



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

## **«Μελέτη της Οπτικής Οξύτητας»**

**Όνομα Σπουδαστή/των**

**ΛΥΧΟΥΔΑ Ι. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

**ΜΑΡΟΥΔΑΣ Δ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ**



**Αίγιο, Απρίλιος 2012**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία αυτή γίνεται στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, που ορίζεται για τους σπουδαστές του Τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών. Έχοντας ολοκληρώσει την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας βοήθησαν σε αυτή την προσπάθεια, ο καθένας με τον τρόπο του.

Η παρούσα εργασία δεν θα αποτελούσε πραγματικότητα χωρίς τη σπουδαία συμβολή και καθοδήγηση του εισηγητή μας κ. Θεόδωρου Κουτσοθεοδωρή, ο οποίος μας εμπιστεύτηκε την εκπόνηση του διεκπεραίωση του θέματος της πτυχιακής αυτής εργασίας. Θα θέλαμε να του εκφράσουμε τις βαθύτατες ευχαριστίες μας και την απεριόριστη εκτίμησή μας προς το πρόσωπό του.

## **ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ**

MAR: Minimum Angle Of Resolution

O.O: Οπτική οξύτητα

V.A: Visual Acuity

ETDRS: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη βιβλιογραφική αναφορά στην αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας.

Καταρχάς, γίνεται εισαγωγή στην έννοια και τον ορισμό της οπτικής οξύτητας, στη σχέση της με τη διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου οφθαλμού, στον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται αλλά και στους παράγοντες που την επηρεάζουν. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη χρονολογική εξέλιξη του ελέγχου της οπτικής οξύτητας από την αρχαιότητα μέχρι τη σημερινή εποχή. Ένα βασικό τμήμα της εργασίας αφορά τον προσδιορισμό του τρόπου μέτρησης της οπτικής οξύτητας σε ενήλικες, σε παιδιά και σε άτομα με χαμηλή όραση, καθώς και στην ανάλυση των διαφόρων συστημάτων μέτρησης. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η σχέση της οπτικής οξύτητας με την ευαισθησία στην αντίθεση φωτεινότητας (contrast sensitivity) και η εκτίμησή της με οπτότυπους που παρουσιάζουν σταδιακή αντίθεση φωτεινότητας.

**Συμπεράσματα:** Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας αποτελεί σημαντικό μέρος μιας οφθαλμολογικής εξέτασης και αντιπροσωπεύει την πιο κοινή και χρήσιμη εξέταση για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας της όρασης.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is a bibliographic reference to the assessment of visual acuity.

At first, we introduce the definition of the term “visual acuity”, its relationship with spatial frequency resolution, the way in which we evaluate it, as well as the factors that affect it. In addition, we present its evolution through time, beginning from antiquity to the present days. A key part of this paper deals with the determination of the measurement procedure of visual acuity in adults, children and people with low vision, as well as the analysis of different types of measurement systems. The fourth chapter describes the relationship of visual acuity with luminance contrast sensitivity and its’ assessment with “optotypes”, showing gradual luminance contrast.

**Conclusions:** The measurement of visual acuity (V.A.) is an essential part of ophthalmologic examination and it represents the most common and useful test for assessing visual function.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b>	
1.1 Η αίσθηση της όρασης και η σχέση της με την οπτική οξύτητα.....	8
1.2 Διακριτική ικανότητα και οπτική οξύτητα.....	8
1.3 Ορισμός οπτικής οξύτητας.....	10
1.4 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας .....	10
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική οξύτητα.....	11
1.6 Μέση τιμή οπτικής οξύτητας σε φυσιολογικούς οφθαλμούς .....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b>	
2.1 Ιστορική αναδρομή μελέτης της οπτικής οξύτητας.....	17
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b>	
3.1 Συστήματα μέτρησης της οπτικής οξύτητας.....	34
3.2 Μέτρηση οπτικής οξύτητας στη μακρινή όραση.....	35
3.3 Μέτρηση οπτικής οξύτητας στην κοντινή όραση.....	35
3.4 Μέτρηση οπτικής οξύτητας σε βρέφη και παιδιά προσχολικής ηλικίας.....	36
3.5 Εξέταση μακρινής όρασης σε παιδιά.....	38
3.6 Εξέταση κοντινής όρασης σε παιδιά.....	38
3.7 Προτεινόμενη απόσταση εξέτασης οπτικής οξύτητας σε παιδιά.....	39
3.8 Εξέταση οπτικής οξύτητας σε άτομα με χαμηλή όραση.....	39

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

**4.1 Ειδικά Θέματα.....43**

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....47**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....48**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι ένα θαυμάσιο παράδειγμα βιολογικής ανακάλυψης, ένας θρίαμβος της διαδικασίας της εξέλιξης.

Η όραση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αισθήσεις του ανθρώπου. Η συμμετοχή της στις καθημερινές απασχολήσεις(εργασία, οδήγηση, αθλητισμός, τέχνες ) είναι σημαντική. Στις σύγχρονες κοινωνίες, όπου όλα γύρω μας « κινούνται » σε γρήγορους ρυθμούς, πιστεύεται ότι το 80% των ερεθισμάτων που δέχεται ο άνθρωπος αφορά την αίσθηση της όρασης. Επομένως, η διατήρηση ευκρινούς όρασης σε όλη την διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που συντελούν στην άρτια ποιότητα ζωής του. Κάθε φορά που ακούμε τον όρο όραση αμέσως το μυαλό μας οδηγείται στην επιστήμη η οποία μελετά την όραση. Η επιστήμη της όρασης είναι συνυφασμένη άμεσα με την επιστήμη της οπτομετρίας καθώς και οι δύο έχουν σαν κύριο αντικείμενο μελέτης 'το μάτι'.

Οπτομετρία είναι η επιστήμη η οποία εξειδικεύεται στην αξιολόγηση της διαθλαστικής κατάστασης του οφθαλμικού οπτικού συστήματος και της συνεργασίας των οφθαλμών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής ικανότητας του ανθρώπου.

Η οπτική οξύτητα αποτελεί σημαντική έννοια της συγκεκριμένης επιστήμης και αυτό το γεγονός ήταν το εφιαλτήριο για να γραφτεί παρούσα εργασία. Προσπαθήσαμε μέσα στις επόμενες σελίδες να προσεγγίσουμε το θέμα της πτυχιακής μας εργασίας, με τρόπο όσο το δυνατόν πιο κατανοητό, που να μην ξεφεύγει όμως από την επιστημονική εγκυρότητα.

Η εργασία μας με τίτλο «Μελέτη της οπτικής οξύτητας» χωρίζεται σε 4 βασικά κεφάλαια. Το καθένα ξεχωριστά μελετά σημαντικά θέματα σχετικά με την οπτική οξύτητα.

Στο πρώτο (I) κεφάλαιο ορίζεται η βασική έννοια της οπτικής οξύτητας, η σχέση της με τη διακριτική ικανότητα και αναλύονται οι παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν (διαθλαστικά σφάλματα, μέγεθος κόρης – περίθλαση, χρόνος έκθεσης ενός στόχου, συνθήκες φωτισμού, η περιοχή του αμφιβληστροειδή που διεγείρεται, κατάσταση προσήλωσης του οφθαλμού). Η σωστή επεξήγησή της συντελεί ουσιαστικά στην κατανόηση του θέματος που εξετάζεται.

Στο δεύτερο (II) κεφάλαιο παρουσιάζουμε μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της αντίληψης μας για την οπτική οξύτητα. Οι πρώτες αναφορές μας, παραπέμπουν

στην αρχαιότητα και φθάνουν στη σημερινή εποχή. Αναλύουμε δηλαδή χρονολογικά την εξέλιξη της και καταλήγουμε στη οπτική οξύτητα του σήμερα.

Στο τρίτο (III) κεφάλαιο αναφερόμαστε στο τρόπο με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της οπτικής οξύτητας και παρουσιάζονται τα διάφορα συστήματα μέτρησης. Αναλύουμε ξεχωριστά τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας για τους ενήλικες ,τα παιδιά και τα άτομα με χαμηλή όραση.

Τέλος στο 4 κεφάλαιο τονίζεται η σχέση της οπτικής οξύτητας με τον έλεγχο ευαισθησίας αντίθεσης φωτεινότητας. Προσδιορίζουμε την εκτίμηση της οπτικής οξύτητας με οπτότυπους χαμηλής αντίθεσης φωτεινότητας. Σε κάθε κεφάλαιο παρατίθενται εικόνες και διαγράμματα που βοηθούν στη μελέτη των όσων καταγράφονται στην εργασία αυτή.

Έχουμε την πεποίθηση ότι έχουμε προσεγγίσει την πτυχιακή μας εργασία με τρόπο απλό που να απευθύνεται σε κάθε αναγνώστη έτσι ώστε να μπορέσει να κατανοήσει πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η έννοια της οπτικής οξύτητας στην ανθρώπινη όραση αλλά και γενικότερα στο χώρο της επιστήμης της οπτομετρίας.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**  
**Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΕΥΤΗΤΑΣ**



## 1.1 Η αίσθηση της όρασης και η σχέση της με την οπτική οξύτητα

Η αντίληψη του φωτός, των αντικειμένων και των χρωμάτων γίνεται με την αίσθηση της όρασης η οποία συγκροτείται από συνδυασμό ποικίλων και διαφορετικών αυτόνομων ικανοτήτων. Είναι μια δυναμική διαδικασία που μας επιτρέπει να συλλέγουμε και να επεξεργαζόμαστε πληροφορίες από το περιβάλλον που ζούμε και στη συνέχεια να προγραμματίζουμε και να εκτελούμε τις κινήσεις μας μέσα σε αυτό αλλά παράλληλα να συνειδητοποιούμε τη θέση μας κάθε στιγμή και την κίνησή μας ως προς τα άτομα που περικλείονται στον ίδιο χώρο. Στην αίσθηση της λειτουργικής όρασης οφείλεται η ικανότητα που παρουσιάζει ένα άτομο να διακρίνει διάφορα αντικείμενα στον περιβάλλοντα χώρο τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στο σχήμα, το μέγεθος, τη φωτεινότητα και την αντίθεση φωτεινότητας. Το πόσο μπορούμε να έχουμε ικανοποιητική αντίληψη αυτών και να κινούμαστε μέσα στο χώρο που τα πλαισιώνει εξαρτάται από το πόσο αποτελεσματικά επεξεργάζεται ο εγκέφαλος τις οπτικές πληροφορίες που δέχεται. Ολοκληρώνεται μέσα από πολύπλοκες διαδικασίες στις οποίες ξεχωριστό ρόλο παίζει το μάτι(το αισθητήριο όργανο της όρασης. Θεωρείται η κυρίαρχη αισθητηριακή λειτουργία καθώς έχει υπολογιστεί ότι το 80% των πληροφοριών που δεχόμαστε καθημερινά προέρχονται από το οπτικό μας σύστημα.

Η όραση διακρίνεται σε κεντρική και περιφερειακή. Η κεντρική όραση εξαρτάται από τα κωνία (φωτουποδοχείς), τα οποία βρίσκονται στον κεντρικό αμφιβληστροειδή και είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση ενώ η περιφερειακή εξαρτάται από τα ραβδία (φωτουποδοχείς) τα οποία βρίσκονται στη περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς και είναι υπεύθυνα για την αντίληψη του φωτός στο σκοτάδι. Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας, την οποία θα μελετήσουμε παρακάτω είναι απαραίτητη μέθοδος για την εκτίμηση της κεντρικής όρασης.

Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας θεωρείται ως ένα απαραίτητος τρόπος για την αξιολόγηση της όρασης, διότι η φυσιολογική οπτική οξύτητα υποδηλώνει ότι όλα τα επίπεδα του οπτικού συστήματος λειτουργούν με το σωστό τρόπο. Το οπτικό σύστημα του οφθαλμού σχεδιάζει μια ευκρινής εικόνα του εξωτερικού κόσμου πάνω στον αμφιβληστροειδή. Ο αμφιβληστροειδής πρέπει στη συνέχεια να είναι σε θέση να μεταφράσει την εικόνα αυτή σε νευρικές ώσεις. Τέλος, οι νευρικές ώσεις, ταξιδεύουν στον εγκέφαλο, όπου αναλύονται και να αναγνωρίζονται. Ως εκ τούτου, μια μεγάλη ποικιλία από διαφορετικές οπτικές διαταραχές μπορούν να επηρεάσουν την οπτική οξύτητα.

## 1.2 Διακριτική ικανότητα και οπτική οξύτητα

Ο οφθαλμός αποτελεί το πιο προσβάσιμο ανθρώπινο όργανο στην άμεση εξέταση. Με βασικό εξοπλισμό και απλές τεχνικές μπορούμε να συλλέξουμε το μεγαλύτερο μέρος των πληροφοριών, που αφορούν τη λειτουργικότητα και την κατάσταση του και να δημιουργηθεί ένα ευκρινές είδωλο στον αμφιβληστροειδή. Για να επιτευχθεί αυτό, το οπτικό σύστημα του οφθαλμού πρέπει να προβάλλει μια εστιασμένη εικόνα στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας του αμφιβληστροειδή, μια περιοχή που έχει τη μέγιστη πυκνότητα κωνίων και κατά συνέπεια έχει τη μέγιστη ευκρίνεια και την καλύτερη έγχρωμη όραση.

Στην καθημερινή κλινική πράξη, η κεντρική όραση εκτιμάται με την μέτρηση της οπτικής οξύτητας, ενώ η περιφερική με τον έλεγχο των οπτικών πεδίων. Σημαντικό χαρακτηριστικό της κεντρικής όρασης αποτελούν η διακριτική ικανότητα και η χωρική διακριτική ικανότητα. Διακριτική ικανότητα ορίζεται ως η ικανότητα του οφθαλμού να διακρίνει, με την καλύτερη διαθλαστική του διόρθωση, όταν αυτή απαιτείται, δυο σημεία στο χώρο σαν ξεχωριστά, στη μέγιστη δυνατή απόσταση από αυτόν. Η χωρική διακριτική ικανότητα ορίζεται ως η μικρότερη χωρική λεπτομέρεια (όπως ένα γράμμα) το οποίο μπορεί να ανιχνευθεί, να αναγνωρισθεί ή να διακριθεί.

Είναι σημαντικό να αναφερθούμε και στην ελάχιστη γωνία ευκρινείας (MAR). Ορίζεται ως η μικρότερη γωνία που επιτρέπει δύο σημεία στο χώρο να αντιλαμβάνονται ως ξεχωριστά σημεία. ( η μικρότερη γωνία όρασης για την οποία το αντικείμενο είναι διακριτό(αναγνωρίσιμο). Ένας φυσιολογικός οφθαλμός ο οποίος έχει οπτική οξύτητα 10/10 => ισούται με MAR= 1'.

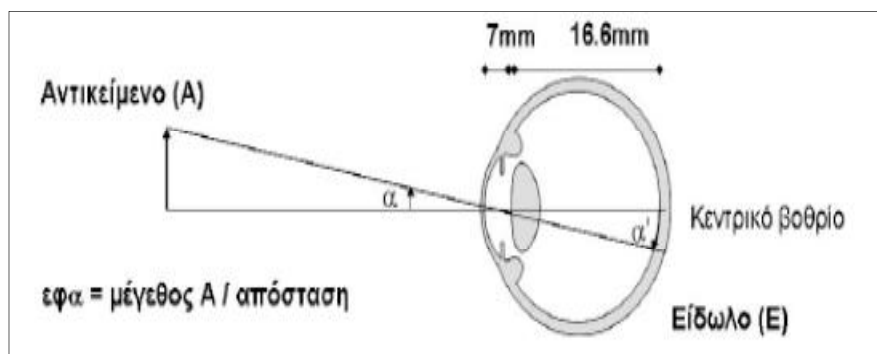
Είναι κατανοητό ότι το μέγεθος των ειδώλων που σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή δεν εξαρτάται μόνο από το φυσικό μέγεθος των αντικειμένων, αλλά και από την απόσταση τους από τον οφθαλμό αφού το αντιληπτό μέγεθος ενός αντικειμένου αυξάνεται όσο αυτό μας πλησιάζει. Επομένως για τον ακριβή υπολογισμό της χωρικής διακριτικής ικανότητας είναι απαραίτητη η χρήση ενός σταθερού μεγέθους, όπως η γωνία όρασης (visual angle) η οποία αποτελεί τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του αντικειμένου ή του ειδώλου και των κομβικών σημείων του φακού. Μονάδα μέτρησης της οπτικής γωνίας είναι η μοίρα (1deg=60'arcmin =3600''arcsec) με υποδιαιρέσεις τα λεπτά (arcmin) και τα δευτερόλεπτα του τόξου (arcsec).

Η συσχέτιση της γωνίας όρασης( $\alpha$ ) με το φυσικό μέγεθος του αντικειμένου (A) και του ειδώλου (A') προσδιορίζεται ως εξής στο παρακάτω σχήμα:

Εφ  $\alpha = A /$  απόσταση κομβικού σημείου από αντικείμενο.

