπτωση κανένα άλλο μέλος δε νοσεί. Στην αυτοσωμική υπολειπόμενη δυστροφία των κωνίων, φορείς μπορεί να υπάρχουν, τόσο από τη μεριά της μητέρας, όσο και του πατέρα για πολλές γενεές, αλλά ένα τέκνο δε θα αναπτύξει δυστροφία, αν αμφότεροι οι γονείς δεν είναι φορείς και δε μεταβιβάσουν τη μετάλλαξη.^{17β}

Διάγνωση

Υπάρχουν πολλές εξεταστικές μέθοδοι για τη διάγνωση της δυστροφίας κωνίων και, με την πάροδο του χρόνου και την πρόοδο της τεχνολογίας, αυτές

εξελίσσονται και βελτιώνονται ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους. Οι εξεταστικές μέθοδοι του ματιού διακρίνονται σε υποκειμενικές και αντικειμενικές. Για τις πρώτες απαιτείται συνεργασία με τον εξεταζόμενο, ενώ οι αντικειμενικές παρέχουν διαγνωστικά στοιχεία, ανεξάρτητα από τη βούληση του εξεταζόμενου.

Υποκειμενικές Εξεταστικές Μέθοδοι

Μέτρηση Οπτικής Οξύτητας

Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας σε κάθε μάτι χωριστά αποτελεί το πρώτο βήμα σε κάθε οφθαλμολογική εξέταση. Με αυτή την εξέταση εκτιμάται η όραση της κεντρικής περιοχής του αμφιβληστροειδούς, καθώς εκεί ο αριθμός των κωνίων είναι μεγαλύτερος, ενώ στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς υπάρχουν μόνο κωνία. Συνεπώς, είναι εξέταση απαραίτητη για τη διάγνωση της δυστροφίας κωνίων.

Η οπτική οξύτητα εξαρτάται από τη διαθλαστική κατάσταση του ματιού, τη λειτουργικότητα του αμφιβληστροειδούς και την αγωγιμότητα των οπτικών ινών. Διαταραχή οποιουδήποτε από τους παράγοντες αυτούς μπορεί να προκαλέσει τη μείωση της οπτικής οξύτητας.

Για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας συνήθως χρησιμοποιούνται τα οπτότυπα του Sneller, που τοποθετούνται σε απόσταση 6 m από τον εξεταζόμενο. Τα οπτότυπα αποτελούνται από σειρές γραμμάτων ή αριθμών, το μέγεθος των οποίων μειώνεται σταδιακά από σειρά σε σειρά (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7. Οπτότυπο Sneller.

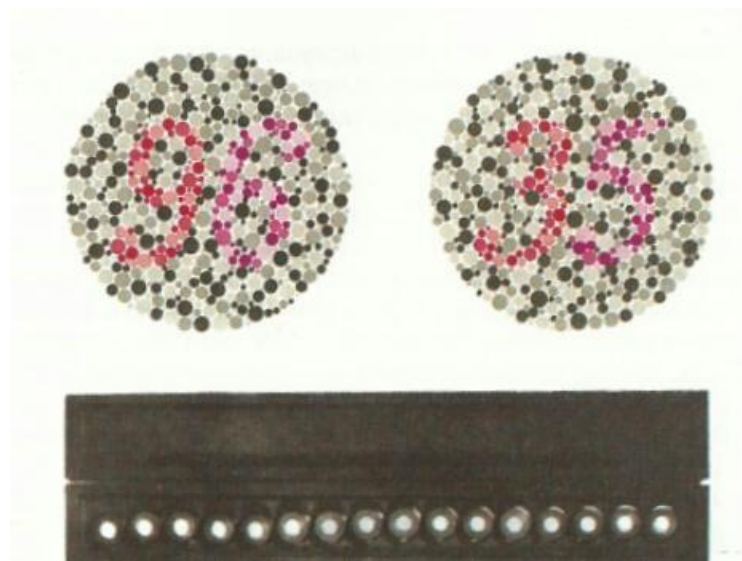
Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 14.

Για την εξέταση σε αναλφάβητους υπάρχουν ειδικοί πίνακες, όπου τα γράμματα και οι αριθμοί έχουν αντικατασταθεί με άλλα σύμβολα, ενώ σε παιδιά προσχολικής ηλικίας χρησιμοποιούνται οπτότυπα με εικόνες ζώων ή αντικειμένων. Η αναγνώριση των συμβόλων της πρώτης σειράς αντιστοιχεί σε οπτική οξύτητα 1/10, της δεύτερης σειράς σε οπτική οξύτητα 2/10, μέχρι τη δέκατη σειρά, που αντιστοιχεί σε οπτική οξύτητα 10/10 που είναι και η φυσιολογική.^{3η}

Χρωματικές Δοκιμασίες

Για την μελέτη της αντίληψης των χρωμάτων χρησιμοποιούνται διάφορες εξεταστικές μέθοδοι, εκ των οποίων κάποιες εξετάζουν μόνο τη διάκριση των βασικών χρωμάτων ενώ κάποιες άλλες, επιπλέον, τη διάκριση των αποχρώσεών τους. Μεταξύ των εξεταστικών μεθόδων διακρίνονται:^{3θ}

1. Πλεξίδες έγχρωμων μαλλιών Holmgreen
2. Έγχρωμα μολύβια Adler-Vierling
3. Farnsworth α) Panel-D, β) 100 Hue test
4. Ψευδοίσοχρωματικοί πίνακες Ishihara
5. Δοκιμασίες έγχρωμων φανών
6. Δοκιμασίες χρωματικών αντιθέσεων Plugger-Cohn-Velhagen
7. Δοκιμασίες ανάμειξης και χρωματικής εξίσωσης
8. Ανωμαλοσκόπιο Nagel I και II.



Εικόνα 4.8. Ψευδοίσοχρωματικοί πίνακες Ishihara και Farnsworth 100 Hue test.

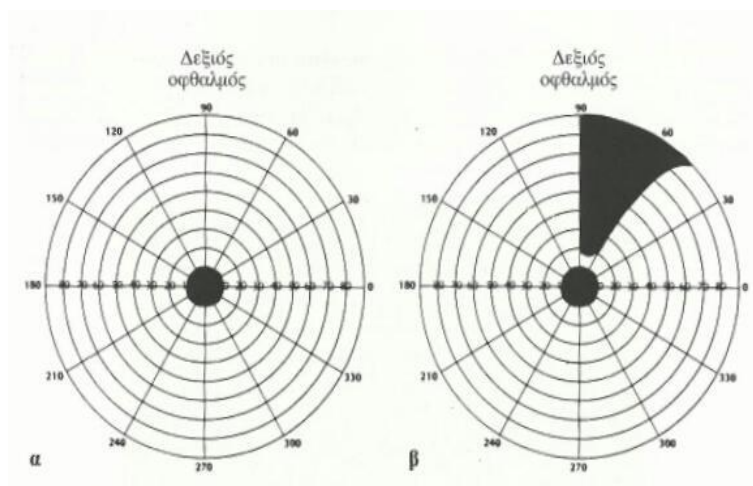
Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 16.