Εφ  $\alpha' = A' /$  απόσταση κομβικού σημείου από είδωλο(η οποία στο 'απλό' μοντέλο του οφθαλμού ισούται με 16.6 mm).

Επομένως για γωνία όρασης ίση με 1 μοίρα ( $^{\circ}$ ) έχουμε: εφ  $1^{\circ} = A' / 16.6$  mm ή  $A' = 0.290$  mm, δηλ  $1^{\circ}$  αντιστοιχεί περίπου σε 0.290 mm στον αμφιβληστροειδή.



**Εικόνα 1:** Η σχέση της οπτικής γωνίας ( $\alpha$ ) με το πραγματικό μέγεθος του αντικειμένου και του ειδώλου. Αντικείμενα με την ίδια γωνία όρασης έχουν το ίδιο μέγεθος στον αμφιβληστροειδή.

### 1.3 Ορισμός οπτικής οξύτητας

Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας αποτελεί μια σχετικά γρήγορη και απλή μέθοδο για την αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας της όρασής μας. Στην κλινική πράξη αποτελεί αναπόσπαστο και σημαντικό κομμάτι κάθε οφθαλμολογικής εξέτασης, και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των διαθλαστικών σφαλμάτων και της παθοφυσιολογίας του οφθαλμού (π.χ. στη διάγνωση ή και την καταγραφή της εξέλιξης οφθαλμικών παθήσεων, στην παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας διαφόρων θεραπευτικών μεθόδων). Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη για τον καθορισμό κριτηρίων επιλογής που απαιτούν κάποια συγκεκριμένα επαγγέλματα: για παράδειγμα στην οδήγηση, και στην πλοήγηση αεροσκαφών. Είναι εμφανές ότι ο έλεγχός της πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Ο όρος οπτική οξύτητα (Visual acuity) κατά την Αγγλική ορολογία, συνδέεται άμεσα και ουσιαστικά με τον “ανθρώπινο οφθαλμό” καθώς αποτελεί ένα μέτρο αξιολόγησης της ποιότητας της όρασης, ίσως το πιο διαδεδομένο, και είναι το πρώτο απαραίτητο τμήμα της υποκειμενικής οφθαλμολογικής εξέτασης<sup>1</sup>.

Ο όρος της είναι σύνθετος και περιλαμβάνει δύο μέρη: το επίθετο visual το οποίο σημαίνει οπτικός και το ουσιαστικό acuity το οποίο προέρχεται από τη λατινική λέξη acuitas η οποία σημαίνει οξύτητα. Ο όρος προέρχεται από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα (1861) και αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Ολλανδό καθηγητή της οφθαλμολογίας Franciscus Donders<sup>2</sup>, τον φυσικό Helmholtz<sup>3</sup> και τον οφθαλμίατρο Albrecht Van Graefe<sup>4</sup>.

Η οπτική οξύτητα αναφέρεται στην ικανότητα του οπτικού συστήματος να διαχωρίσει δύο σημεία τα οποία βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση από τον οφθαλμό και χωρίζεται στην μακρινή οπτική οξύτητα και στην κοντινή. Στην μακρινή οπτική οξύτητα αξιολογούμε το πόσο καλά διακρίνουμε λεπτομέρειες σε ένα μακρινό αντικείμενο και στην κοντινή το πόσο καλά μπορούμε να διακρίνουμε λεπτομέρειες σε ένα κοντινό αντικείμενο ,για παράδειγμα όταν θέλουμε να ξεχωρίσουμε τα γράμματα σε ένα βιβλίο.

### 1.4 Αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας

Η οπτική οξύτητα εκφράζεται με ένα κλάσμα, του οποίου αριθμητής είναι η απόσταση του εξεταζόμενου από τον πίνακα και παρανομαστής η απόσταση στην οποία το σύμβολο φαίνεται υπό γωνία 5 λεπτών της μοίρας (5arcmin) σε ένα φυσιολογικό οφθαλμό.

---

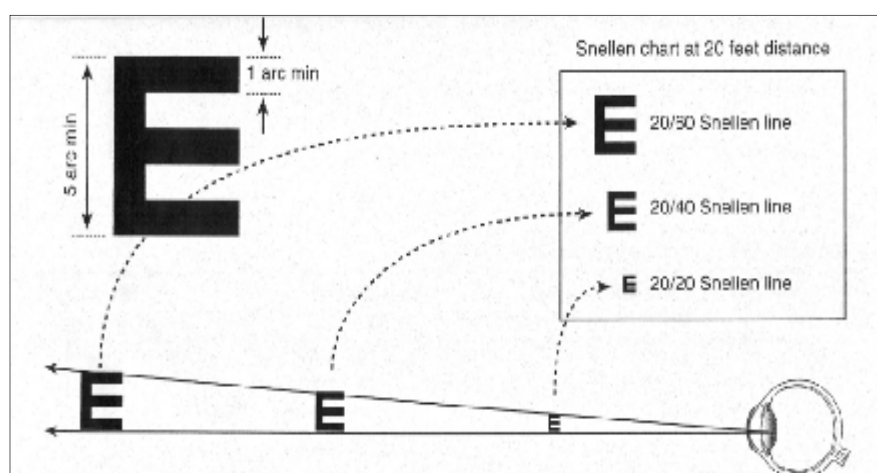
<sup>1</sup> Ονομάζεται η διαθλαστική εξέταση κατά την οποία έχει και ο ίδιος ο ασθενής ενεργή συμμετοχή.

<sup>2</sup> Franciscus Cornelis Donders (27 Μαΐου 1818 – 24 Μαρτίου 1889): Ολλανδός φυσιολόγος.

<sup>3</sup> Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (31 Αυγούστου 1821 – 8 Σεπτεμβρίου 1894): Γερμανός φυσικός και φυσιολόγος.

<sup>4</sup> Friedrich Wilhelm Ernst Albrecht von Graefe (22 Μαΐου 1828 – 20 Ιουλίου 1870): Γερμανός οφθαλμίατρος. Τον αποκαλούσαν “πατέρα της οφθαλμολογίας”.

Η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας στην κλινική έρευνα σήμερα πραγματοποιείται με τη χρήση πρότυπων ειδικών πινάκων που τοποθετούνται σε κατάλληλη απόσταση από τον εξεταζόμενο. Ονομάζονται πίνακες οπτικής οξύτητας (visual acuity charts) ή οπτότυποι και αποτελούνται από σειρές μαύρων συμβόλων, οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν γράμματα, αριθμούς ή σχέδια σε λευκό υπόβαθρο και τα οποία βαθμιαία ελαττώνονται σε μέγεθος. Τα σύμβολα διατάσσονται σε σειρές με προοδευτικά μικρότερο μέγεθος ώστε να σχηματίζουν την ίδια οπτική γωνία, όταν βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις από τον εξεταζόμενο. Το τυπικό μέγεθος του συμβόλου του οπτοτύπου που κατασκεύασε ο Snellen<sup>5</sup> και που αντιστοιχεί σε φυσιολογική οπτική οξύτητα, σχηματίζει γωνία 5' όταν παρατηρείται από απόσταση 6 m (εικόνα). Κάθε τμήμα του συμβόλου, καθώς και τα κενά μεταξύ των τμημάτων του, σχηματίζουν οπτική γωνία 1' από την απόσταση αυτή (εικόνα).



**Εικόνα 2:** Γωνίες 1' και 5' οι οποίες σχηματίζονται στο δεσμικό σημείο του οφθαλμού από τα σύμβολα του οπτοτύπου.

## 1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική οξύτητα

Η οπτική οξύτητα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι περιορίζουν τη λειτουργικότητα του οπτικού συστήματος. Οι κυριότεροι παράγοντες περιλαμβάνουν : τα διαθλαστικά σφάλματα , το μέγεθος της κόρης και η σχέση της με την περίθλαση , τις συνθήκες φωτισμού , τη περιοχή του αμφιβληστροειδή που διεγείρεται, κατάσταση προσήλωσης οφθαλμού.

### 1.5.1 Διαθλαστικά σφάλματα

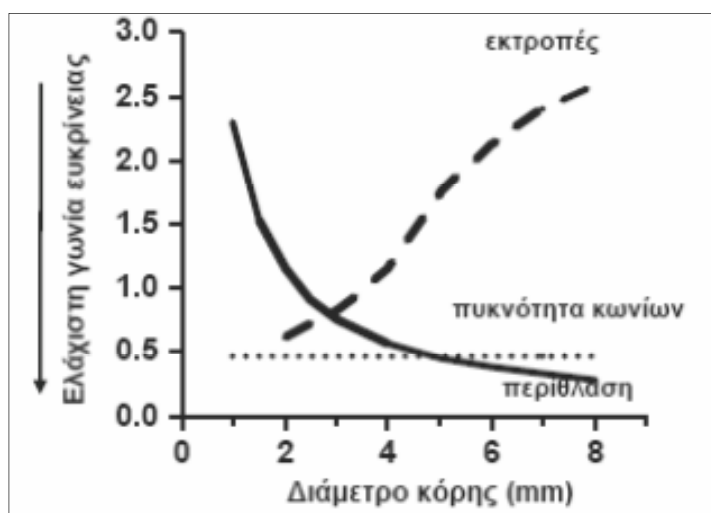
Τα διαθλαστικά σφάλματα επηρεάζουν την δημιουργία του αμφιβληστροειδικού ειδώλου αφού οι εικόνες δεν εστιάζονται ευκρινώς στον αμφιβληστροειδή. Τα κυριότερα διαθλαστικά σφάλματα είναι η μυωπία, η υπερμετρωπία, η πρεσβυωπία και ο αστιγματισμός.

<sup>5</sup> Herman Snellen (19 Φεβρουαρίου 1834 – 18 Ιανουαρίου 1908), Ολλανδός οφθαλμίατρος

Σε έναν εμμετρωπικό οφθαλμό οι ακτίνες που προέρχονται από ένα μακρινό αντικείμενο εστιάζονται πάνω στον αμφιβληστροειδή δημιουργώντας ένα ευκρινές αμφιβληστροειδικό είδωλο. Αντίθετα, στη μυωπία εστιάζονται μπροστά, ενώ στην υπερμετρωπία πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Στον αστιγματισμό η διοπτρική ισχύς του οπτικού συστήματος αυτού δεν είναι ίδια σε όλους τους μεσημβρινούς, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η συγκέντρωση των εισερχόμενων στο μάτι φωτεινών ακτίνων σε ένα σημείο. Τέλος, η πρεσβυωπία αφορά τη βαθμιαία απώλεια της δυνατότητας εστίασης κοντινών αντικειμένων.

### 1.5.2 Μέγεθος κόρης – Περίθλαση

Το μέγεθος της κόρης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην όραση καθώς επηρεάζει την διακριτική ικανότητα και επομένως την οπτική οξύτητα. Η διάμετρος της κόρης κυμαίνεται από 2 mm για την ημέρα και φτάνει έως και τα 8 mm για το σκοτάδι. Η αύξηση της διαμέτρου της κόρης επιτρέπει να εισέλθει στον αμφιβληστροειδή περισσότερο φως και να τον διεγείρει μειώνοντας την επίδραση της περίθλασης αλλά ταυτόχρονα η διακριτική ικανότητα επηρεάζεται από τις εκτροπές του οφθαλμού. Από την άλλη, μια μικρή κόρη θα μειώσει τις οπτικές εκτροπές αλλά η διακριτική ικανότητα επηρεάζεται λόγω της περίθλασης<sup>6</sup>. Στην ουσία αυτό που κάνουν οι εκτροπές είναι να περιορίζουν την ποιότητα όρασής μας όταν το μέγεθος της κόρης ξεπερνά τα 2.5 με 3 mm, ενώ για μικρότερες κόρες η διακριτική ικανότητα του οφθαλμού περιορίζεται από το φαινόμενο της περίθλασης. Ιδανική διάμετρος της κόρης θεωρούνται τα 3-5 mm.

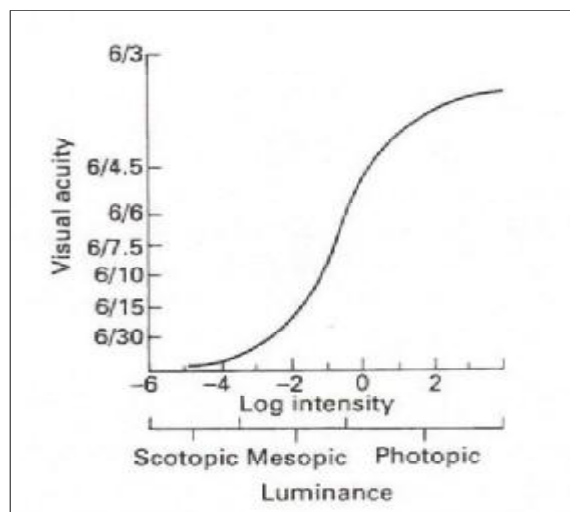


**Εικόνα 3:** Στο διάγραμμα απεικονίζεται η ελάχιστη γωνία ευκρίνειας συναρτήσει της διαμέτρου της κόρης. Η ιδανική διάμετρος της κόρης κυμαίνεται από 3-5 mm όπου παρουσιάζονται χαμηλά ποσοστά επίδρασης της περίθλασης και των εκτροπών.

<sup>6</sup> Περίθλαση: ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο οι ακτίνες του φωτός παρεκκλίνουν από την ευθεία πορεία τους

### 1.5.3 Συνθήκες φωτισμού

Η διακριτική ικανότητα του οπτικού μας συστήματος ορίζεται από την ποιότητα του ειδώλου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή. Για την αναγνώριση ενός στόχου οι συνθήκες φωτισμού κάτω από τις οποίες παρατηρούμε ένα αντικείμενο, επηρεάζουν την οπτική οξύτητα. Η συμπεριφορά της όρασης ανάλογα με το επίπεδο φωτεινότητας χωρίζεται σε 3 κατηγορίες: Σε φωτοπική, μεσοπική και σκοτοπική. Η φωτοπική όραση χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε υψηλά επίπεδα φωτεινότητας ( $> 3 \text{ cd/m}^2$ ) όταν λειτουργούν μόνο τα κωνία, και μας παρέχει την ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα και να διακρίνουμε τις λεπτομέρειες των εικόνων (οπτική οξύτητα  $> 10/10$ ). Η σκοτοπική όραση (επίπεδα φωτεινότητας  $< 10^{-3} \text{ cd/m}^2$ , μικρότερη από τη φωτεινότητα του φεγγαριού) ευνοεί τη λειτουργία μόνο των ραβδίων και επομένως υπάρχει περιορισμένη ευκρίνεια (οπτική οξύτητα  $< 1/10$ ) και παρέχει την ικανότητα διάκρισης μόνο ασπρόμαυρων εικόνων. Γενικά, όλες οι οπτικές δραστηριότητες χειροτερεύουν στο σκοτάδι εκτός από την ανίχνευση ασθενών ερεθισμάτων. Στα ενδιάμεσα επίπεδα φωτεινότητας (ημίφως – από  $10^{-3}$  μέχρι  $3 \text{ cd/m}^2$ ) λειτουργεί η μεσοπική όραση κατά την οποία οι δύο φωτουποδοχείς λειτουργούν ταυτόχρονα.

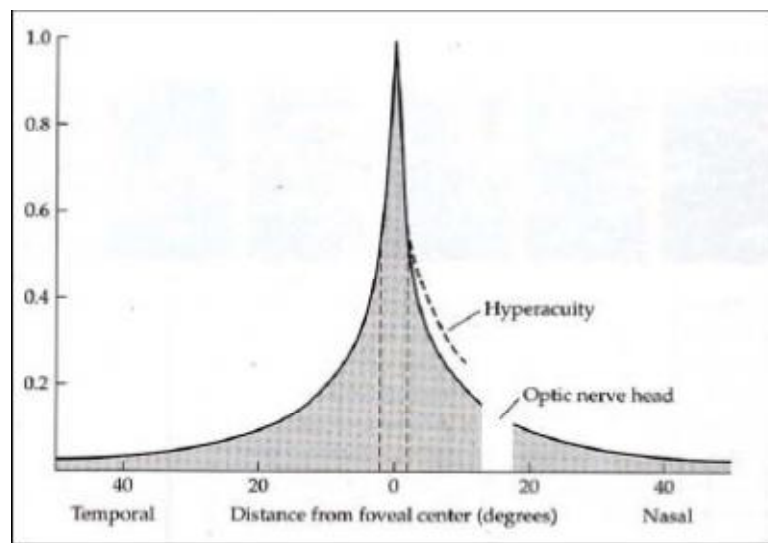


**Εικόνα 4:** Επίδραση φωτεινότητας στην οπτική οξύτητα

### 1.5.4 Η περιοχή του αμφιβληστροειδή που διεγείρεται

Η περιοχή με τη μέγιστη διακριτική ικανότητα είναι η περιοχή του κεντρικού βοθρίου της ωχράς, όπου τα κωνία (υπεύθυνα για την όραση υψηλής ευκρίνειας) παρουσιάζουν το μικρότερο μέγεθος και βρίσκονται σε πολύ πυκνή διάταξη. Η απομάκρυνση από το κεντρικό βοθρίο οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας των κωνίων με αποτέλεσμα την πτώση της διακριτικής ικανότητας. Επιπλέον, το γεγονός ότι το οπτικό σύστημα του οφθαλμού παρουσιάζει αυξημένες εκτροπές στην περιφέρεια οδηγεί σε μείωση της οπτικής οξύτητας. Η οπτική οξύτητα μειώνεται απότομα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή (σε 5/10 στην 1ο και σε 1/10 στις 20ο). Επομένως

για να αναγνωριστούν αντικείμενα που βρίσκονται στην περιφέρεια του οπτικού μας πεδίου θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερο μέγεθος ή υψηλότερη φωτεινή ευαισθησία .



**Εικόνα 5:** Διάγραμμα οπτικής οξύτητας συναρτήσει της απόστασης από το κεντρικό βοθρίο του αμφιβληστροειδή. Η μέγιστη οπτική οξύτητα παρατηρείται στο κεντρικό βοθρίο και μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε.

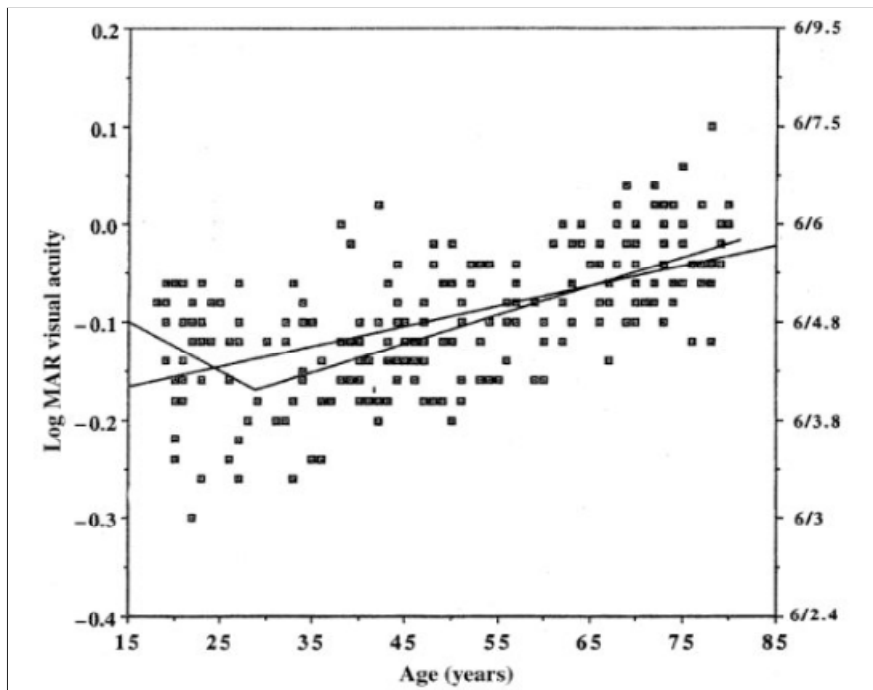
### 1.5.5 Κατάσταση προσήλωσης του οφθαλμού

Κατά την διάρκεια μιας προσήλωσης σε ένα στόχο, οι οφθαλμοί είναι σε μια συνεχή κίνηση, λόγω των οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης. Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις, τα αμφιβληστροειδικά είδωλα μετατοπίζονται σε μια απόσταση περίπου 3arcmin σε ένα δευτερόλεπτο.

Σε απόσταση 5arcmin από το κέντρο της προσήλωσης, υπάρχει μια μετρήσιμη απώλεια της οπτικής οξύτητας. (Π.χ. Στα 10arcmin (1/6 της μοίρας) από την προσήλωση, η οπτική οξύτητα μειώνεται κατά 25% (John Green, 1972)

## 1.6 Μέση τιμή οπτικής οξύτητας σε φυσιολογικούς οφθαλμούς

Αν και θεωρείται ότι οπτική οξύτητα (κατά Snellen) ίση με 10/10 (ή 6/6 ή 20/20) αποτελεί το μέσο όρο σε υγιείς οφθαλμούς, ουσιαστικά παρατηρείται ότι με σωστή σφαιροκυλινδρική διόρθωση στις περιπτώσεις που χρειάζεται, οι περισσότεροι φυσιολογικοί οφθαλμοί παρουσιάζουν ευκρίνεια υψηλότερη από 10/10. Οι Donders και Snellen θεώρησαν ότι ήταν λάθος να αναφέρουν το "20/20" (1.0) όραση ως "φυσιολογική", καθώς είχαν αντιληφθεί ότι τα περισσότερα φυσιολογικά υγιή μάτια που εξετάζαν μπορούσαν να έχουν υψηλότερη ποιότητα όρασης από τα πρότυπα που είχαν βάλει και θεωρούσαν ότι αντιπροσώπευαν την "τέλεια" όραση. Η σημασία του 20/20 (1.0) προτύπου μπορεί καλύτερα να θεωρηθεί σαν το "χαμηλότερο όριο της "φυσιολογικής" οπτικής οξύτητας. Μεταγενέστερες ερευνητικές μελέτες συμφωνούν με την παρατήρηση αυτή των Snellen και Donders. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μέση οπτική οξύτητα των υγιών- διορθωμένων οφθαλμών ανέρχεται στα 15/10 και μόνο σε ηλικίες άνω των 60 ετών η οπτική οξύτητα μειώνεται σε επίπεδα μικρότερα από 10/10.



**Εικόνα 6:** Μέση οπτική οξύτητα φυσιολογικών οφθαλμών σε κλίμακα  $\log\text{MAR}$  στα αριστερά και κλίμακα Snellen στα δεξιά. Παρατηρούμε ότι η μέση οπτική οξύτητα των νεαρών ατόμων ανέρχεται σε 6/4 (15/10) ενώ σε άτομα άνω των 60 ετών μειώνεται κάτω από 10/10.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΜΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ**

## 2.1 Ιστορική αναδρομή μελέτης της οπτικής οξύτητας

Η ιστορική εξέλιξη του ελέγχου της οπτικής οξύτητας αποτελεί αναμφισβήτητη αναπόσπαστο στοιχείο της επιστήμης της οπτομετρίας. Η μελέτη της οπτικής οξύτητας αποτελεί το πρώτο βήμα σε κάθε οφθαλμολογική εξέταση. Θεωρείται βασική μέθοδος για τον έλεγχο των διαθλαστικών σφαλμάτων και σχετίζεται γενικότερα με την παθοφυσιολογία των οφθαλμών. Κατά συνέπεια, για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε το υπόβαθρό της, θα πρέπει να εμβαθύνουμε και να αναφερθούμε στην εξέλιξη της χρονολογικά.

### Αρχαιότητα

Ουσιαστικά η πρώτη μελέτη για την εξέταση της λειτουργικότητας των οφθαλμών πραγματοποιήθηκε πριν τον Μεσαίωνα. Η πρώτη γνωστή εξέταση της οπτικής οξύτητας χρονολογείται περίπου το 3000 πΧ. στην Αρχαία Αίγυπτο. Τα άτομα τα οποία ήθελαν να ασχοληθούν με το κυνήγι έπρεπε να επέλθουν σε μια συγκεκριμένη δοκιμασία, η οποία ήταν να διακρίνουν τον αστέρα Σείριο.<sup>7</sup> Επειδή όμως ο Σείριος ήταν αρκετά λαμπρός και μπορούσε να διακριθεί και από άτομα με μικρότερη οπτική οξύτητα δεν ήταν κατάλληλος για τη δοκιμασία.

Ένα καλύτερο τεστ χρησιμοποιούταν από τους Άραβες και αφορούσε τη διάκριση των αστέρων Mizar και Alcor. Ο πρώτος αποτελεί τον μεσαίο αστέρα της ουράς της Μεγάλης Άρκτου, ενώ ο δεύτερος έναν ελάχιστα αμυδρότερο αστέρα που βρίσκεται σε γωνιακή απόσταση 12' από τον πρώτο.

### 1623

Αργότερα, το 1623 ο Benito Daza de Valdes<sup>8</sup> περιέγραψε μια εναλλακτική τακτική η οποία περιελάμβανε μικρά αντικείμενα κανονικού μεγέθους καθορισμένα σε συγκεκριμένη απόσταση στην οποία δεν θα μπορούσαν να διακριθούν. Για παράδειγμα, μέτρησε την απόσταση στην οποία μια σειρά από σπόρους μουστάρδας, δεν θα μπορούσε να μετρηθεί. Μετέτρεψε επίσης την απόσταση στην οποία μικρά τυπογραφικά στοιχεία θα μπορούσαν να διαβαστούν.



**Εικόνα 7:** Μέθοδος μέτρησης οπτικής οξύτητας με σπόρους μουστάρδας από το βιβλίο του Benito Daza de Valdes.

<sup>7</sup> Ο Αστέρας Σείριος είναι ο λαμπρότερος αστέρας, εάν εξαιρέσουμε τον Ήλιο και ανήκει στον αστερισμό του (Canis Major), Μέγας Κύων ο οποίος σημειώθηκε από τον Πτολεμαίο στην αρχαιότητα.

<sup>8</sup> Το 1623 ο Benito Daza de Valdes δημοσιεύει το πρώτο βιβλίο για την εξέταση της ο.ο.

## 1700

Ο Άγγλος αστρονόμος Robert Hooke<sup>9</sup> περίπου τα μέσα του 17<sup>ου</sup> αιώνα διαπίστωσε μέσα από υπολογισμούς ότι δυο αστέρια μπορούν να γίνουν αντιληπτά με γυμνό οφθαλμό όταν διαχωρίζονται από μία γωνία ίση με 1 λεπτό (1') του τόξου (arcmin). Έτσι η φυσιολογική οπτική οξύτητα σε ένα φυσιολογικό οφθαλμό καθορίστηκε στο όριο του 1'. Αν απέχουν λιγότερο από τη τιμή του ενός λεπτού ο εμμετρικός οφθαλμός δεν μπορεί να ξεχωρίσει τα δύο σημεία και τα διακρίνει ως ένα. Η αδυναμία του οφθαλμού να διακρίνει δύο σημεία τα οποία διαχωρίζονται με γωνία μεγαλύτερη του ενός λεπτού δείχνει ότι υπάρχει διαθλαστική ανωμαλία η πάθηση των οφθαλμών.

Το σημαντικότερο ιστορικό πλαίσιο εμφανίζεται από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα όπου παρουσιάζονται και οι πιο καθοριστικές αλλαγές.

## 1835

Ο Γερμανός οφθαλμίατρος **Heinrich Kuechler**<sup>10</sup> το 1835 πρότεινε τους πρώτους πίνακες οπτικής οξύτητας για τον έλεγχο της μακρινής όρασης. Σε ένα σύγγραμμά του ανέπτυξε ένα σύνολο τριών διαγραμμάτων –πινάκων. Ο Kuechler χρησιμοποίησε ημερολόγια εποχής από τα οποία έκοψε διάφορες φιγούρες ή σχήματα που ήταν τυπωμένα επάνω και τα κόλλησε σε χαρτί σε σειρές το ένα κάτω από το άλλο με διαβάθμιση μεγέθους. Έθεσε κάποιους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους έπρεπε να γίνεται ο έλεγχος της οπτικής οξύτητας.

- Πρέπει να υπάρχει ποικιλία δειγμάτων με διαφορετικό μέγεθος ώστε να εναλλάσσονται κατά τη διάρκεια της μέτρησης της οπτικής οξύτητας.
- Όλα τα σχήματα πρέπει να είναι σωστά τυπωμένα στο χαρτί, με ίδιο μέγεθος και απόσταση ανάμεσά τους.
- Η εξέταση γίνεται πρώτα στο πιο αδύναμο οφθαλμό.
- Η εξέταση γίνεται πάντα σε φυσικό φως ημέρας.
- Κατά τη διάρκεια της εξέτασης το φως πρέπει να πέφτει με τέτοιο τρόπο ώστε να μη θαμπώνεται ο ασθενής και να προκαλείται απώλεια όρασης.
- Γίνεται καταγραφή της φυσικής κατάστασης του εξεταζόμενου η οποία μπορεί να επηρεάζει την οπτική οξύτητα.

Υπήρχε όμως πρόβλημα λόγω της ανομοιομορφίας και της μεταβολής του μεγέθους των συμβόλων. Το 1843 βελτίωσε κάποια από αυτά τα σημεία και τα δημοσίευσε στο βιβλίο του (Schriftnummerprobe fur Geifichtsleidende) αλλά παρόλη την προσπάθεια του η εργασία του ξεχάστηκε σχεδόν ολοκληρωτικά.

<sup>9</sup> Robert Hooke: (18 ή 28 Ιουλίου 1635- 3 Μαρτίου 1703). Άγγλος αστρονόμος, φυσικός.

<sup>10</sup> Heinrich Kuechler, Γερμανός οφθαλμίατρος (1811-1873).



*Εικόνα 8: Πίνακας του Heinrich Kuechler*

Περίπου το **1850** σημαντικές αλλαγές άρχισαν να συμβαίνουν στην οφθαλμολογία.

### 1851

Το 1851 ο Ολλανδός φυσιολόγος Franciscus Cornelis Donders επισκέφθηκε κατά την διάρκεια ενός συνεδρίου στο Λονδίνο, τον ιστολόγο William Bowman<sup>11</sup>. Εκεί συναντήθηκε με τον Albrecht von Graefe, πατέρα της Γερμανικής κλινικής οφθαλμολογίας. Έγιναν ισόβιοι φίλοι και επηρεασμένος ο Donders αποφάσισε να ασχοληθεί με την οφθαλμολογία η οποία αποτέλεσε σημαντικό κομμάτι της ζωής του. Μαζί με τον Bowman και τον γερμανό φυσικό Hermann von Helmholtz ο οποίος την ίδια χρονιά ανακάλυψε το οφθαλμοσκόπιο, εισήγαγαν μια νέα περίοδο στην εξέλιξη της οφθαλμολογίας, καλούμενη μελλοντικά ως η «χρυσή εποχή».

### 1854

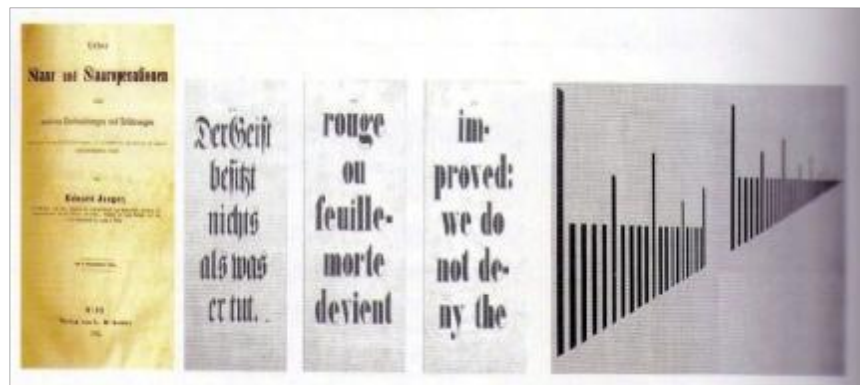
Το σκηνικό άλλαξε όταν ο Eduard Jaeger Ritter von Jaxtthal<sup>12</sup> καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Βιέννης βελτίωσε την πραγματεία του Kuechler και δημιούργησε τους πίνακες για τον έλεγχο της κοντινής όρασης. Το 1854 δημοσίευσε στη Βιέννη μια σειρά από αναγνωστικά δείγματα. Οι πίνακες που δημοσίευσε ήταν 24 στο σύνολό τους, αριθμημένοι από το N1(μικρότερο μέγεθος) μέχρι το N24(μεγαλύτερο μέγεθος). Δεδομένου ότι η Βιέννη ήταν διεθνής πόλη, δημοσίευσε τα δείγματά του στα αγγλικά, γερμανικά, γαλλικά αλλά και σε άλλες γλώσσες της κεντρικής Ευρώπης τα οποία και εκτύπωσε σε υλικά άριστης ποιότητας. Χρησιμοποίησε σύμβολα τα οποία ήταν διαθέσιμα στο κρατικό τυπογραφείο της Βιέννης και χαρακτήρισε τα δείγματά του με αριθμούς που υπήρχαν στο κατάλογο του τυπογραφείου. Παρόλα αυτά, οι τοπικά διαθέσιμοι χαρακτήρες (γραμματοσειρές) είχαν μειονεκτήματα. Δεδομένου ότι δεν υπήρχε κανένα εξωτερικό πρότυπο, οι μελλοντικές προσπάθειες για εξέλιξη των αναγνωστικών δειγμάτων έπρεπε αναπόφευκτα να στηριχθούν στους έως τότε τοπικά διαθέσιμους χαρακτήρες. Το αποτέλεσμα είναι ότι σήμερα ένα

<sup>11</sup> William Bowman (20 Ιουλίου 1816- 29 Μαρτίου 1892), Άγγλος χειρουργός και ιστολόγος.