Οι χρωματικές δοκιμασίες χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση διαφόρων μορφών δυσχρωματοψίας που εμφανίζονται σε περιπτώσεις δυστροφίας κωνίων. Από τις δοκιμασίες που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιούνται συχνότερα οι 3,4,5 (Εικόνα 4.8).

Μελέτη των Οπτικών Πεδίων

Ως οπτικό πεδίο ορίζεται το σύνολο των σημείων του χώρου που βλέπει ένα μάτι όταν προσηλώνεται σε ένα σημείο, δηλαδή είναι ακίνητο. Τα όρια του φυσιολογικού πεδίου κατά προσέγγιση περιορίζονται ρινικά σε 60–70°, κροταφικά σε 90°, προς τα πάνω σε 60° και προς τα κάτω σε 70–80°. Κάθε περιοχή του οπτικού πεδίου που δε γίνεται αντιληπτή εντός των παραπάνω ορίων καλείται σκότωμα.

Το σκότωμα του οπτικού πεδίου διακρίνεται σε κεντρικό ή περιφερικό, ανάλογα με τη θέση του (Εικόνα 4.9). Το κεντρικό σκότωμα αντιστοιχεί στο σημείο προσήλωσης και οφείλεται σε βλάβη της ωχράς κηλίδας ή του κεντρικού δεματίου του οπτικού νεύρου.^{14α}

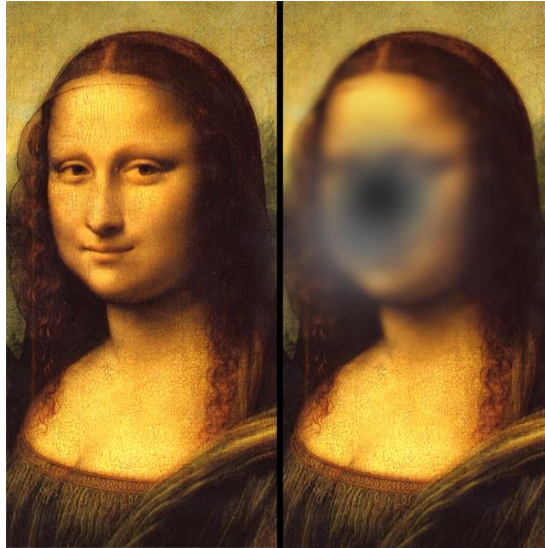


Εικόνα 4.9. α) Κεντρικό σκότωμα οπτικού πεδίου σε ασθενή με κεντρική ορώδη αμφιβληστροειδοπάθεια. β)Κεντρικό και περιφερικό σκότωμα οπτικού πεδίου.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 20.

Κάθε κεντρικό σκότωμα συνοδεύεται από μείωση της οπτικής οξύτητας (Εικόνα 4.10). Τα περιφερικά σκοτώματα οφείλονται σε βλάβες του περιφερικού αμφιβληστροειδούς ή των περιφερικών οπτικών ινών και δεν επηρεάζουν την

οπτική οξύτητα του ματιού. Στην περίπτωση δυστροφίας κωνίων, κατά την εξέταση των οπτικών πεδίων διακρίνονται αμφοτερόπλευρα κεντρικά σκοτώματα.^{14α}



Εικόνα 4.10. Προσομοίωση όρασης ατόμου με κεντρικό σκότωμα.

Πηγή: <http://www.blindness.org/blog/index.php/why-face-recognition-can-be-difficult-with-central-vision-loss/#more-2027>

Αντικειμενικές Εξεταστικές Μέθοδοι

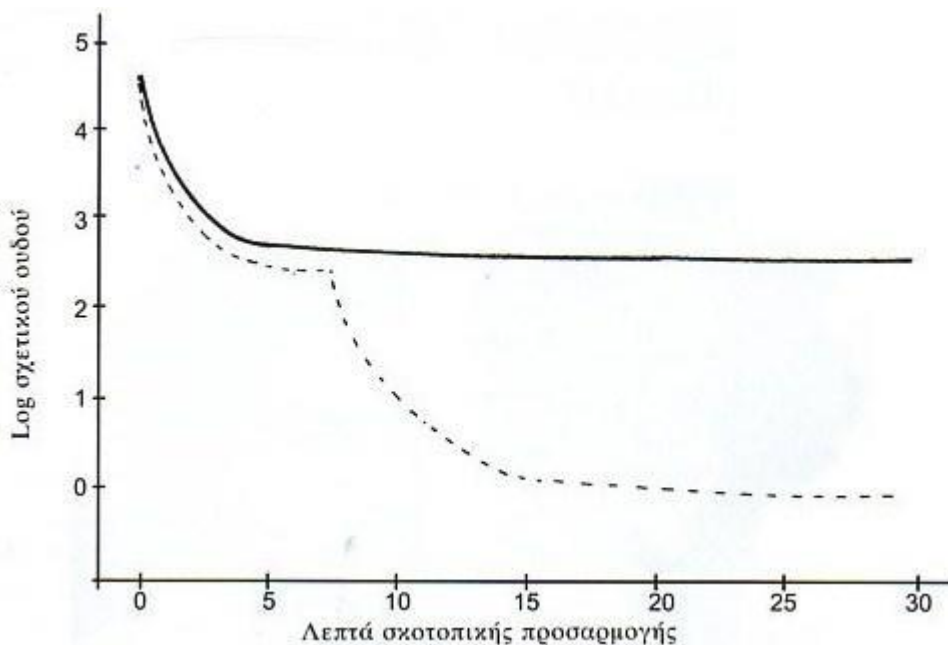
Εξέταση Ευαισθησίας στη Φωτεινή Αντίθεση και Προσαρμογής στο Σκότος

Για τον καθορισμό της ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση μελετάται η ουδός ευαισθησίας (ουδός καλείται το σημείο στο οποίο ξεκινά να παράγεται ένα ψυχολογικό ή φυσιολογικό αποτέλεσμα), καθώς όσο μικρότερη είναι η ουδός, τόσο υψηλότερη είναι η ευαισθησία. Στη σύγχρονη ιατρική αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών συσκευών, όπου στην οθόνη καθοδικού παλμογράφου εκτίθενται εναλλάξ σκοτεινές και φωτεινές παράλληλες γραμμές, ενώ αυξάνεται προοδευτικά η φωτεινή τους αντίθεση, έως ότου γίνουν αντιληπτές από τον εξεταζόμενο. Στη συνέχεια, καθορίζεται η ουδός ευαισθησίας του εξεταζόμενου ματιού, αυτόματα και μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Ο καθορισμός της ευαισθησίας στη φωτεινή αντίθεση ενός ματιού καθιστά δυνατή μια λεπτομερέστερη εκτίμηση της όρασης. Σε παθήσεις όπως η δυστροφία των κωνίων, αλλά και παθήσεις της ωχράς κηλίδας και του οπτικού νεύρου, οι

διαταραχές της ευαισθησίας εκδηλώνονται πρώιμα και πολύ πριν από τη μείωση της οπτικής οξύτητας, την εμφάνιση ελλειμμάτων των οπτικών πεδίων ή ακόμη και των διαταραχών της αντίληψης των χρωμάτων.