<sup>12</sup> Eduard Jaeger Ritter von Jaxtthal (4 Σεπτεμβρίου 1784 – 25 Δεκεμβρίου 1871) Αυστριακός οφθαλμίατρος, καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Βιέννης.

μέγεθος τυπωμένων υλών που χαρακτηρίζεται ως #4 σε μια κάρτα, μπορεί να χαρακτηριστεί ως #7 σε μια άλλη, ενώ ένα άλλο μέγεθος τυπωμένων υλών που χαρακτηρίζεται ως #7 σε μια κάρτα μπορεί να είναι #10 σε μια άλλη. Επιπλέον, η εξέταση του Jaeger ήταν μόνο για ανάγνωση (κοντινή όραση) και όχι για μακρινή όραση.

Ο Jaeger παρουσίασε επίσης και έναν ακόμη πίνακα στον οποίο οι γραμμές του συρρικνώνονταν σταδιακά σε πάχος και διάστημα ανάμεσά τους. Η οπτική οξύτητα μπορούσε να υπολογιστεί από την ικανότητα να διακρίνει ο εξεταζόμενος τη μαύρη γραμμή από τα λευκά διαστήματα. Η μέθοδος όμως αυτή δεν είναι και τόσο διαδομένη και ουσιαστικά κυριάρχησαν οι πρώτοι εξεταστικοί πίνακες.



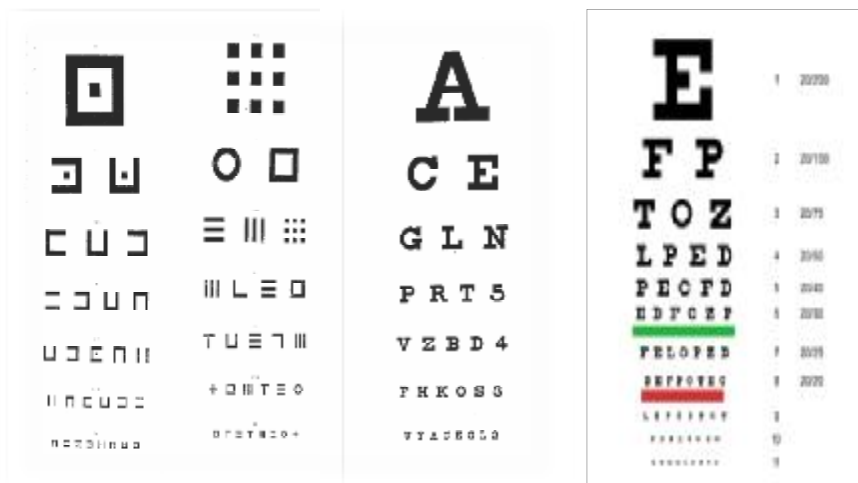
**Εικόνα 9:** Αριστερά (Eduard Jaeger Ritter von Jaxtthal)- δεξιά(το μονόγραμμα του Jaeger, οι πίνακες του Jaeger, ο πίνακας με τις στήλες απεικονίζει τη λιγότερη γνωστή μέθοδό του για τον έλεγχο της οπτικής οξύτητας).

## 1861

Ο Franciscus Cornelis Donders το 1861 θέλοντας να δημιουργήσει μια πιο επιστημονική μέθοδο και μια μονάδα μέτρησης, με την οποία θα μπορούσε να αξιολογεί τη λειτουργία της όρασης, δημιούργησε τον όρο «οπτική οξύτητα» για να περιγράψει την «οξύτητα της όρασης» και τον προσδιόρισε ως το λόγο ανάμεσα στην απόδοση του εξεταζόμενου και του πρότυπου. Ο Donders ανέθεσε επίσης σε ένα από τους φοιτητές του να αναλάβει τη διεξαγωγή μιας έρευνας στα πλαίσια της διδακτορικής του θητείας με θέμα ( Η σχέση της ηλικίας με την οπτική οξύτητα ). Η έρευνα αυτή ( Onderzoekingen naar de invloed van de leeftijd op de gezichtsecherpte – Research on the influence of age on visual acuity) δημοσιεύτηκε ένα χρόνο αργότερα το 1862 , χρησιμοποιήθηκαν πρωτότυπα από τους πίνακές του και ήταν η πρώτη παγκόσμια καινοτομία στο είδος της. Αργότερα το 1864 δημοσίευσε το έργο του “ On the anomalies of accommodation and refraction of the eye ” το οποίο αποτέλεσε τη συμβολή του πάνω στην όραση του ίδιου αλλά και των ατόμων που τον βοήθησαν.

## 1862 «Εποχή Snellen»

Ο Ολλανδός οφθαλμίατρος Herman Snellen είναι αυτός που κατάφερε να σχεδιάσει και να δημοσιεύσει ένα τυποποιημένο όργανο μέτρησης. Το 1862 δημοσίευσε τον πίνακα γραμμάτων του (γνωστός ως πίνακες εξέτασης του Snellen) οι οποίοι αποτελούν πρότυπο για την εκτίμηση της οπτικής οξύτητας παγκοσμίως. Η σημαντικότερη απόφασή του δεν ήταν να χρησιμοποιήσει τους ήδη υπάρχοντες χαρακτήρες- γραμματοσειρές αλλά να σχεδιάσει ειδικούς στόχους, τους οποίους κάλεσε οπτότυπους. Αρχικά πειραματίστηκε με διάφορα σχήματα για να φτιάξει τους πίνακές του (σχήμα 6) και τελικά διάλεξε γράμματα (σχήμα 7) τα οποία σταδιακά αποκτούσαν μικρότερο μέγεθος και τα οποία ήταν σχεδιασμένα με τετραγωνισμένες γραμματοσειρές και ίσο πάχος της γραμμής με το ενδιάμεσο κενό. Ο αρχικός πίνακας του Snellen αποτελείται από μια σειρά γραμμάτων ή αριθμών, με τα μεγαλύτερα γράμματα- αριθμούς στην κορυφή. Τελικά κατέληξε σε πίνακα μόνο με τη μορφή γραμμάτων ο οποίος χρησιμοποιείται ως εξέταση για τη μακρινή όραση. Η απόσταση της εξέτασης είναι τα 6 μέτρα. Περιέχει έντεκα γραμμές με αυξανόμενο μέγεθος με την πρώτη να αποτελείται από ένα γράμμα (σχήμα 8). Το ύψος και το πλάτος του οπτοτύπου (γράμματος) είναι πενταπλάσιο του πάχους της γραμμής και τα γράμματα που χρησιμοποιούνται είναι τα C, D, E, F, L, O, P, T και Z. Το E υπερτερεί για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας γιατί έχει κενά και τρεις γραμμές ενώ τα γράμματα L ή το T δεν είναι τόσο κατάλληλα γιατί δεν μπορούν να διαχωριστούν εύκολα οι μαύρες από τις άσπρες γραμμές.



**Εικόνα 10:** Αριστερά ( Οι πρώτοι πειραματικοί πίνακες του Snellen και ο πίνακας που δημοσίευσε το 1862), Δεξιά (Τελική μορφή του πίνακα του Snellen ).

Ο Snellen βασίστηκε στη φόρμουλα του Donders και καθόρισε την «πρότυπη όραση» ως την ικανότητα να αναγνωρίζουμε ένα από τα οπτότυπα όταν αυτό φαίνεται από 5 λεπτά της μοίρας ( $\arcsin$ ), δηλαδή 1  $\arcsin$  το κάθε σκέλος. Κάθε σύμβολο – γράμμα έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να σχηματίζει γωνία 5 λεπτών με το δεσμικό σημείο του ματιού από μια ορισμένη απόσταση ενώ οι εσωτερικές λεπτομέρειες του κάθε γράμματος (πάχος γραμμών) που χρησιμεύουν για την αναγνώρισή του έχουν μέγεθος ίσο με το 1/5 του ολικού μεγέθους του συμβόλου και συνεπώς σχηματίζουν οπτική γωνία 1 λεπτού στη συγκεκριμένη απόσταση. Αυτή την επιλογή του, την εμπνεύστηκε από την εργασία του Άγγλου αστρονόμου Robert Hooke.

Ο Snellen παρουσίασε επίσης το σύστημα κλασμάτων οπτικής οξύτητας Snellen με βάση το ορισμό της φυσιολογικής οπτικής οξύτητας όπου όρισε ο ίδιος.

**Κλάσμα Snellen= (απόσταση εξέτασης (σε μέτρα))/(απόσταση αναγνώρισης του μικρότερου γράμματος υπό γωνία 5').**

Από τη στιγμή που ο Snellen διάλεξε ένα λειτουργικό και φυσικό πρότυπο, οι υπόλοιποι μπορούσαν να αναπαράγουν με ακρίβεια τους πίνακές του. Αυτό ήταν διαφορετικό από τα δείγματα του Jaeger που βασίζονταν σε υπάρχουσες γραμματοσειρές. Όταν κάποιος ήθελε να τα αναπαράγουν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε γραμματοσειρές που ήταν διαθέσιμες. Κάποιοι άλλοι δημοσίευσαν πίνακες που βασίζονταν στη φόρμουλα του Donders τον ίδιο χρόνο, χρησιμοποιώντας υπάρχουσες γραμματοσειρές από ότι οπτότυπους.

Ο Donders και ο Snellen είχαν καλά αντιληφθεί ότι τα πρότυπά τους αντιπροσώπευαν λιγότερο από την τέλεια όραση και ότι τα περισσότερα φυσιολογικά υγιή μάτια μπορούν να είναι καλύτερα. Κατά συνέπεια, θεώρησαν ότι ήταν λάθος να αναφέρουν το «20/20» (1.0) όραση ως «φυσιολογική», χωρίς να λογαριάζουν την «τέλεια» όραση. Η σημασία του 20/20 (1.0) προτύπου μπορεί καλύτερα να θεωρηθεί σαν το «χαμηλότερο όριο της φυσιολογικής».

Μια διαμάχη η οποία κράτησε ανάμεσα στους επιστήμονες εκείνης της περιόδου είναι αν η μέθοδος του Snellen ή του Jaeger ήταν καλύτερη για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας. Οι οπαδοί και των δύο επιστημόνων εξέθεταν τα δικά τους επιχειρήματα χωρίς όμως βέβαια να υπερισχύσει μία από τις δύο απόψεις. Ωστόσο δεν υπήρχε καμία αντιπάθεια μεταξύ των δύο ανδρών και ο Snellen είχε προτείνει τους πίνακες του Jaeger για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας. Έκανε κάποιες προσπάθειες να τους ενσωματώσει στο σύστημά του χωρίς όμως κάποιο αποτέλεσμα. Το ίδιο επιχείρησε να κάνει και ο Jaeger και αυτός όμως χωρίς επιτυχία.

Οι βελτιώσεις στις μετρήσεις οπτικής οξύτητας που ακολούθησαν δεν ήταν και τόσο αξιόλογες. Πολλοί προσπάθησαν να επινοήσουν καλύτερους οπτότυπους. Ο πίνακας του Snellen υπερίσχυσε και επεκτάθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο Από την εποχή του Snellen , έχουν γίνει λίγες σημαντικές βελτιώσεις στη μέτρηση οπτικής οξύτητας.

## 1866

Ο John Green<sup>13</sup> , οφθαλμίατρος από το St Louis, το 1866 έγραψε μια μικρή διατριβή σχετικά με την μέτρηση του αστιγματισμού. Διαμόρφωσε ένα δικό του διάγραμμα και το παρουσίασε στον αμερικάνικο οφθαλμολογικό σύλλογο το 1867 και ένα χρόνο αργότερα, το 1868, με κάποιες μικρές τροποποιήσεις. Ο πίνακας που δημιούργησε διέθετε γράμματα χωρίς πατούρα ,10-11 σε κάθε σειρά και ήταν σχεδιασμένος έτσι ώστε το μέγεθος των γραμμάτων να μειώνεται με γεωμετρική πρόοδο. Ο Green δυστυχώς υπήρξε πρωτοποριακός για την συγκεκριμένη εποχή, στην οποία ο οφθαλμικός κόσμος δεν ήταν έτοιμος για τις προτάσεις του. Οι προτάσεις του Green κέρδισαν μικρή αποδοχή καθώς ο οφθαλμολογικός σύλλογος απέρριψε την πρότασή του με την αιτία ότι τα γράμματα χωρίς πατούρα φαινόταν

<sup>13</sup> John Green, οφθαλμίατρος, οπτικός και μαθηματικός.

ημιτελή. Ο ίδιος επέστρεψε σε γράμματα με πατούρες, αφού τα γράμματα χωρίς πατούρες υποστήριξε ότι «έμοιαζαν μη ολοκληρωμένα» Έναν αιώνα αργότερα, το Βρετανικό πρότυπο διάλεξε χωρίς πατούρα γράμματα, επειδή τα γράμματα με πατούρα εμφάνιζαν μεγαλύτερη δυσκολία. Σήμερα το νέο διεθνές πρότυπο είναι μια εξέλιξη των πινάκων του.



*Εικόνα 11: Μέρος του πίνακα του Green.*

## 1874

Το 1874, ο γάλλος οφθαλμολόγος Ferdinand Monoyer<sup>14</sup> ο οποίος εισήγαγε τη διοπτρία ως μονάδα μέτρησης της ισχύος των φακών πρότεινε τη δεκαδική σημείωση μέτρησης της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιώντας τη κλασματική σημειογραφία του Snellen, η οποία χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο μέρος της Ευρώπης ακόμα και σήμερα. Για παράδειγμα (οπτική οξύτητα 6/12 σύμφωνα με το σύστημα του Snellen ισοδυναμεί με 0.5 στη δεκαδική μέτρηση). Η δεκαδική σημειογραφία έκανε πιο εύκολη τη σύγκριση των τιμών οπτικής οξύτητας και χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο μέρος της Ευρώπης ακόμα και σήμερα.

## 1874

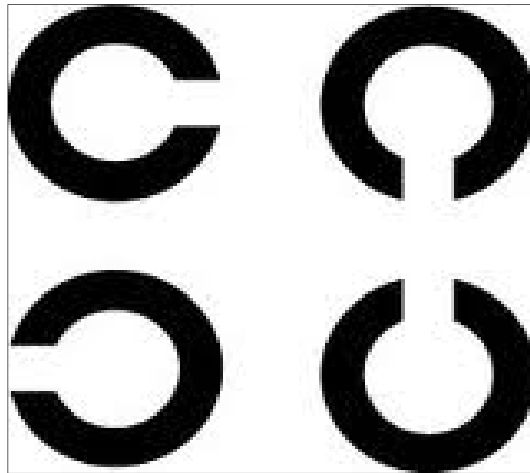
Ο Landolt, Edmund<sup>15</sup>, Ελβετός οφθαλμολόγος είχε εργαστεί με το Snellen στην Ουτρέχτη και αργότερα έγινε καθηγητής της οφθαλμολογίας στο Παρίσι. Το 1874 ο Snellen και ο Landolt συνεργάστηκαν και δημοσίευσαν ένα σημαντικό κεφάλαιο στην "Οπτομετρία". Αναγνώρισαν ότι όλοι οι οπτότυποι του Snellen δεν ήταν εξίσου αναγνωρίσιμοι. Αυτό οδήγησε το Landolt να επινοήσει για τον έλεγχο της οπτικής οξύτητας τα Landolt rings – δακτυλίους το 1888, σύμβολα με πάχος αντίστοιχο με τα γράμματα του Snellen και ένα κενό με το ίδιο μέγεθος το οποίο μπορεί να υπάρχει σε 8 διαφορετικά σημεία του δακτυλίου. Αυτό το στοιχείο λεπτομέρειας διαφέρει μόνο στην κατεύθυνσή του. Ο εξεταζόμενος πρέπει να προσδιορίσει το σημείο του δακτυλίου που βρίσκεται το κενό (π.χ. πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά κτλ) για να εκτιμηθεί η οπτική του οξύτητα. Το Landolt C χρησιμοποιήθηκε για εργαστηριακά πειράματα αλλά κέρδισε μόνο περιορισμένη αποδοχή στην κλινική χρήση. Οι

<sup>14</sup> Ferdinand Monoyer, (1836-1912), Γάλλος οφθαλμίατρος.

<sup>15</sup> Landolt, Edmund, (17 Μαΐου 1846 – 9 Μαΐου 1926), Ελβετός οφθαλμίατρος, καθηγητής οφθαλμολογίας στο Παρίσι.



δακτύλιοι του Landolt σήμερα χρησιμοποιούνται στην εξέταση παιδιών προσχολικής ηλικίας ή αναλφάβητων, και πλεονεκτούν σε σχέση με τον πίνακα Snellen στο ότι στον τελευταίο μπορούμε να μαντέψουμε την απάντηση επειδή γνωρίζουμε ήδη το αλφάβητο.



**Εικόνα 12:** Landolt C ή σπασμένος δακτύλιος. Ποικίλει μόνο ως προς τον προσανατολισμό.

#### **Πλεονεκτήματα οπτότυπου Snellen**

- ∅ Τα γράμματα στο οπτότυπο τις περισσότερες φορές είναι πολύ γνωστά και έτσι παρέχεται η δυνατότητα στον εξεταζόμενο να τα αναγνωρίζει πιο γρήγορα πράγμα το οποίο οδηγεί σε γρήγορη συνεργασία με τον ασθενή.

#### **Μειονεκτήματα οπτότυπου Snellen**

- ∅ Γράμματα ίδιου μεγέθους παρουσιάζουν διαφορετική τιμή αναγνωσιμότητας.
- ∅ Η συχνότητα των γραμμάτων έχει επιπτώσεις στην μνήμη του εξεταζόμενου καθώς είναι προβλέψιμες οι απαντήσεις του εκτός αν ο πίνακας και οι γραμματοσειρές αλλάζουν συχνά σειρά.
- ∅ Η συμμετοχή του ασθενούς παίζει ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.
- ∅ Η επανάληψη των γραμμάτων κουράζουν τον εξεταζόμενο.

#### **Πλεονεκτήματα οπτότυπου Landolt**

- ∅ Χρησιμοποιούνται σε παιδιά και ενήλικες
- ∅ Χρησιμοποιούνται και σε άτομα χαμηλότερης ευφυΐας
- ∅ Δεν απομνημονεύονται
- ∅ Αναγνωρίζονται εύκολα

- ∅ Είναι κατάλληλοι στόχοι στην εύρεση αστιγματισμού με σταυροκύλινδρο ή για την εύρεση πολύ υψηλού αστιγματισμού.

Τα κενά των δακτυλίων τα οποία χαρακτηρίζονται ως (Βορράς = Επάνω, Νότος = Κάτω, Ανατολή = Δεξιά, Δύση = Αριστερά) έχουν κάποια πλεονεκτήματα.

- ∅ Παγκόσμια αποδοχή και αναγνώριση
- ∅ Απλότητα στην εφαρμογή
- ∅ Ελάχιστες διαφοροποιήσεις

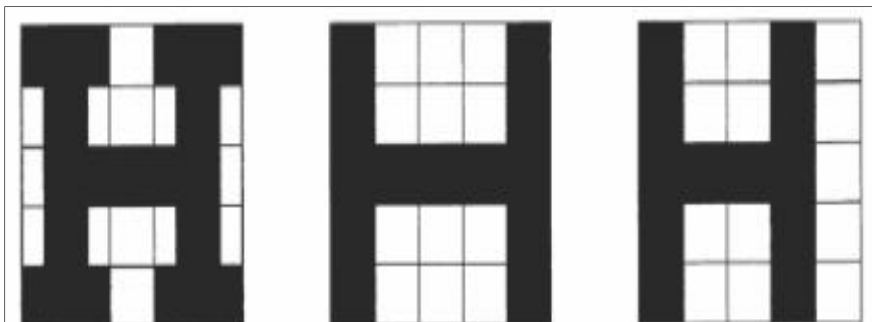
### Μειονεκτήματα οπτότυπου Landolt

- ∅ Ο εξεταζόμενος είναι υποχρεωτικό να προσηλώνει σε ένα συγκεκριμένο δακτύλιο κάθε φορά.

### 1959

Με την πάροδο του χρόνου κατασκευάστηκαν διάφοροι πίνακες ακολουθώντας το πρότυπο του Snellen, που όμως διέφεραν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό των γραμμών, των γραμμάτων και της χρησιμοποιούμενης γραμματοσειράς, καθιστώντας έτσι δύσκολη την διεξαγωγή συγκριτικών μελετών. Επιπρόσθετα η απόσταση μεταξύ των γραμμάτων και των γραμματοσειρών ήταν ακανόνιστη, ενώ αγνοήθηκε και η δυσκολία αναγνωσιμότητας μεταξύ των διάφορων γραμμάτων.

Το 1959 η μαθηματικός Louise Sloan ιδρύτρια της υπηρεσίας χαμηλής όρασης του ινστιτούτου όρασης Wilmer του πανεπιστημίου Johns Hopkins σχεδίασε ένα καινούριο οπτότυπο αποτελούμενο από ένα νέο σετ γραμματοσειρών χωρίς ουρές (sans serif) για τη χρήση σε πίνακες Snellen. Πρώτη εκτίμησε ότι δεν ήταν όλα τα γράμματα αναγνωρίσιμα και επέλεξε 10 γράμματα χωρίς πατούρα και παράλληλα διατήρησε το πλέγμα 5x5 του Snellen σε αντίθεση με τα πρότυπα των Βρετανών(5x4). Από την άλλη, για να αποφύγει ότι δεν ήταν όλα τα γράμματα ισοδύναμα και αναγνωρίσιμα αποφάσισε να χρησιμοποιηθούν και τα 10 γράμματα σε κάθε σειρά. Τα γράμματα με το μεγαλύτερο μέγεθος τοποθετούνταν σε περισσότερες από μια σειρές (σε πλέγμα 5x5).



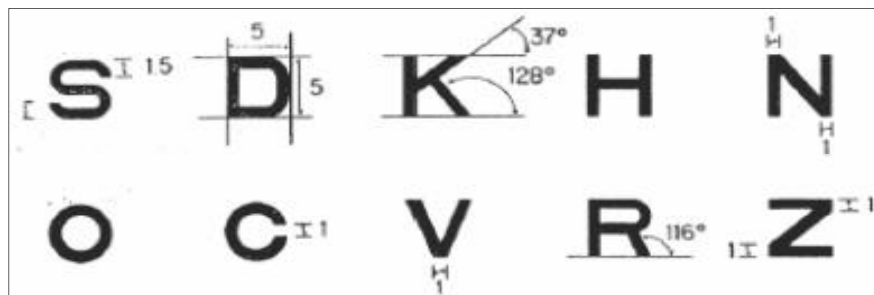
**Εικόνα 13:** Δεξιά Snellen H ( με πατούρα 5x5), στο κέντρο Sloan H (χωρίς πατούρα 5x5), αριστερά British H (χωρίς πατούρα 4x5).

Η Louise Sloan επίσης πρότεινε ένα νέο ορισμό της οπτικής οξύτητας βασισμένη στη φόρμουλα του Donders. Απλούστευσε τον ορισμό και χρησιμοποίησε το μετρικό σύστημα με την εισαγωγή δύο καινούριων όρων: Τη μονάδα M για την απόσταση εξέτασης σε μέτρα στην οποία ο οφθαλμός αναγνωρίζει το οπτότυπο όταν φαίνεται υπό γωνία  $5\text{arcmin}$ . Συγκεκριμένα ένα M-unit αντιστοιχεί σε μέγεθος γράμματος το οποίο στην απόσταση του ενός μέτρου φαίνεται υπό γωνία 5 λεπτών του τόξου και ισοδυναμεί με 1,454 mm. Ο τύπος της οπτικής οξύτητας σε κλάσμα δίνεται από το παρακάτω τύπο:

$$V = \frac{m}{M} = \frac{\text{Απόσταση εξέτασης σε μέτρα}}{\text{Μέγεθος γράμματος σε M μονάδες}}$$

Με τον τρόπο αυτό μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουμε την οπτική οξύτητα χρησιμοποιώντας ένα πίνακα σε διαφορετικές αποστάσεις.

Για παράδειγμα οπτική οξύτητα (1.0, 20/20) αντιπροσωπεύει την ικανότητα να αναγνωρίσουμε ένα **πρότυπο μέγεθος γράμματος** (1M-μονάδα) σε μια **πρότυπη απόσταση** (1 μέτρο). Άλλο παράδειγμα, το γράμμα των 6/60 (0.1) στο πίνακα Snellen έχει μέγεθος 60 M units ή  $60 * 1,454 = 87,24 \text{ mm} = (8,724 \text{ cm})$ .



**Εικόνα 14:** Γράμματα της Sloan (Sloan Letters).

## 1976

Οι Ian L. Bailey κ ο Jan E. Lovie Kitchin<sup>16</sup> το 1976 στη Μελβούρνη πρότειναν ένα καινούριο πίνακα οπτικής οξύτητας ο οποίος περιείχε προτάσεις του Green. Οι πίνακες Bailey-Lovie που παρουσίασα διέθεταν σημαντικές καινοτομίες. Ήταν σχεδιασμένοι σύμφωνα με το λογάριθμο της ελάχιστης διακριτής γωνίας (logMAR<sup>17</sup>-Minimum Angle of resolution), διέθεταν σε κάθε σειρά πέντε γράμματα και διάστημα ανάμεσα στα γράμματα και στις γραμμές ανάλογο του μεγέθους των γραμμάτων. Με αυτό το σχεδιάγραμμα σταθεροποιήθηκε το φαινόμενο (crowding) δηλαδή η δυσκολία αναγνώρισης ενός γράμματος όταν αυτό περιβάλλεται από πολλά γράμματα καθώς και ο αριθμός των λαθών που μπορεί να γίνουν σε κάθε γραμμή. Έτσι το μέγεθος των γραμμάτων ήταν η μόνη μεταβλητή μεταξύ των μετρήσεων των επιπέδων οξύτητας. Οι συγκεκριμένοι πίνακες είχαν σχήμα ανάποδου τριγώνου και μεγαλύτερο πλάτος στη κορυφή από τους παραδοσιακούς χάρτες.

<sup>16</sup> Ian Bailey- Jan Lovie, διδάκτορες στο πανεπιστήμιο της Μελβούρνης.

<sup>17</sup> LogMAR: log=decimal acuity.

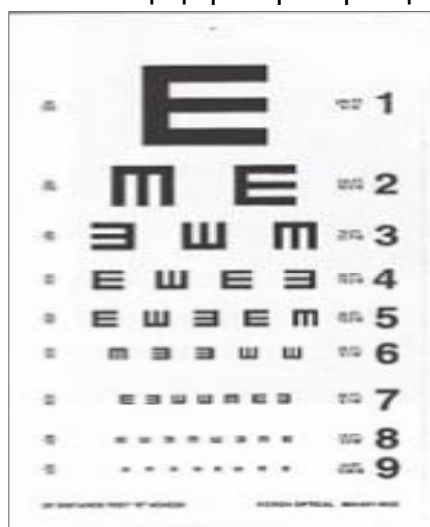
Για παράδειγμα ένα γράμμα **E** 6/60 (ή 20/200 ή δεκαδική οξύτητα 0.1), η γωνία που σχηματίζει το κενό είναι 10' και συνεπώς, ο λογάριθμός του είναι 1. Αντίστοιχα για ένα γράμμα 6/6 ή 20/20 ή δεκαδική οξύτητα 1.0 η γωνία είναι 1' και η τιμή logMAR είναι 0. Για γράμματα που αντιστοιχούν σε δεκαδική οπτική οξύτητα καλύτερη της μονάδας η τιμή LogMAR παίρνει αρνητικές τιμές.

Οι πίνακες Baily-Lovie πλεονεκτούν σε σχέση με τους πίνακες Snellen καθώς επιτρέπουν ακριβέστερη μέτρηση της οπτικής οξύτητας.



**Εικόνα 15:** Πίνακας Οπτικής Οξύτητας Bailey-Lovie.

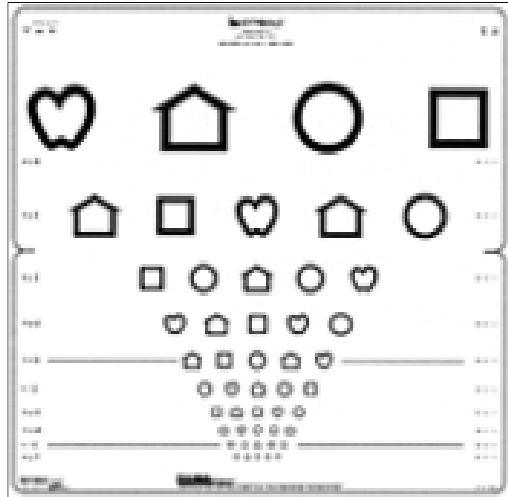
Την ίδια χρονιά, ο Hugh Taylor<sup>18</sup> στη Μελβούρνη χρησιμοποίησε αυτές τις αρχές σχεδίασης για ένα « Tumbling » (διάγραμμα E) το οποίο χρησιμοποίησε για να μελετήσει την οπτική οξύτητα των αναλφάβητων και των Αβοριγίνων (ιθαγενών της Αυστραλίας). Ανακάλυψε ότι οι Αυστραλοί ιθαγενείς είχαν σημαντικά καλύτερη οπτική οξύτητα από τους Ευρωπαίους. Αυτός ήταν ένας ακόμη λόγος για τον οποίο δεν έπρεπε να θεωρούμε την 20/20 οπτική οξύτητα ως «φυσιολογική» ή ως τέλεια όραση. Αυτός ο πίνακας όπως και ο πίνακας του Landolt είναι ιδιαίτερα χρήσιμος όταν χρειάζεται να εξεταστούν αναλφάβητοι ή πληθυσμοί που δεν χρησιμοποιούν το λατινικό αλφάβητο.



**Εικόνα 16:** Οπτότυπο του Hugh Taylor βασισμένο στο γράμμα E.

<sup>18</sup> Hugh R Taylor, καθηγητής του οφθαλμολογικού κέντρου του πανεπιστημίου της Μελβούρνης.

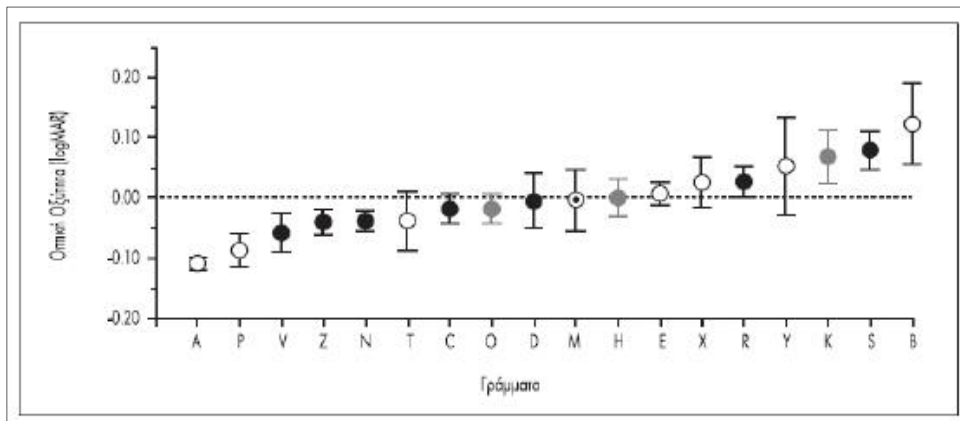
Επίσης το 1976 η Lea Hyvarinen η οποία συνεργαζόταν με την Louise Sloan στο τμήμα χαμηλής όρασης στο ινστιτούτο του Wilmer, σχεδίασε ειδικά σύμβολα για την παιδιατρική εξέταση της όρασης. Αρχικά τα βαθμονόμησε χρησιμοποιώντας τα σύμβολα του Landolt C, και αργότερα τα ενσωμάτωσε στους πίνακες Bailey-Lovie. Τα σχέδια της Lea Hyvarinen ήταν βασισμένα σε 4 φιγούρες: το μήλο, το τετράγωνο, το σπίτι, τη μπάλα.



*Εικόνα 17: Οπτότυπο για παιδιατρική εξέταση.*

**1982**

Βασισμένος στις διαπιστώσεις των Green, Sloan και Bailey-Lovie το 1982 ο Rick Ferris του εθνικού ινστιτούτου όρασης επέλεξε το σχεδιάγραμμα των Baily-Lovie το οποίο ήταν ενισχυμένο με τα γράμματα της Sloan για να υιοθετήσει μια τυποποιημένη μέθοδο μέτρησης οπτικής οξύτητας για την μελέτη της έγκαιρης θεραπείας της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας (Early Treatment of Diabetic Study) οι λεγόμενοι ETDRS πίνακες. Οι πίνακες αυτοί αποτελούνται από πέντε γράμματα ανά γραμμή, τα γράμματα έχουν επιλεγθεί ώστε να έχουν την ίδια πιθανότητα λάθους, και το μέγεθος των γραμμάτων από σειρά σε σειρά μειώνεται με γεωμετρική πρόοδο. Στον **log MAR/ETDRS** πίνακα είναι τοποθετημένα 10 Sloan γράμματα του λατινικού αλφαβήτου τα C, D, H, K, N, O, S, V, Z, R σε ένα πλέγμα 5x5. Η βαρύτητα του κάθε γράμματος είναι 0.2 logMAR, ενώ η μεταβολή του μεγέθους των γραμμάτων κυμαίνεται από 1.0 ως -0.3 logMAR. Η απόσταση εξέτασης είναι τα 4 μέτρα και όχι τα 6 μέτρα που χρησιμοποίησαν οι Bailey και Lovie. Οι ETDRS πίνακες κατασκευάστηκαν με γνώμονα τα τρία χαρακτηριστικά: πρώτον, κάθε γραμμή έχει πέντε γράμματα, οπότε υπάρχει ίση ευκαιρία να κάνεις λάθος σε κάθε γραμμή. Δεύτερον, τα γράμματα έχουν επιλεγθεί έτσι ώστε να υπάρχει μια ίση πιθανότητα στο λάθος από την ανάγνωσή τους. Π.χ. το «I» δεν εμφανίζεται γιατί σπάνια παρερμηνεύεται. Τρίτον, το μέγεθος των γραμμάτων αλλάζει από γραμμή σε γραμμή με μια σταθερή γεωμετρική πρόοδο.