Η ικανότητα προσαρμογής στο σκότος μετράται με ειδικά όργανα, το πιο συνηθισμένο από τα οποία είναι το *προσαρμοσιόμετρο* (Adaptometer) Goldmann–Weekers. Κατά την εξέταση προκαλούνται στους ασθενείς φωτεινές αναλαμπές ανά τρίλεπτο, ενώ μετράται η ελάχιστη ένταση φωτός που είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί αντίληψη φωτός από το μάτι του εξεταζόμενου. Τα αποτελέσματα καταγράφονται υπό μορφή καμπύλης (επονομαζόμενης καμπύλης προσαρμογής στο σκότος) και από τη μελέτη της συνάγονται διάφορα συμπεράσματα όσον αφορά στην ικανότητα της προσαρμογής στο σκότος και την καλή ή όχι λειτουργία των ραβδίων (Εικόνα 4.11). Η προσαρμογή στο σκότος σε ασθενείς με δυστροφία κωνίων είναι φυσιολογική, καθώς τα ραβδία λειτουργούν κανονικά.³¹



Εικόνα 4.11. Φυσιολογική καμπύλη προσαρμογής στο σκότος (στικτή γραμμή) και σε ασθενή που πάσχει από ημεραλωπία (συνεχής γραμμή).

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 25.

Οφθαλμοσκόπηση

Η οφθαλμοσκόπηση εκτελείται έπειτα από *μυδρίαση του ματιού* (προσθήκη ειδικού κολλυρίου για διαστολή της κόρης) και παρατήρηση του βυθού μέσω

οφθαλμοσκοπίου από τον οφθαλμίατρο. Το οφθαλμοσκόπιο αποτελείται από τη συσκευή παρατήρησης με ενσωματωμένη φωτεινή πηγή και από ένα μεγεθυντικό φακό που κρατείται από τον εξεταστή μεταξύ της φωτεινής πηγής και του ματιού.

Μέσω της οφθαλμοσκόπησης δεν μπορεί να διαγνωστεί άμεσα η δυστροφία κωνίων, αλλά είναι ενδεικτική της έλλειψης ή δυσλειτουργίας αυτών. Στα συνήθη ευρήματα περιλαμβάνονται η περιγεγραμμένη κοκκιομορφή εμφάνιση ή ατροφία της ωχρικής περιοχής και η κροταφική ωχρότητα ή ατροφία της οπτικής θηλής. Σε πρώιμες φάσεις της δυστροφίας κωνίων είναι δυνατόν να παρατηρηθεί (Εικόνα 4.12) ωχρική αλλοίωση δίκην «Οφθαλμού βοός» (Bull's Eye), ενώ ορισμένοι ασθενείς με φυλοσύνδετη δυστροφία κωνίων παρουσιάζουν συρρέουσες περιοχές με ταπητιοεικόνα (δηλαδή μορφή πλέξης τάπητα).^{31α}



Εικόνα 4.12. Φαινόμενο «Οφθαλμού βοός».

Πηγή:https://www.ttuhscc.edu/som/ophthalmology/eyeatlas/Retina/cone_dystrophy_with_bulls_eye_maculopathy.aspx

Πίνακας 4.3. Σημεία που συνήθως παρατηρούνται σε ασθενείς με εκφύλιση των κωνίων.

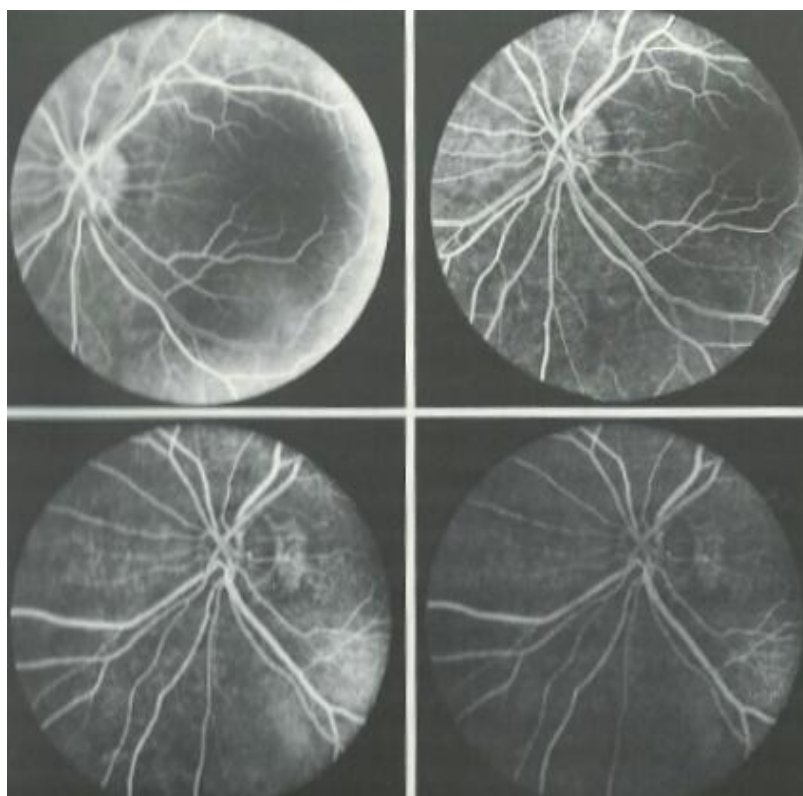
Πηγή: American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και υαλοειδές σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Παχαλίδης; 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και ψυχοφυσική χρωματική αντίληψη; σελ. 170.