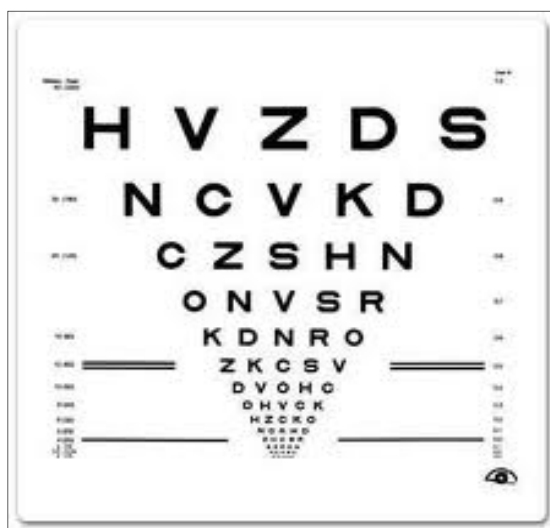


**Εικόνα 18:** Το διάγραμμα μας δείχνει τη δυσκολία αναγνωρισιμότητας των γραμμάτων της Sloan. Η διακεκομμένη γραμμή δείχνει το μέσο όρο όλων των γραμμάτων. Αρνητικές τιμές αντιστοιχούν σε καλύτερη οπτική οξύτητα. Τα γράμματα B, S, K, Y είναι πιο δύσκολα στην αναγνωρισιμότητα ενώ το A και το P πιο εύκολα.

Ο πίνακας ETDRS με κλίμακα logMAR (λογάριθμος ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας) είναι ίσως ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος και αποτελεί πρότυπο για τη δημιουργία καινούριων. Η χρήση της λογαριθμικής κλίμακας είναι σημαντική κυρίως για στατιστικούς λόγους. Μετασχηματίζει την γεωμετρική ακολουθία ενός πίνακα σε γραμμική κλίμακα. Χρησιμοποιούνται βέβαια και πίνακες με δεκαδική κλίμακα. Για τη μετατροπή από log MAR σε δεκαδική κλίμακα χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος:

Δηλαδή αρνητικές τιμές στην παράσταση log MAR αντιστοιχούν σε οπτική οξύτητα στην δεκαδική κλίμακα μεγαλύτερη του 1.0 δηλαδή κανονική ή καλύτερη οπτική οξύτητα. Οπτική οξύτητα ίση με 0 log MAR αντιστοιχεί σε 1.0 στην δεκαδική κλίμακα. Ενώ θετικές τιμές σε log MAR (δηλαδή δεκαδική οπτική οξύτητα < 1.0) δείχνουν μειωμένη όραση.

Οι πίνακες αυτοί είναι τώρα το πρότυπο εξέτασης της οπτικής οξύτητας για ερευνητικούς σκοπούς κυρίως στην εκπόνηση στατιστικών υπολογισμών. Χρησιμοποιούνται και σε παραλλαγές χαμηλής αντίθεσης, για τη διερεύνηση της ποιότητας της όρασης σε διάφορες συνθήκες φωτισμού, ενώ οι πίνακες Snellen χρησιμοποιούνται περισσότερο στη καθημερινή κλινική πρακτική. Ωστόσο οι πίνακες ETDRS είναι πιο αξιόπιστοι, και πρέπει να προτιμώνται, όταν είναι εφικτό, από τους πίνακες Snellen. Για τον ίδιο λόγο, σύγχρονα πακέτα λογισμικού για την εξέταση της όρασης με βοήθεια υπολογιστή, χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά πίνακες ETDRS.)



**Εικόνα 19:** Ένα από τα ETDRS διαγράμματα.

ETDRS	SNELLEN
Εξεταστική απόσταση: 4 μέτρα	Εξεταστική απόσταση: 6 μέτρα
Σταθερός αριθμός γραμμάτων (5) ανά γραμμή	Μη σταθερός αριθμός γραμμάτων Ανά γραμμή. Π.χ. 1 γράμμα στην 1η γραμμή κτλ
Χρήση 10 γραμμάτων: C, D, H, K, N, O, P, S, V και Z	Χρήση 9 γραμμάτων: C, D, E, F, L, O, P, T και Z
Μέγεθος οπτότυπου αλλάζει με γεωμετρική Πρόοδο	Μέγεθος του οπτότυπου είναι πενταπλάσιο του πάχους της γραμμής, μη γεωμετρική πρόοδο
Γράμματα ίδιας δυσκολίας	Γράμματα διαφορετικής δυσκολίας. Π.χ. το L είναι μικρότερης δυσκολίας από το E

**Εικόνα 20:** Διαφορές πίνακα ETDRS με Snellen

## Νέα Εποχή

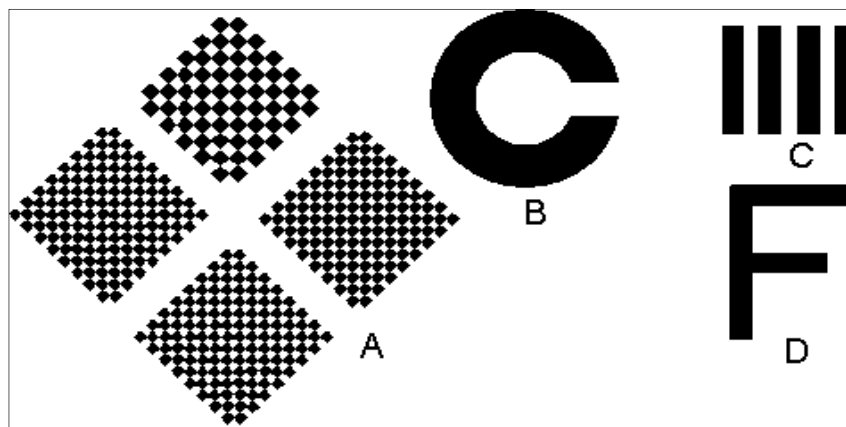
Για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιούνται σήμερα διάφοροι τρόποι εξέτασης όπως οι εικόνες Kay, τα γράμματα του Snellen, η σκακιέρα (checkerboard pattern), ο δακτύλιος C του Landolt, τα gratings.

Οι εικόνες Kay αναπτύχθηκαν από την Hazel Kay στη δεκαετία του 1980 και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της οπτικής οξύτητας σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και ενήλικους με μαθησιακές δυσκολίες. Η μέθοδος της Kay περιλαμβάνει μια σειρά από διάφορα οπτότυπα προσαρμοσμένα στις ανάγκες κάθε ασθενή. Τα

οπτότυπά της χρησιμοποιούνται στις μέρες μας από την Εθνική Υπηρεσία Υγείας στην Αγγλία και είναι διαδεδομένα και σε πολλές χώρες παγκοσμίως.



**Εικόνα 21:** Αριστερά πίνακας Kay για τη κοντινή όραση, Δεξιά: κάρτες με σχέδια για την εκτίμηση της κοντινής όρασης.

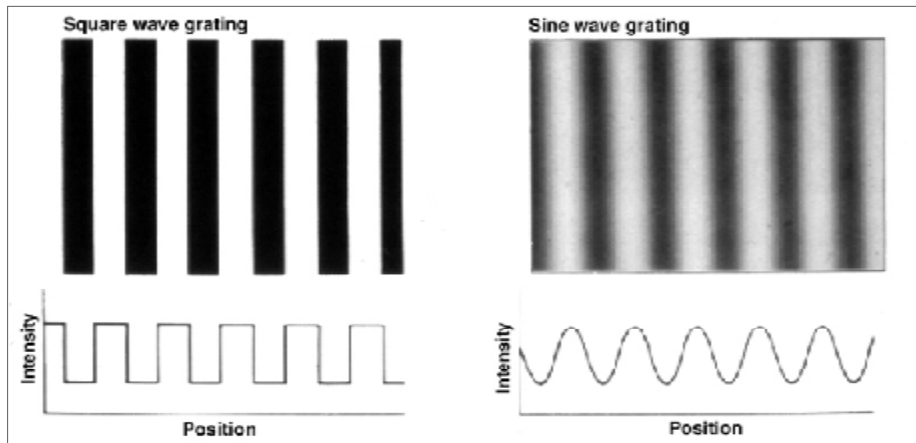


**Εικόνα 22:** A) checkerboard pattern: ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει ποια σκακιέρα είναι διαφορετική, B) στο δακτύλιο Landolt C ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει τη θέση του κενού π.χ. πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά, C) ο εξεταζόμενος αναγνωρίζει τη κατεύθυνση του Grating π.χ. οριζόντιο ή κατακόρυφο, D) Snellen letters : ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει το γράμμα.

Τα gratings αποτελούν ερεθίσματα με κάποια περιοδική διαμόρφωση και αποτελούνται από εναλλασσόμενες φωτεινές και σκοτεινές ράβδους. Τα διακρίνουμε σε δυο κατηγορίες, με βάση τη διαμόρφωση της φωτεινότητας κατά μήκος της οριζόντιας διάστασης της οθόνης: α) αυτά που παρουσιάζουν τετραγωνική χωρική



διαμόρφωση (square-wave gratings) και β) αυτά που παρουσιάζουν ημιτονοειδή χωρική διαμόρφωση (sine-wave gratings).



**Εικόνα 23:** Η αριστερή εικόνα δείχνει ένα grating με χωρική διαμόρφωση ( square-wave gratings) και η δεξιά εικόνα δείχνει ένα grating με ημιτονοειδή χωρική διαμόρφωση( sine- wave gratings).

Η πιο γνωστή μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση της οπτικής οξύτητας είναι οι πίνακες με σύμβολα (γράμματα ή αριθμοί). Μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται δύο είδη διαφορετικών πινάκων για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας: οι πίνακες για μακρινή όραση και οι πίνακες για τη κοντινή όραση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΕΥΤΗΤΑΣ**

### 3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ

#### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ

Για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιούνται κλίμακες από τις οποίες μπορούμε εύκολα να αποφανθούμε για την ποιότητα της όρασης. Οι κλίμακες ποικίλουν ανάλογα με τη χώρα προέλευσης των μετρήσεων. Για παράδειγμα στην κλίμακα Snellen η οποία εκφράζεται σε μέτρα ο εξεταζόμενος κάθεται σε απόσταση 6m από τον πίνακα. Αν λοιπόν ο εξεταζόμενος βλέπει καθαρά μόνο την 1η σειρά τότε η οπτική οξύτητα ανέρχεται σε 6/60, δηλαδή αριθμητής το 6 που είναι η απόσταση του εξεταζόμενου από τον οπτότυπο και παρονομαστής το 60 δηλαδή η μέγιστη απόσταση που ο φυσιολογικός οφθαλμός μπορεί να διακρίνει τα σύμβολα της 1<sup>ης</sup> σειράς. Αν ο εξεταζόμενος δεν μπορεί να διακρίνει ούτε το μεγαλύτερο σύμβολο του οπτοτύπου από τα 6m, τον τοποθετούμε στα 3m. Εάν ο εξεταζόμενος μπορεί να διακρίνει τα σύμβολα τα οποία ο φυσιολογικός οφθαλμός μπορεί να διακρίνει από τα 6m η οπτική οξύτητα θα είναι 3/6. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η οπτική οξύτητα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σκέλος ενός γράμματος που παρατηρείται από απόσταση 6m έχει πάχος όσο η ελάχιστη γωνία ευκρίνειας (1 arcmin).

Εκτός της κλίμακας Snellen στην Ηπειρωτική Ευρώπη και την Ελλάδα κυρίως χρησιμοποιείται η δεκαδική κλίμακα του Felix Monoyer (1875) δηλαδή αντικατάσταση του κλάσματος Snellen με την αντίστοιχη δεκαδική τιμή. Έτσι ο εξεταζόμενος με οπτική οξύτητα 6/60, στο δεκαδικό θα έχει οπτική οξύτητα 0.1, με 6/6 θα έχει 1.0 και 6/15 θα έχει 0.4 κτλ.

Στις **Η.Π.Α** τα αντίστοιχα κλάσματα δεν εκφράζονται σε μέτρα αλλά σε πόδια (6 μέτρα= 20 πόδια) και έτσι η οπτική γωνία π.χ. 6/6 γράφεται 20/20, τα 6/60 γράφονται 20/200 κ.ο.κ.

Η αναγνώριση των συμβόλων της πρώτης γραμμής αντιστοιχεί σε οπτική οξύτητα 1/10, η αναγνώριση των συμβόλων της δεύτερης γραμμής σε οπτική οξύτητα 2/10 κ.ο.κ μέχρι τη δέκατη γραμμή, που αντιστοιχεί σε οπτική οξύτητα 10/10 που είναι και η φυσιολογική.

ΕΥΡΩΠΗ	ΑΓΓΛΙΑ (Μέτρα)	Η.Π.Α (Πόδια)	ΔΕΚΑΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	LOGMAR
5/5	6/6	20/20	1.0	0
5/10	6/16	20/40	0.5	0.3
5/50	6/60	20/200	0.1	1

**Εικόνα 24:** Μονάδες μέτρησης Οπτικής οξύτητας.

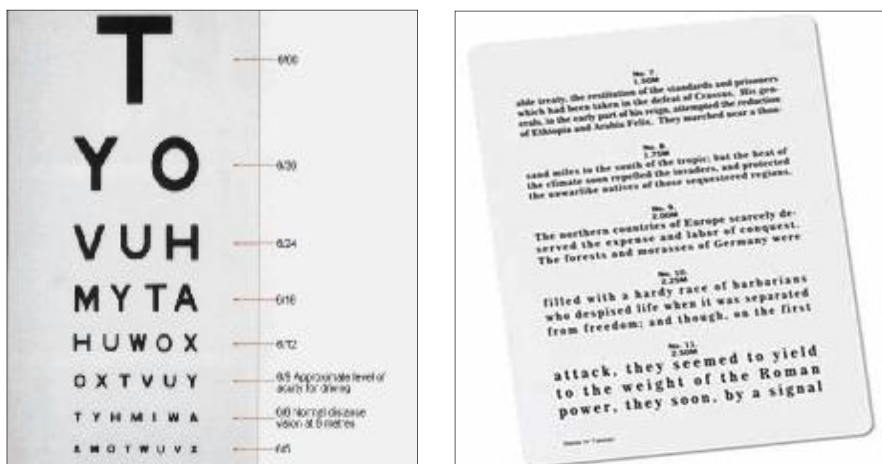
### 3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΑΚΡΙΝΗ ΟΡΑΣΗ

Η δοκιμασία της οπτικής οξύτητας για τη μακριά διεξάγεται με τον εξής τρόπο: Η απόσταση εξέτασης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τα 4 μέτρα, ώστε το μέτωπο κύματος που προσπίπτει στον οφθαλμό του εξεταζόμενου να έχει καμπυλότητα μικρότερη από 0,25D (δηλαδή οι ακτίνες να είναι πρακτικά παράλληλες μεταξύ τους). Συνήθως χρησιμοποιούνται τα 6 μέτρα και όταν ο εξεταζόμενος δεν μπορεί να διακρίνει τα γράμματα η εξεταστική απόσταση μειώνεται στο μισό δηλ τα 3 μέτρα. Χρησιμοποιούμε οπτότυπο κατάλληλο για την απόσταση που έχουμε επιλέξει.

Εξετάζεται κάθε μάτι ξεχωριστά, κρατώντας κλειστό το άλλο μάτι με μια κάρτα ή με την παλάμη χωρίς πίεση, και όχι με τα δάκτυλα, γιατί διαφορετικά ο εξεταζόμενος μπορεί να δει μέσα από τα κενά των δακτύλων και το αποτέλεσμα να είναι λανθασμένο. Εκείνος που φορά γυαλιά εξετάζεται με τα δικά του γυαλιά για μακριά. Ο πίνακας πρέπει να είναι καλά φωτισμένος και καθαρός. Στον οπτότυπο υπάρχουν σειρές γραμμάτων με αναγραφόμενες τις αποστάσεις στις οποίες ένα εμμετρωπικό (φυσιολογικό) μάτι μπορεί να τις διαβάσει. π.χ. τον μεγαλύτερο αριθμό σε 50 μέτρα, τον μικρότερο σε 5. Σύμφωνα με τον ορισμό της οπτικής οξύτητας σε κλάσμα ο αριθμητής αντιστοιχεί στην απόσταση εξέτασης και ο παρανομαστής στην απόσταση στην οποία τα γράμματα είναι κατασκευασμένα να διαβάζονται. Εάν ο εξεταζόμενος μπορεί να διαβάσει μόνο το πρώτο γράμμα από απόσταση 5 μέτρων, τότε η οπτική του οξύτητα είναι 5/50. Εάν διαβάσει την τελευταία γραμμή, τότε η οπτική του οξύτητα είναι 5/5. Καταγράφονται τα αποτελέσματα και επαναλαμβάνεται η μέτρηση και για τον αριστερό οφθαλμό. Τέλος η διαδικασία γίνεται και διόφθαλμα.

### 3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΟΝΤΙΝΗ ΟΡΑΣΗ

Η κοντινή όραση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πτυχές της λειτουργικής όρασης (**functional vision**) του ανθρώπου και αφορά παρατηρούμενους στόχους που βρίσκονται σε απόσταση κοντά στα 30 cm. Η αξιολόγηση της είναι σημαντική κατά την συνταγογράφηση σε πρεσβύωπες, για τον υπολογισμό της πρόσθετου θετικού σφαιρώματος (**addition**). Οι βασικές μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της οπτικής οξύτητας σε κοντινή απόσταση αφορούν την αναγνώριση λέξεων /γραμμάτων (letter acuity/word acuity) και ανάγνωσης (reading acuity) με τη χρήση κατάλληλων πινάκων ανά περίπτωση. Ο ασθενής κρατά το πίνακα σε απόσταση 35 με 40 cm από τον οφθαλμό με τα γυαλιά του ή χωρίς και προσπαθεί να διαβάσει τις σειρές στο πίνακα με τα μικρότερα γράμματα. Τα αποτελέσματα της εξέτασης καταγράφονται με δεκαδική μορφή (πχ 2/10, 3/10, 4/10).



**Εικόνα 25:** Αριστερά πίνακας Snellen για την εκτίμηση της μακρινής οπτικής οξύτητας – Δεξιά κάρτα ανάγνωσης για την αξιολόγηση της κοντινής οπτικής οξύτητας.

### 3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΒΡΕΦΗ ΚΑΙ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Η οπτική οξύτητα στα παιδιά ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία. Για να φτάσει φυσιολογικά στα 10/10 στην ηλικία των 5-6 ετών ακολουθεί την εξής πορεία:

2 ετών: 5/10

3 ετών: 7/10

4-5 ετών: 9/10

6ετών: 10/10

Για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας στα παιδιά χρησιμοποιούνται ποικίλες μέθοδοι.

Η μέτρηση οπτικής οξύτητας σε βρέφη δεν είναι δυνατή. Μόνο αδρά εκτίμηση μπορεί να γίνει: Στα νεογέννητα μπορούμε να υπολογίσουμε την λειτουργική ικανότητα του οφθαλμού με την εξέταση του αντανακλαστικού της κόρης και τη ικανότητα παρακολούθησης ενός φωτεινού αντικείμενου. Για παράδειγμα όταν ο εξεταζόμενος οφθαλμός προσηλώνει και παρακολουθεί ένα στόχο ή από τις αντιδράσεις του βρέφους όταν καλύπτεται ο άλλος οφθαλμός( αμβλυωπία).

Μέχρι την ηλικία του ενός έτους, επειδή το ενδιαφέρον του παιδιού για σχηματικές παραστάσεις είναι μηδαμινό, η οπτική οξύτητα προσδιορίζεται με άλλες μεθόδους. Μετά την ηλικία του 1 έτους και κατά τη διάρκεια της προσχολικής ηλικίας χρησιμοποιούνται πίνακες με σχήματα γνωστών αντικειμένων ή συμβόλων που ζητείται είτε να προσδιορισθεί το όνομα είτε να αναζητήσει το όμοιο αντικείμενο από έναν πίνακα που κρατά μπροστά του (μέθοδος Sheridan – Gardiner).

Χρησιμοποιούνται επίσης οι κάρτες Allen οι οποίες μικρές κάρτες οι οποίες έχουν τυπωμένες εικόνες στην επιφάνειά τους και οι οποίες κρατούνται σε απόσταση 6 μέτρων. Αν το παιδί δεν μπορεί να αναγνωρίσει τις εικόνες ο ειδικός μειώνει την απόσταση εξέτασης και καταγράφει τη τελική απόσταση. Ο προσδιορισμός της οπτικής οξύτητας και στην περίπτωση αυτή γίνεται ξεχωριστά για κάθε οφθαλμό τόσο για μακριά όσο και για κοντά.

Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας στα παιδιά προσχολικής ηλικίας (πάνω από 5-6 ετών) δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και μπορεί να γίνει με το κλασικό οπτότυπο των ενηλίκων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα απλοποιημένο διάγραμμα μόνο με τα γράμματα Η, Ο, Τ και V. Αυτά τα γράμματα επιλέχθηκαν επειδή είναι συμμετρικά, έτσι δεν θα αποτελέσουν πρόβλημα για τα μικρά παιδιά που εξακολουθούν να έχουν προβλήματα με πλευρικότητα. Η Lea Hyvarinen το 1976 δημιούργησε έναν πίνακα που χρησιμοποιούσε περιγράμματα από σχήματα, για να μετρήσει την οπτική οξύτητα παιδιών προσχολικής ηλικίας. Τα τέσσερα οπτότυπα που σχεδίασε, τα λεγόμενα LH ήταν: το μήλο, το τετράγωνο, το σπίτι και η μπάλα. Η σχεδίαση αυτών των τεσσάρων οπτοτύπων απαιτούσε περισσότερη προσοχή και δουλειά. Σε περίπτωση στην οποία κάποια παιδιά δεν αναγνωρίζουν τα γράμματα ή τους αριθμούς ή μέτρηση μπορεί να γίνει με το γράμμα E, τους δακτυλίους του Landolt, τις κάρτες του Scheridan ή με εικόνες. Αν τα παιδιά δεν μπορούν να ονομάσουν το γράμμα, μπορούν να τους δοθούν μεγάλες λαμπρές εικόνες-κάρτες στις οποίες μπορεί να τις ταιριάξουν. Οι εικόνες είναι η λιγότερο ακριβής και συγκρίσιμη μέθοδος, αφενός λόγω της ποικιλίας των σχημάτων τους και αφετέρου λόγω του ότι η αναγνώρισή τους εξαρτάται από τις προηγούμενες παραστάσεις και εμπειρίες του παιδιού.

Στο παιχνίδι του Landolt C και του E ο οπτότυπος περιέχει σειρές σύμβολων, που το καθένα είναι το γράμμα C και E αντίστοιχα, αλλά με διαφορετική τοποθέτηση :για παράδειγμα τα σκέλη του E είναι στραμμένα άλλοτε αριστερά, άλλοτε δεξιά, άνω η κάτω. Το παιδί μαθαίνει σαν παιχνίδι να δείχνει με το χέρι του, ή με ένα μεγάλο μεταλλικό E το οποίο κρατάει, την κατεύθυνση προς την οποία είναι στραμμένα τα σκέλη του E. Στους συγκεκριμένους πίνακες εξέτασης υπάρχει το πλεονέκτημα ότι οι εξεταζόμενοι δεν μπορούν να αποστηθίσουν τη σειρά των αριθμών – γραμμάτων. Από την άλλη αυτά τα σύμβολα παρουσιάζουν διαφορετικό μειονέκτημα για τα παιδιά με νοητική στέρση τα οποία μπορούν να δουν το σύμβολο αλλά μπορεί να έχουν δυσκολία αντιγράφοντας την κατεύθυνσή του.

Η δοκιμασία Scheridan – Cardiner είναι ευκολότερη και μπορεί να αποδώσει σε περιπτώσεις που απέτυχε το παιχνίδι με το E, ή μπορεί να χρησιμοποιείται αντ' αυτού. Ο εξεταστής κρατάει στα χέρια του ένα βιβλιαράκι με κάρτες, που κάθε μια έχει αποτυπωμένο ένα γράμμα.

Οι κάρτες είναι τοποθετημένες με σειρά, ώστε τα γράμματα συνεχώς να μικραίνουν και το μέγεθος του καθενός να αντιστοιχεί με μια τιμή οπτικής οξύτητας. Ο εξεταζόμενος κρατάει ένα πίνακα που περιέχει όλα τα γράμματα που είναι αποτυπωμένα στις κάρτες και δείχνει με το δάχτυλο το γράμμα που κάθε φορά ο εξεταστής του επιδεικνύει από απόσταση 6 μέτρα. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι μπορεί να δώσει μεγαλύτερες τιμές οπτικής οξύτητας, επειδή επιδεικνύονται

μεμονωμένα σύμβολα και έτσι δεν επηρεάζεται από τη δυσχέρεια διαχωρισμού (Crowding phenomenon) που παρατηρείται στην αμβλυωπία.



**Εικόνα 26:** Αριστερά: Δοκιμασία Scheridan – Cardiner, Δεξιά : οπτότυπο με σύμβολα.

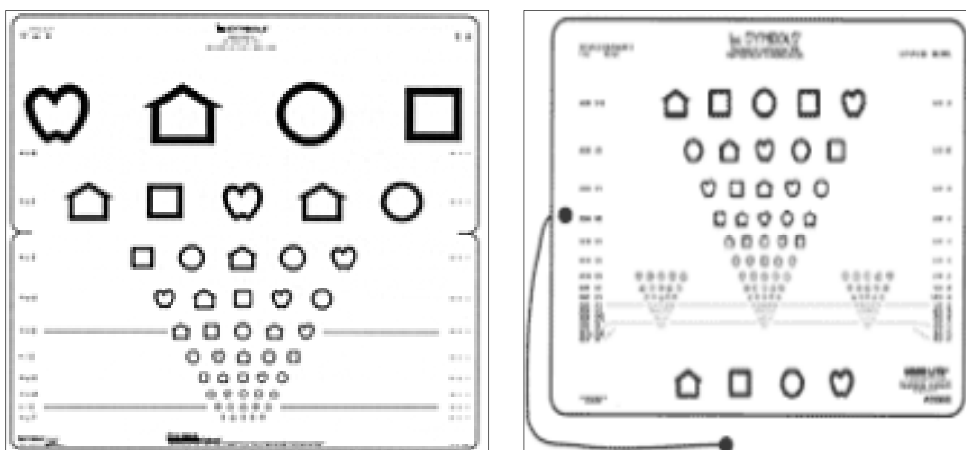
### 3.5 ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΜΑΚΡΥΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ

Η οπτική οξύτητα αξιολογείται με εξετάσεις που γίνονται σε απόσταση 3 μέτρων. Εάν αυτή η απόσταση είναι πολύ μεγάλη για ένα μικρό παιδί, η εξέταση μπορεί να πραγματοποιηθεί στα δυο μέτρα. Σε μεγαλύτερα παιδιά η μέτρηση μπορεί να γίνει σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 6 μέτρα. Για την εξέταση παιδιών 5 ετών και μεγαλύτερα, η βασική εξέταση της οπτικής οξύτητας είναι ο 15- γραμμών αναδιπλούμενος πίνακας ή οι πίνακες οπίσθιου φωτισμού είτε στο μεγαλύτερο ETDRS-φωτεινό κουτί είτε στο μικρότερο. Σε αυτούς τους πίνακες υπάρχουν δυο ή τρεις ομάδες συμβόλων στην χαμηλότερη σειρά έτσι ώστε οι μετρήσεις των διόφθαλμων ή μονόφθαλμων τιμών να μπορούν να γίνουν με χρήση διαφορετικών ομάδων συμβόλων, αποτρέποντας την απομνημόνευση. Οι πίνακες με αρκετές ομάδες συμβόλων στις χαμηλότερες γραμμές είναι πολύ δύσκολες για παιδιά ηλικίας 3-4 ετών. Για αυτά υπάρχει ένας πίνακας 10 γραμμών και μόνο μια ομάδα συμβόλων.

### 3.6 ΕΞΕΤΑΣΗ ΚΟΝΤΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ

Στα βρέφη και στα παιδιά οι λειτουργίες της όρασης σε κοντινές αποστάσεις είναι πολύ πιο σημαντικές από ότι οι λειτουργίες της όρασης σε μακρινές αποστάσεις. Επομένως, η οπτική οξύτητα θα πρέπει να αξιολογείται πρώτα σε κοντινή απόσταση, με την εξέταση γραμμής, όπου είναι και η βασική εξέταση. Για την εξέταση της οπτικής οξύτητας για κοντά, υπάρχουν τρεις διαφορετικές τιμές οξύτητας, η βασική γραμμή οξύτητας, η μέτρηση οπτικής οξύτητας με περισσότερα crowded σύμβολα

(όπου μας δίνει μια ιδέα σχετικά με το μέγεθος του κειμένου που το παιδί ελέγχει/χειρίζεται) και με μονά σύμβολα (όπου αποκαλύπτουν ποια είναι τα μικρότερα σύμβολα που το παιδί διακρίνει όταν δεν υπάρχει «συσσωρευμένη» πληροφορία τριγύρω).



**Εικόνα 27:** Αριστερά οπτότυπος για εξέταση μακρινής όρασης και δεξιά οπτότυπος για την εξέταση της κοντινής όρασης.

### 3.7 ΠΡΩΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ

Δεδομένου ότι είναι δύσκολο να κρατήσουμε την προσοχή ενός παιδιού σε ένα διάγραμμα σε 20 πόδια (6 μέτρα), τα παιδιά συχνά δοκιμάζονται στα 10 πόδια (3 μέτρα).

Μικρότερες αποστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης. Σε μικρότερες αποστάσεις η μέτρηση της οπτικής οξύτητας είναι συχνά αναξιόπιστη. Ωστόσο, συχνά το πιο σημαντικό κομμάτι των πληροφοριών είναι αν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα μάτια, δεδομένου ότι αυτό θα μπορούσε να δείξει αμβλυωπία ή σε ένα οφθαλμό διαταραχή. Μια τέτοια διαφορά είναι συχνά εφικτή ακόμη και σε βρέφη, παρατηρώντας την αντίδρασή τους σε απόφραξη του ενός ματιού ή το άλλο. Για μια πιο ουσιαστική εξέταση μπορεί κανείς να παρουσιάσει ερεθίσματα με διαφορετικές λεπτομέρειες ή την αντίθεση.

Για τα παιδιά που δεν μπορούν να δουν το μεγαλύτερο σύμβολο σε 10 πόδια (3 μέτρα), το γράφημα μπορεί να χρειαστεί να μετακινηθεί ακόμα σε πιο κοντινή απόσταση. Για τη λήψη ακριβής εικόνας της οπτικής οξύτητας, το γράφημα θα πρέπει να είναι αρκετά κοντά ώστε το παιδί να μπορεί να εντοπίσει μερικά από τα σύμβολα. Όταν ένα παιδί δεν μπορεί να κατονομάσει τα σύμβολα, αυτό σημαίνει ότι τα σύμβολα παρουσιάζουν έλλειψη σωστού μεγέθους ή σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει πρόβλημα ανάγνωσης του παιδιού.

### 3.8 ΕΞΕΤΑΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΡΑΣΗ

Η μειωμένη οπτική οξύτητα μπορεί να οφείλεται είτε σε διαθλαστικό σφάλμα είτε σε παθολογικές καταστάσεις του οφθαλμού (π.χ. κερατόκωνος) είτε σε συνδυασμό και των δυο. Οι ασθενείς με χαμηλή όραση εμφανίζουν σοβαρές



αμφοτερόπλευρες διαταραχές της οπτικής λειτουργίας και η οπτική τους απόδοση συχνά δεν μπορεί να βελτιωθεί ικανοποιητικά με τα συνηθισμένα γυαλιά και φακούς επαφής. Γενικά πρέπει να τονισθεί ότι ο ασθενής με χαμηλή όραση δεν είναι ένας συνηθισμένος ασθενής. Εμφανίζει ιδιαιτερότητες και προβλήματα που κάνουν την αντιμετώπισή του ιδιαίτερα λεπτή.

Σε ασθενείς με χαμηλή οπτική οξύτητα, οι οποίοι δεν μπορούν να αναγνωρίσουν κανένα γράμμα του οπτικού τύπου, καταγράφεται η απόσταση από την οποία ο εξεταζόμενος αναγνωρίζει τον αριθμό των δακτύλων του εξεταστή ή αν και αυτό δεν είναι δυνατό η οπτική οξύτητα καταγράφεται ως όραση κινουμένης χειρός ή αντίληψη φωτός. Σε ασθενείς οι οποίοι δεν μπορούν να αναγνωρίσουν το φως η οπτική οξύτητα καταγράφεται ως αδυναμία αντίληψη φωτός.