Οφθαλμοσκοπικά σημεία εκφύλισης των κωνίων
Απώλεια νευρικών ινών
Κροταφική ατροφία της οπτικής θηλής
Εκφύλιση ωχράς: δυνατόν να έχει αρχικά κοκκιομορφή εμφάνιση, αργότερα συμμετρική ή κυκλική ατροφία του κεντρικού βοθρίου
Πιθανόν να παρατηρηθούν χρυσίζουσες υπαμφιβληστροειδικές εναποθέσεις
Οι κατά το φυλοσύνδετο χαρακτήρα μεταβιβαζόμενες διαταραχές με όψιμη εμφάνιση έχουν ταπητιοεικόνα βυθού

Φλουοροαγγειογραφία

Η φλουοροαγγειογραφία είναι εξεταστική μέθοδος του βυθού του ματιού και βασίζεται στη φωτογράφιση του φθορισμού που εκπέμπουν τα μόρια της φλουορεσκεΐνης κατά τη δίοδό τους από τα αγγεία του βυθού.

Με τη φλουοροαγγειογραφία απεικονίζονται και ελέγχονται αλλοιώσεις των αγγείων και του μελάγχροου επιθηλίου του αμφιβληστροειδούς που εκδηλώνονται σε φλεγμονές και εκφυλιστικές αλλοιώσεις. Σε φυσιολογικές καταστάσεις η χρωστική κυκλοφορεί μόνο μέσα στα αγγεία του αμφιβληστροειδούς, ενώ όταν υπάρχουν βλάβες των τοιχωμάτων των αγγείων η χρωστική εξαγγειώνεται (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.13. Διάφορες φάσεις της φλουοροαγγειογραφίας σε φυσιολογικό οφθαλμό.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 30.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται η αγγειογραφία με ινδοκυανίνη (ICG) ως μέθοδος μελέτης της κυκλοφορίας του χοριοειδούς και των διαταραχών της. Οι μεγάλες εξελίξεις στον τομέα της υψηλής ψηφιακής ανάλυσης επέτρεψαν τη λήψη

καθάρων εικόνων με αποτέλεσμα η αγγειογραφία με ICG να διαδοθεί στην κλινική πράξη.^{31β}

Ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (ΗΑΓ)

Το **ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα** (ΗΑΓ) αποτελεί τη γραφική απεικόνιση των μεταβολών του δυναμικού ηρεμίας του αμφιβληστροειδούς, όταν ερεθιστεί με φωτεινή ακτινοβολία ποικίλλουσας έντασης.

Για τον ηλεκτροφυσιολογικό έλεγχο του αμφιβληστροειδούς χρησιμοποιείται μηχάνημα, που αποτελείται από συσκευή παραγωγής φωτεινών ερεθισμάτων και σύστημα απεικόνισης και καταγραφής των ηλεκτρικών δυναμικών, τα οποία παράγονται από τον αμφιβληστροειδή. Για την απαγωγή των ηλεκτρικών δυναμικών χρησιμοποιούνται ειδικά ηλεκτρόδια που τοποθετούνται, όπως οι φακοί επαφής, στον κερατοειδή του εξεταζόμενου ματιού.

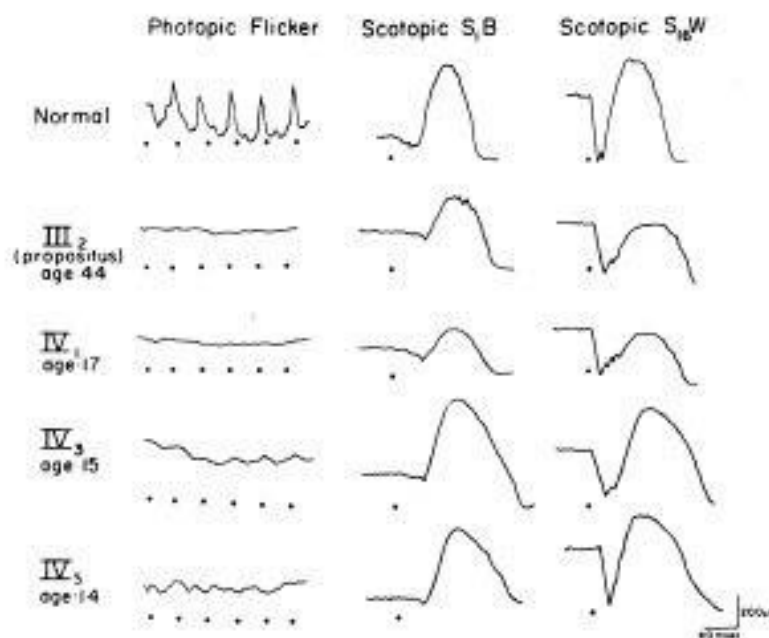
Το ΗΑΓ εκφράζει μια μαζική αντίδραση που προέρχεται από όλα τα κωνία και τα ραβδία που λειτουργούν τη στιγμή της καταγραφής και παρέχει πληροφορίες για τη λειτουργικότητα του αμφιβληστροειδούς στο σύνολό του.

Το φυσιολογικό αμφιβληστροειδογράφημα αποτελείται από 4 κύματα (a, b, c, d). Στην κλινική πράξη σημασία έχει το κύμα β, καθώς στη δυστροφία κωνίων το ΗΑΓ υποδεικνύει εκλεκτική μείωση του φωτοπικού κύματος β και ελάττωση της κριτικής συχνότητας συγχωνεύσεως της κεντρικής περιοχής, ενώ τα σκοτοπικά στοιχεία παραμένουν αναλλοίωτα.^{31γ}

Πιο συγκεκριμένα, σε ηλικίες 10–30 ετών μιας οικογένειας, το φωτοπικό ΗΑΓ μπορεί να καταγράφεται ή να είναι σβησμένο, ενώ σε άλλες οικογένειες είναι πιθανό να επηρεάζεται σε μικρό μόνο βαθμό. Μελέτες στον τρόπο κληρονομικότητας πιστεύεται ότι θα δώσουν απάντηση στο λόγο της διαφοροποίησης του ΗΑΓ μεταξύ των ασθενών. Πάντως σε όλες τις περιπτώσεις, το φωτοπικό ΗΑΓ επηρεάζεται με την πάροδο του χρόνου σε μεγαλύτερο βαθμό. Τελικά, το φωτοπικό ΗΑΓ που λαμβάνεται με λαμπρό, διάχυτο, φωτεινό ερέθισμα, είναι σβησμένο. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, με τη χρήση εναλλασσόμενου φωτεινού ερεθίσματος καταγράφονται μεγαλύτερου βαθμού

διαταραχές, σε σύγκριση με εκείνες που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιηθεί λαμπρό, φωτεινό ερέθισμα.^{6ε}

Στη συνέχεια, παρατίθεται ένα ΗΑΓ από μια οικογένεια πασχόντων και παρατηρείται η διαταραχή προοδευτικά, ανάλογα με την ηλικία (Εικόνα 4.14). Η φωτοπική αντανάκλαστική αντίδραση απουσιάζει σε όλους τους ασθενείς. Οι νεότεροι σε ηλικία ασθενείς έχουν σχεδόν φυσιολογικές σκοτοπικές αντιδράσεις (φυσιολογικές τιμές: κυανό S1= 400 ± 130 uV, λευκό S16= 550 ± 110 uV). Ο πατέρας των τριών αδερφών (III₂) παρουσιάζει μία αισθητή μείωση (50%) στα σκοτοπικά οπτικά κύματα.



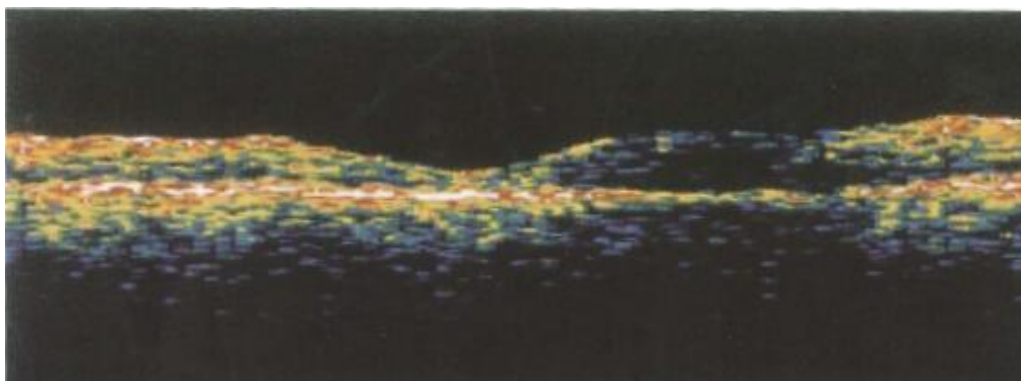
Εικόνα 4.14. Φωτοπικά και σκοτοπικά προσαρμοσμένα διαγράμματα ΗΑΓ από 4 μέλη οικογένειας με προοδευτική δυστροφία κωνίων.

Πηγή: MichaelidesM, Aligiani IA et al. Progressive Cone Dystrophy Associated with Mutation in CNGB3. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2004; 45(6): 1975-1982.

Οπτική Τομογραφία Συνοχής

Η Οπτική Τομογραφία Συνοχής (Optical Coherence Tomography, OCT) είναι ένας θεμελιώδης νέος τύπος ιατρικής διαγνωστικής απεικονιστικής τεχνολογίας, η οποία εκτελεί, σε μικροκλίμακα, υψηλής ανάλυσης απεικόνιση εγκάρσιας τομής της εσωτερικής μικροδομής σε βιολογικούς ιστούς (με τη μέτρηση της έντασης και της ηχούς της χρονικής καθυστέρησης του φωτός). Οι εικόνες που προκύπτουν

εμφανίζονται με τη χρησιμοποίηση μιας ψευδοχρωματικής κλίμακας, όπου τα διαφορετικά μεγέθη του οπισθοσκεδαζόμενου φωτός εμφανίζονται ως διαφορετικά χρώματα σε μία κλίμακα χρωμάτων του ουρανού τόξου (Εικόνα 4.15).

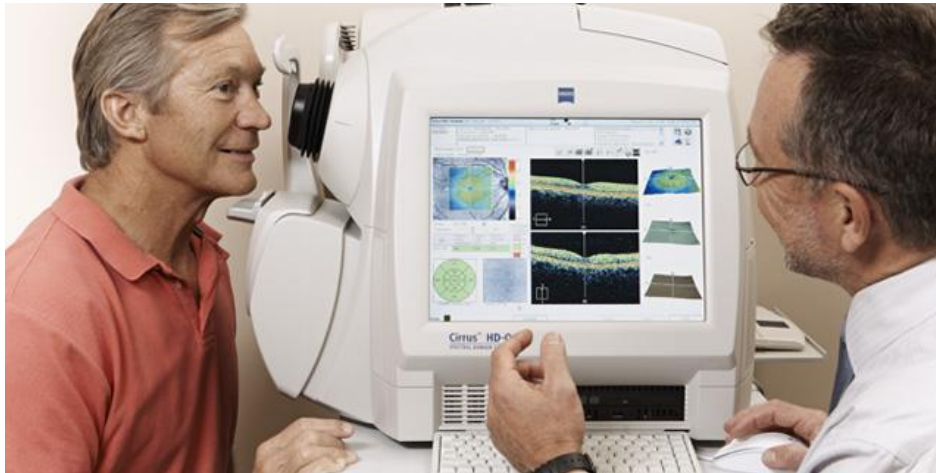


Εικόνα 4.15. Χρήση της OCT στη μελέτη ιδιαίτερα της ωχράς κηλίδας και των παθήσεών της.

Πηγή: Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ; Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές μέθοδοι; σελ. 46.

Η OCT έχει αναδειχθεί ως απαραίτητο στοιχείο στην οφθαλμολογία, καθώς επιτρέπει σε πραγματικό χρόνο την απεικόνιση του αμφιβληστροειδούς και του προσθίου ημιμορίου του οφθαλμού σε αναλύσεις που ήταν παλαιότερα αδύνατο να επιτευχθούν με οποιαδήποτε άλλη μη επεμβατική μέθοδο απεικόνισης. Αφού η OCT δημιουργεί εικόνες εγκάρσιας τομής της μορφολογίας του αμφιβληστροειδούς, μπορεί να παρέχει ζωτικές διαγνωστικές πληροφορίες συμπληρωματικά στη συμβατική φωτογραφία βυθού και τη φλουοροαγγειογραφία. Με τη μέθοδο αυτή καθίσταται δυνατή η οπτικοποίηση των δομικών χαρακτηριστικών του αμφιβληστροειδούς, συμπεριλαμβανομένου του βοθρίου και του οπτικού δίσκου, καθώς και της εσωτερικής αρχιτεκτονικής μορφολογίας του αμφιβληστροειδούς, όπως της στιβάδας νευρικών ινών (NFL), της στιβάδας των γαγγλιακών κυττάρων (GCL) και των φωτοϋποδοχέων. Επιπλέον, με την απεικόνιση του προσθίου ημιμορίου του οφθαλμού επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση του κερατοειδούς, της ίριδας, του φακού και της γωνίας. Πολλές μελέτες έχουν καθιερώσει τη χρησιμότητα της απεικόνισης OCT για την ανίχνευση και την παρακολούθηση μιας ποικιλίας παθήσεων της ωχράς, συμπεριλαμβανομένου του οιδήματος και των οπών της ωχράς κηλίδας, της κεντρικής ορώδους χοριοαμφιβληστροειδοπάθειας, της χοριοειδικής νεοαγγείωσης και των επιωχρικών μεμβρανών.¹⁸

Η OCT χρησιμοποιείται εκτενώς για να εκτελέσει ποσοτικές μετρήσεις και μορφομετρία του αμφιβληστροειδούς (Εικόνα 4.16). Αυτή η ιδιότητα την καθιστά κορυφαίο διαγνωστικό μέσο της προοδευτικής δυστροφίας κωνίων και της εξέλιξης της νόσου.¹⁸



Εικόνα 4.16. Εξέταση OCT σε ασθενή.

Πηγή: <http://www.opsm.com.au/eye-care/eye-technology/optical-coherence-tomography-scan>

Γονιδιακός Έλεγχος

Ο γονιδιακός έλεγχος είναι μια σύγχρονη μέθοδος για τη διάγνωση της δυστροφίας κωνίων. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα ακόμη, αλλά σε πολλές χώρες του εξωτερικού, όπως στην Αγγλία, πραγματοποιούνται πολλές έρευνες πάνω στη συγκεκριμένη ασθένεια και μπορεί να γίνει γονιδιακός έλεγχος για να ελεγχθεί αν κάποια μετάλλαξη που προκαλεί τη δυστροφία κωνίων είναι παρούσα στο γονιδίωμα του ατόμου. Στο Kellogg Eye Center, για παράδειγμα, μπορεί ο ασθενής να δώσει αίμα που θα αποσταλεί σε ειδικά ερευνητικά εργαστήρια και θα εξεταστεί για τη δυστροφία κωνίων. Αυτά τα ερευνητικά εργαστήρια επιλέγονται ανάλογα με τον τύπο της δυστροφίας που εξετάζεται και χρειάζονται μήνες για να εξαχθούν αξιόπιστα αποτελέσματα.^{17v}

Θεραπεία

Θεραπεία της δυστροφίας κωνίων δεν έχει ανακαλυφθεί ακόμη. Γίνονται πολλές έρευνες παγκοσμίως που αναμένεται να δώσουν απαντήσεις ως προς την

ίδια την πάθηση, αλλά και για την ίαση της. Εντούτοις, ο ασθενής μπορεί να αξιοποιήσει την υπάρχουσα όραση με την χρήση ειδικών χρωματιστών φακών, μεγεθυντικών φακών και άλλων βοηθημάτων, ενώ έχει βρεθεί ότι βοηθούν και συμπληρώματα αντιοξειδωτικών βιταμινών που αποτρέπουν την περαιτέρω απώλεια όρασης.¹⁷⁶

Κεφάλαιο 5 – Συζήτηση και Συμπεράσματα

Ψυχολογία του Χρώματος

Η ψυχολογία των χρωμάτων ερευνάται από τους ψυχιάτρους εδώ και πολλά χρόνια. Ένας από τους πρώτους που προσπάθησαν να καταλάβουν πώς επιδρούν τα χρώματα στα συναισθήματα του ανθρώπου ήταν ο Ελβετός ψυχίατρος Carl Jung, ο οποίος τα μελέτησε στις αρχές του 20ου αιώνα. Ο Jung πίστευε πως οι άνθρωποι θα μπορούσαν να εκφράσουν τα συναισθήματά τους μέσα από τα χρώματα, ενώ χρησιμοποίησε μία θεραπεία ζωγραφικής, ώστε να καθορίσει τις ασυναίσθητες επιρροές του κάθε χρώματος στους ανθρώπους.²³

Η αναγνώριση των χρωμάτων συνδέεται με βασικές λειτουργίες του εγκεφάλου, καθώς το περιβάλλον του ατόμου είναι γεμάτο από χρώματα. Ενώ η αντίληψη του χρώματος είναι υποκειμενική, κάποιες χρωματικές επιρροές είναι κοινές παγκοσμίως. Τα χρώματα αποτελούν ένα από τα ισχυρότερα στοιχεία της μη λεκτικής επικοινωνίας· μεταφέρουν, στιγμιαία, έννοιες και μηνύματα. Για παράδειγμα, οι αποχρώσεις του ερυθρού είναι θερμές και δημιουργούνται από το ερυθρό, το πορτοκαλί και το κίτρινο. Αυτά τα θερμά χρώματα προκαλούν συναισθήματα οικειότητας και άνεσης, αλλά και θυμού ή εχθρότητας. Αντίθετα, οι αποχρώσεις του κυανού είναι ψυχρές και δημιουργούνται από το κυανό, το ιώδες και το πράσινο. Αυτά τα χρώματα συχνά περιγράφονται ως ήρεμα, αλλά μπορούν να προκαλέσουν και συναισθήματα θλίψης και αδιαφορίας ή απάθειας.²⁴

Εφαρμογές στην Αγορά

Η χρήση των χρωμάτων ως μέσου πειθούς είναι μία από τις πιο ενδιαφέρουσες πτυχές του marketing. Το χρώμα μπορεί να δώσει στίγμα στην εκάστοτε εταιρική επωνυμία, να διαμορφώσει το μήνυμά της και, οπωσδήποτε, να επηρεάσει τις πωλήσεις των προϊόντων της.

Η ψυχολογία των χρωμάτων έχει μελετηθεί ιδιαίτερα από τους εμπόρους, τους διαφημιστές και τους γραφίστες, καθώς είναι πολύ σημαντικό για την προώθηση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας να γνωρίζει κάποιος ποια χρώματα εξυπηρετούν καλύτερα την εικόνα που θέλει να υιοθετήσει. Ο τομέας της Κλωστοϋφαντουργίας δεν θα μπορούσε να αποτελεί εξαίρεση, ιδιαίτερα από τη στιγμή που η χρωματομετρία αποτελεί βασικό τμήμα του.

Ακόμη, ιδιαίτερα για τη βιομηχανία της μόδας, όπου το «φαίνεσθαι» παίζει πρωτεύοντα ρόλο, η χρήση οπτικών τεχνασμάτων και οφθαλμαπατών είναι αναγκαία και ζητούμενη για την προσφιλέστερη αποδοχή των προϊόντων από το κοινό. Οι καταναλωτές επιλέγουν το ένδυμα εκείνο που θα αναδείξει τα ισχυρά σημεία τους και θα κρύψει τις ατέλειές τους, ώστε να συμβαδίσουν με το εκάστοτε πρότυπο ομορφιάς.

Ηθικά Ζητήματα

Η χρήση οφθαλμαπατών και υποσυνείδητων μηνυμάτων μέσω της ψυχολογίας των χρωμάτων εγείρει ερωτήματα για το κατά πόσο είναι ηθική η χρήση παρόμοιων τεχνικών για την προώθηση προϊόντων. Ανάλογη αντιμετώπιση είναι λογική και αναμενόμενη, καθώς ο καταναλωτής λαμβάνει πληροφορίες που συσχετίζονται σαφώς με τη λειτουργία του εγκεφάλου του. Πρόκειται για εξάπατηση του καταναλωτή εν αγνοία του;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να είναι αρνητική. Οφείλει να γίνει αντιληπτό ότι το ζητούμενο δεν είναι η εκμετάλλευση του καταναλωτή, αλλά η διάκριση μιας εταιρείας ή ενός προϊόντος μέσα σε ένα περιβάλλον ολοένα αυξανόμενου ανταγωνισμού. Η υπερπληθώρα των πληροφοριών, με τις οποίες βομβαρδίζεται καθημερινά ο σύγχρονος άνθρωπος, καθιστά πολύ δύσκολη την προσέλευσή του από μια επιχείρηση. Για το λόγο αυτό, αναζητούνται νέοι τρόποι κάλυψης των καταναλωτικών αναγκών και επινοούνται οπτικά τεχνάσματα για την προώθηση συγκεκριμένων μηνυμάτων. Κάθε επιχείρηση πρέπει να προσπαθεί να ξεχωρίσει στην αγορά μέσω των πραγματικών ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων της και να το επιδιώκει με έξυπνα μέσα, ώστε η αξία που προσφέρει να γίνεται αντιληπτή από το κοινό στο οποίο απευθύνεται.

Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, μέσα από αυτή την πτυχιακή εργασία γίνεται αντιληπτή και κατανοητή η υποκειμενικότητα της όρασης. Παρότι, συχνά, η όραση θεωρείται δεδομένη και συνηθίζεται η άκριτη εμπιστοσύνη σε ό,τι βλέπουν τα μάτια, η πραγματικότητα διαφέρει. Αξίζει, άλλωστε, να τονιστεί ότι η όραση είναι το αποτέλεσμα συνεργασίας οφθαλμών και εγκεφάλου και ότι ενδεχόμενη αποτυχία της όρασης να αντιληφθεί την πραγματικότητα μπορεί να οφείλεται σε αδυναμία των ματιών ή, συχνότατα, σε παραπλάνηση του εγκεφάλου.

Δόθηκε ιδιαίτερο βάρος σε όλους τους τομείς που σχετίζονται με την αντίληψη των χρωμάτων. Για το λόγο αυτό, αντλήθηκαν στοιχεία σχετικά με τη φυσιολογία του ματιού και με τη μετάδοση της «αίσθησης» της όρασης στον εγκέφαλο. Τα οπτικά ερεθίσματα αποκωδικοποιούνται σε εικόνες και σε πληροφορίες χρώματος, λειτουργώντας πάντοτε στη βάση της σύγκρισης με το περιβάλλον, το φωτισμό και ψυχολογικούς παράγοντες. Αποδείχθηκε, επομένως, σε μεγάλο βαθμό ότι η αντίληψη των χρωμάτων είναι καθαρά εγκεφαλική λειτουργία.

Το κίνητρο για την ανάδειξη των υποκειμενικών πτυχών της χρωματικής αντίληψης προέκυψε μέσα από τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Διαπιστώθηκε πως το χρώμα είναι εκείνο που ικανοποιεί κυρίως τον καταναλωτή, γεγονός που ενισχύει την ανάπτυξη της χρωματομετρίας και των εφαρμογών της.¹⁹ Για παράδειγμα, δια της εφαρμογής τριχρωματικών συντεταγμένων στη σύγχρονη ψηφιακή φωτογράφιση, οι χρωματομετρικές εξισώσεις δε ζυγοσταθμίζονται με κριτήριο την ακρίβεια και ελαχιστοποίηση της διαφοράς χρώματος, αλλά με γνώμονα τις ευχάριστες και αποδεκτές από το μέσο παρατηρητή αποχρώσεις. Στο ίδιο πλαίσιο, παρατηρείται μια τεράστια προσπάθεια από τα καταστήματα ένδυσης και διατροφής να προβάλλουν ένα χρωματικό χαρακτήρα στους χώρους τους, ώστε να αναδεικνύουν τα προϊόντα που προωθούν και να δημιουργούν την ανάλογη ατμόσφαιρα στον καταναλωτή.

Το τελευταίο κεφάλαιο βασίζεται στην προσωπική εμπειρία και σε δεδομένα που είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία για τη δυστροφία κωνίων. Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν αναλύονται και παρουσιάζονται διεξοδικά. Ο τελικός στόχος της εργασίας είναι να καταστήσει γνωστά εκείνα τα στοιχεία που θα φωτίσουν μια σχετικά άγνωστη, αλλά και σπάνια, οπτική χρωματική διαταραχή.

Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Μεγάλο ενδιαφέρον και ταχύτατη εξέλιξη παρουσιάζει η τεχνική της τριδιάστατης εκτύπωσης στο χώρο της μόδας. Ολοένα και περισσότεροι σχεδιαστές αφιερώνουν χρόνο και προσπάθεια σε τέτοιου είδους δημιουργίες, ενώ η παρουσία τους σε επιδείξεις γίνεται ιδιαίτερος αισθητή. Προτείνεται, επομένως, η περαιτέρω μελέτη και παρακολούθηση της τάσης αυτής, καθώς και των επιδράσεών της στην αγορά ενδυμάτων.

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάπτυξη οργάνων υψηλής ευαισθησίας που θα βοηθούν επαγγελματίες με αδυναμία στην όραση και θα παρέχουν τη δυνατότητα ορθής αντίληψης των χρωμάτων που να μη στηρίζεται σε υποκειμενική ερμηνεία. Εκτός από την κατασκευή τεχνικού εξοπλισμού (και λόγω του υψηλού κόστους του) προτείνεται η δημιουργία κατάλληλου λογισμικού, το οποίο θα μπορεί να προσαρμόζεται σε υπάρχοντα εξοπλισμό, με υποστηρικτική λειτουργία όπως, για παράδειγμα, την αξιοποίηση της χρήσης φωνητικών εντολών.

Κρίνεται επιθυμητή η διοργάνωση εκδηλώσεων και διαλέξεων ενημέρωσης για τις διαταραχές της όρασης, τις διαδικασίες διάγνωσης και τις στρατηγικές αντιμετώπισης αυτών, προκειμένου να ενημερωθούν ενήλικες και παιδιά, από την προσχολική ακόμη ηλικία. Με τον τρόπο αυτό θα γίνει ευκολότερη η κατανόηση, η αποδοχή και η ένταξη των ατόμων με δυσλειτουργίες όρασης στο κοινωνικό σύνολο, ενώ θα μειωθούν οι προκαταλήψεις και οι διακρίσεις σε βάρος τους. Συγχρόνως, θα βοηθηθούν οι άνθρωποι αυτοί και οι οικογένειές τους, ώστε να αποδεχθούν, να εκφράσουν και να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες που προκύπτουν ως άμεση απόρροια οποιασδήποτε οπτικής διαταραχής.

Βιβλιογραφία

1. Πάνος Κ. Φυσική Μηχανική. 2η έκδοση. Αθήνα: Μακεδονικές Εκδόσεις, 2007. Κεφάλαιο 3, Βασικές Έννοιες, σ. 135–136.
2. Ορφανάκος Β. Χρωματομετρία: Βασικές Αρχές. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης, 2004. Κεφάλαιο 1, Οι Πρώτες Έννοιες, σ. 14–15.
3. Μόσχος Μ. Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις ΖΗΤΑ, Κεφάλαιο 1, Γενικά για το Μάτι, (α) σ. 1. (β) σ. 1–2. (γ) σ. 5. (δ) σ. 4–5. (ε) σ. 6–7. (στ) σ.10. Κεφάλαιο 2, Εξεταστικές Μέθοδοι, (ζ) σ. 15. (η) σ. 13–15. (θ) σ. 16–17. (ι) σ. 17–21. (ια) σ. 26–28. (ιβ) σ. 30–31. (ιγ) σ. 32–34.
4. Τσουτσαίος Α. Χρωματομετρία και Απομίμηση Αποχρώσεων. Αθήνα: Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ., (α) σ. 5–7. (β) σ. 28–29.
5. Δεσπόπουλος Α, Silbernagl S. Εγχειρίδιο Φυσιολογίας. 3η έκδοση. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας, 2001. Κεφάλαιο 12, Κεντρικό Νευρικό Σύστημα και Αισθήσεις, σ. 300.
6. American Academy of Ophthalmology. Αμφιβληστροειδής και Υαλοειδές Σώμα (Γ. Παλημέρης, επιμέλεια). Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης, 1995. Κεφάλαιο 5, Φυσική και Ψυχοφυσική Χρωματική Αντίληψη, (α) σ. 136–138. (β) σ. 138. (γ) σ. 141. (δ) σ. 170. (ε) σ. 175.
7. Moore Κ. Κλινική Ανατομία (Θ. Δημητρίου, επιμέλεια). 3η έκδοση. Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης, 2005. Κεφάλαιο 7, Κεφαλή, (α) σ. 795. (β) σ. 800. (γ) σ. 797.
8. Mann F, Holt C. Control of Retinal Growth and Axon Divergence at the Chiasm. *BioEssays*. 2001, 23(4): 320.
9. Broadbent AD. A Critical Review of the Development of the CIE1931 RGB Color-Matching Functions. *Color Research and Applications*. 2004, 29(4): 267–272.
10. Bosten JM, Robinson JD, Jordan G, Mollon JD. Multidimensional Scaling Reveals a Color Dimension Unique to “Color-Deficient” Observers. *Current Biology*. 2005, 15(23): 950–952.
11. Troncoso XG, Macknik SL, Martinez-Conde S. Novel Visual Illusions Related to Vasarely's “Nested Squares” Show that Corner Saliency Varies with Corner Angle. *Perception*. 2005, 34(4): 409–420.

12. Adelson EH. The New Cognitive Neurosciences. 2η έκδοση. Cambridge: MIT Press, 2000. Κεφάλαιο 24, Lightness Perception and Lightness Illusions, σ. 339–351.
13. Adelson EH, Pentland AP. Perception as Bayesian Inference. New York: Cambridge University Press, 1996. Κεφάλαιο 11, The Perception of Shading and Reflectance, σ. 409–423.
14. Στάγκος Ν. Κλινική Οφθαλμολογία. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης; 2005. (α) Κεφάλαιο 2, σ. 38–40. (β) Κεφάλαιο 5, σ. 106–108.
15. Kanski J. Κλινική Οφθαλμολογία. 3η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Παρισιάνου, 1994. Κεφάλαιο 12, Εκφυλίσεις και Δυστροφίες του Βυθού, σ. 112.
16. Schachat A, Murphy R. Retina. 2η έκδοση. USA: Steven J. Ryan, 1994. Κεφάλαιο 72, Macular Dystrophies, σ. 1192–1200.
17. Openshaw A, Branham K, Heckenlively J. Understanding Cone Dystrophy. Michigan: University of Michigan: Kellogg Eye Center, 2007. (α) Κεφάλαιο 2, Learning Cone Dystrophy, σ. 2. (β) Κεφάλαιο 3, Genetics for Cone Dystrophy, σ. 11–16. (γ) Κεφάλαιο 4, Research into Cone Dystrophy, σ. 18. (δ) Κεφάλαιο 2, Learning Cone Dystrophy, σ. 10.
18. Schinman J, Puliafito C, Fujimoto J. OCT Οπτική Τομογραφία Συνοχής – Παθήσεις του Οφθαλμού (Μ. Βασιλόπουλος, επιμέλεια). Αθήνα: εκδόσεις Κωνσταντάρας, 2014. Κεφάλαιο 1, Εισαγωγή στην OCT, σ. 3–6.
19. Association of Textile, Apparel and Materials Professionals. AATCC Lighting Conference. Durham USA: AATCC; 2016 August 25–26.

Διαδικτυακές Πηγές

20. Motor-Sensory Recalibration Leads to an Illusory Reversal of Action and Sensation.

Διαθέσιμο: <http://www.eaglemanlab.net/papers/StetsonetalNeuron2006.pdf>

(Τελευταία επίσκεψη 10 Ιουνίου 2016)

21. The Real Versus the Reel: the Persistence of Vision Phenomenon.

Διαθέσιμο: <http://www.creativebloq.com/3d/real-versus-reel-persistence-vision-phenomenon-81412779> (Τελευταία επίσκεψη 23 Μαΐου 2016)

22. Optical Illusion Transforms Black and White Picture into Color Simply if You Stare at It.

Διαθέσιμο: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3320480/The-image-HACK-brain-Optical-illusion-transforms-black-white-picture-colour-simply-staring-it.html> (Τελευταία επίσκεψη 16 Ιουνίου 2016)

23. Η Ψυχολογία των Χρωμάτων στα Λογότυπα Εταιριών.

Διαθέσιμο: <http://www.newsbeast.gr/world/arthro/550253/i-psuhologia-ton-hromaton-sta-logotupa-etairion> (Τελευταία επίσκεψη 17 Ιουνίου 2016)

24. Η Ψυχολογία των Χρωμάτων.

Διαθέσιμο: <http://www.skepsy.gr/index.php/el/articles/138-i-psychologia-twn-xrwmatwn> (Τελευταία επίσκεψη 16 Ιουνίου 2016)