Οι πίνακες Snellen αν και είναι οι πλέον διαδεδομένοι, δεν είναι και οι πλέον ενδεδειγμένοι λόγω του μειωμένου αριθμού γραμμάτων στα μεγάλα μεγέθη και την

αναλογία μεγέθους μεταξύ συνεχόμενων γραμμών η οποία ποικίλει μεταξύ διαφορετικών γραμμών οπτικής οξύτητας. Για παράδειγμα στους πίνακες Snellen η γραμμή 1/10 (6/60) αποτελείται από ένα μόνο γράμμα ή (2 συνήθως σε συστήματα προβολής) ενώ η γραμμή 2/10 ή (6/36, ανάλογα με το πίνακα) αποτελείται από δύο γράμματα. Δηλαδή ο εξεταστής βασίζεται στην αναγνώριση ενός γράμματος για να καθορίσει αν ένας ασθενής πληροί τα κριτήρια τυφλότητας (σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να μειώνει την απόσταση του πίνακα στο μισό) και μόνο δύο γράμματα για να διαπιστώσει αν η οξύτητα ενός ασθενή έχει διπλασιαστεί από 1/10 σε 2/10. Αντιθέτως η χρήση του πίνακα logMAR απαιτεί την αναγνώριση δεκαπέντε (15) γραμμάτων για οξύτητα ίση με 2/10. Είναι επομένως εμφανές ότι οι πίνακες logMAR αποτελούν τη σωστή επιλογή σε συνθήκες που απαιτείται η ακριβής καταγραφή της οπτικής οξύτητας, όπως για τον έλεγχο της εξέλιξης μιας πάθησης ή την αποτελεσματικότητα μιας φαρμακευτικής ή χειρουργικής θεραπείας. Βέβαια, υπάρχουν περιπτώσεις ασθενών με μειωμένη οπτική αντίληψη (οπτική οξύτητα < 1/20) όπου ακόμη κι αν ο πίνακας logMAR τοποθετηθεί στα δύο μέτρα δεν μπορούν να αναγνωριστούν κάποια γράμματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπως είναι γνωστό, ο εξεταστής χρησιμοποιεί διαφορετικούς τρόπους για να ελέγχει την ευκρίνεια όρασης, όπως για παράδειγμα τη 'μέτρηση δακτύλων' (counting fingers, CF) (σε διαφορετικές αποστάσεις- αν και τα 40 cm αποτελούν την πιο συνήθη απόσταση), την 'αντίληψη κίνησης χεριού' (Hand Motion, HM) και την αντίληψη φωτός ( Light Perception, LP) ή μη (No Light Perception, NLP).

Οι πίνακες Bailey- Lovie επίσης οι οποίοι δεν μειονεκτούν είναι προτιμότεροι για την εκτίμηση και καταγραφή τόσο της μακρινής όσο και της κοντινής οπτικής οξύτητας είναι όμως δυσεύρετοι στη χώρα μας. Για την κοντινή όραση χρήσιμοι αποδεικνύονται οι πίνακες με βάση το τυπογραφικό point , δηλαδή της σημειογραφίας N (N5, N8, N10, N12, κτλ.).

Ύψος μικρών γραμμάτων σε mm	Σημειολογία N (points)	Ισοδύναμη O.O. Snellen για ανάγνωση στα 25 cm	Σημειολογία logMAR κατά Bailey- Lovie(1976) (25cm.)	Σημειολογία M (Sloan,1959)
0.36	N2	6/6	0.0	0.25M
0.71	N4	6/12	0.3	0.5M
0.89	N6	6/18	0.4	0.75M
1.4 (μικρά γράμματα εφημερίδας)	N8	6/24	0.6	1M
1.75	N10	6/30	0.7	1.25M
2.80	N16	6/48	0.9	2M
3.5	N20	6/60	1.0	2.5M
5.6	N32	6/96	1.2	4M
11.1	N64	6/192	1.5	8M

**Εικόνα 28:** Οι σχέσεις και αναλογίες των διαφόρων σημειολογιών κοντινής οπτικής οξύτητας.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**  
**ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ**

## 4.1 Εκτίμηση Οπτικής οξύτητας με οπτότυπα χαμηλής φωτεινής αντίθεσης

Η οπτική οξύτητα μας πληροφορεί για την ικανότητα του ματιού να διακρίνει λεπτομέρειες σε υψηλή οπτική αντίθεση (κοντράστ), δεν μπορεί όμως να εκτιμήσει την ικανότητα του ατόμου να αναγνωρίσει μεγάλες εικόνες με χαμηλή οπτική αντίθεση όπως πρόσωπα ή κοντινά αντικείμενα. Η αντίθεση φωτεινότητας (contrast) των συμβόλων που χρησιμοποιούνται σε πρότυπους πίνακες πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90%. Είναι όμως προφανές ότι τέτοιες υψηλές τιμές φωτεινής αντίθεσης δεν συναντώνται εύκολα στην καθημερινή πρακτική, σε συνθήκες λειτουργικής όρασης (πχ κατά την πλοήγηση, στην οδήγηση) όπου ο περιορισμός της οπτικής αντίληψης των διαφόρων αντικειμένων επέρχεται από την έλλειψη ικανοποιητικής φωτεινής αντίθεσης παρά το μικρό τους μέγεθος.

Σε ένα υγιές φυσιολογικό μάτι η οπτική οξύτητα και η ευαισθησία στην οπτική αντίθεση τυπικά μεταβάλλονται παράλληλα. Διάφορες όμως παθολογικές καταστάσεις(καταρράκτη, εγκεφαλικές βλάβες, οπτική νευρίτιδα, γλαύκωμα, διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, αμβλυωπία) μπορούν να μειώσουν την ευαισθησία στην οπτική αντίθεση παρά το γεγονός ότι η οπτική οξύτητα μπορεί να είναι σχεδόν φυσιολογική και ταυτόχρονα οδηγούν σε μείωση του contrast του αμφιβληστροειδικού ειδώλου. Αυτό συμβαίνει λόγω της ύπαρξης εκτροπών και της σκέδασης του φωτός από οπτικές ατέλειες στις διαθλαστικές επιφάνειες του οφθαλμού. Κρίνεται λοιπόν χρήσιμη η εκτίμηση της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης(contrast sensitivity) παράλληλα με την μέτρηση της οπτικής οξύτητας.

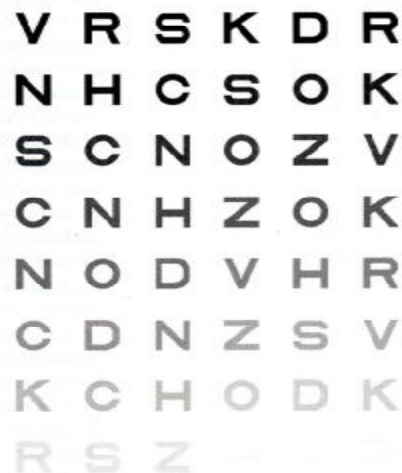
Επομένως, η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας για σύμβολα χαμηλού contrast είναι δυνατόν να οδηγήσει στην καλύτερη διάγνωση παθολογικών καταστάσεων. Αυτό ήταν που οδήγησε στην ανάπτυξη πινάκων στα οποία χρησιμοποιήθηκαν και σύμβολα με χαμηλότερη ευαισθησία αντίθεσης. Για αρκετά χρόνια οι ερευνητές προσπαθούσαν να δημιουργήσουν ένα απλό τεστ για την εξέταση της ευαισθησίας της φωτεινής αντίθεσης. Το 1881 ήταν η χρονιά που αναγνωρίστηκε αυτή η αναγκαιότητα και η σημασία της διάκρισης στόχων με χαμηλή αντίθεση και περίπου τέσσερις δεκαετίες αργότερα (1918) πραγματοποιήθηκε η πρώτη εξέταση από τον G. Young. Στις μέρες μας τα οπτότυπα που συναντούμε πιο συχνά είναι τα εξής:

- Οπτότυποι Pelli-Robson
- Οπτότυποι Bailey-Lovie
- Freiburg test
- Οπτότυποι Vistech VCTS
- Vector Vision CSV-1000.

### Οπτότυπος Pelli Robson

Ο οπτότυπος των Pelli-Robson (1988) αποτελείται από 16 ομάδες 3 κεφαλαίων γραμμάτων. Τα γράμματα έχουν σταθερό μέγεθος αλλά ελαττώνονται σταδιακά σε contrast προς το υπόστρωμα (δηλαδή αξιολογεί την ευαισθησία στο contrast και όχι τη διακριτική ικανότητα του οφθαλμού). Συγκεκριμένα ο πίνακας χρησιμοποιεί 6 γράμματα ανά γραμμή που διατάσσονται σε ομάδες των οποίων η φωτεινή αντίθεση μειώνεται σταδιακά .Η αντίθεση κάθε ομάδας κυμαίνεται από 90%

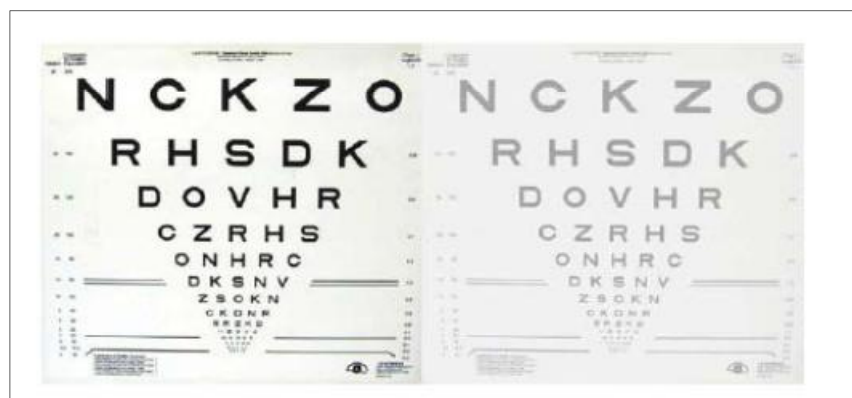
αντίθεση στην άνω αριστερή ομάδα μέχρι 0,5% στην κάτω δεξιά. Η εξέταση γίνεται όπως για την οπτική οξύτητα. Ο εξεταζόμενος ονομάζει τα γράμματα με τη σειρά ξεκινώντας από το υψηλότερο contrast και η δοκιμασία συνεχίζεται μέχρι να κάνει δύο ή περισσότερα λάθη σε κάποια ομάδα (δηλαδή δεν μπορεί να διαβάσει 2 ή 3 γράμματα σε κάθε ομάδα). Κάθε ομάδα έχει 3 γράμματα του ίδιου επιπέδου contrast, επομένως υπάρχουν τρεις προσπάθειες ανά επίπεδο contrast. Ο ουδός της ευαισθησίας καθορίζεται από την τελευταία ομάδα στην οποία αναγνωρίστηκαν τουλάχιστον δύο ή τρία γράμματα. Όταν βλέπονται από απόσταση 1 μέτρου τα γράμματα σχηματίζουν γωνία 3°, πολύ πιο πάνω από την οπτική οξύτητα των περισσότερων ατόμων με μειωμένη όραση. Η απλή αυτή δοκιμασία προσφέρει, μια γρήγορη, αξιόπιστη και ακριβή εκτίμηση της ευαισθησίας στην οπτική αντίθεση και είναι πολύ ικανοποιητική για την εφαρμογή της μεθόδου στη κλινική πράξη.



**Εικόνα 29:** Οπτότυπος Pelli-Robson

### Οπτότυπος Bailey-Lovie

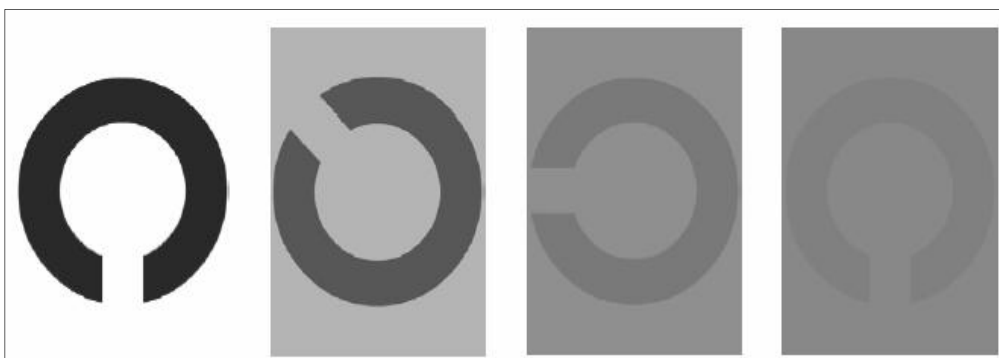
Ο συγκεκριμένος οπτότυπος στηρίζεται στην κλίμακα του λογάριθμου της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας (logMAR). Ο πίνακας Bailey-Lovie παρουσιάζει σταθερό αριθμό γραμμάτων ανά σειρά (5) τα οποία μειώνονται σε μέγεθος με γεωμετρική πρόοδο και το διάστημα μεταξύ των γραμμάτων και των σειρών είναι σταθερός και ίσος με το μέγεθος του γράμματος (πχ 0.1 log μονάδες). Με τον πίνακα Bailey-Lovie καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας για δυο διαφορετικές συνθήκες αντίθεσης φωτεινότητας (contrast) των γραμμάτων 90% και 10%.



**Εικόνα 30:** Πίνακες Bailey-Lovie (αριστερά contrast 90% και δεξιά contrast 10%).

## Freiburg test

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα προγράμματα που εκτελούνται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και προβάλλονται σε οθόνη, έτσι ώστε να υλοποιήσουν τις δοκιμασίες της οπτικής οξύτητας και της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης (C.S). Η ευαισθησία (sensitivity) και ο βαθμός αρτιότητας (specificity) αυτών των δοκιμασιών εξαρτάται από την ικανότητα του λογισμικού να προσδιορίσει με ακρίβεια το μικρότερο contrast που απαιτείται για την αντίληψη ενός ερεθίσματος (μέθοδος αναζήτησης ουδούς) και από την ανάλυση και τη χρωματική πιστότητα της οθόνης (χρήση κάρτας γραφικών υψηλής τεχνολογίας και οθόνης υψηλής ανάλυσης). Ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι το Freiburg test (Bach, 1996) στο οποίο χρησιμοποιείται το Landolt C και ο εξεταζόμενος καλείται να αναγνωρίσει την κατεύθυνση στην οποία το σύμβολο είναι στραμμένο. Ένα τέτοιο πρόγραμμα αποτελεί το Freiburg test (Bach, 1996) στο οποίο χρησιμοποιείται το Landolt C. Ο εξεταζόμενος καλείται να αναγνωρίσει την κατεύθυνση στην οποία το σύμβολο είναι στραμμένο.

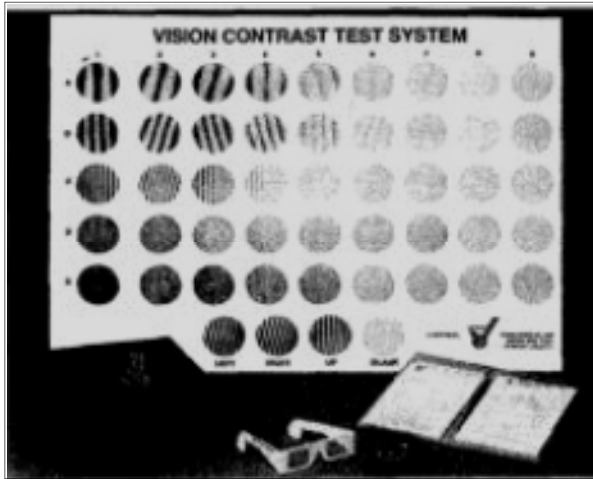


*Εικόνα 31: Freiburg test στο οποίο χρησιμοποιείται ο δακτύλιος C του Landolt.*

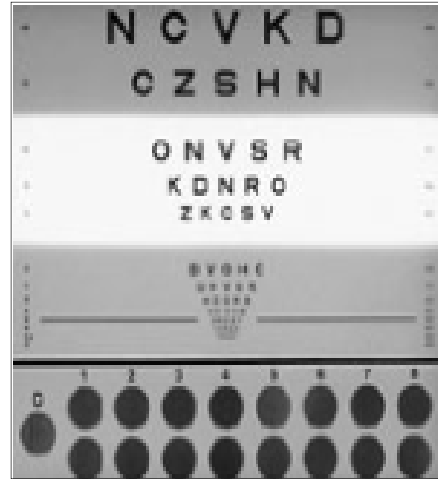
## Οπτότυποι Vistech(Vision contrast Test System-VCTS)

Η εταιρία Vistech έχει κατασκευάσει οπτότυπους που αποτελούνται από πέντε σειρές γραμμωτών παραστάσεων με ημιτονοειδή διαμόρφωση μεταβολής της φωτεινότητάς τους. Παρουσιάζει μια σειρά από ημιτονοειδή gratings σε διαφορετικά επίπεδα φωτεινής αντίθεσης. Κάθε σειρά ελέγχει μια συγκεκριμένη χωρική συχνότητα (1.5, 3, 6, 12 και 18 c/deg σε κύκλους ανά μοίρα). Κάθε χωρική συχνότητα (σειρά) του τεστ αρχίζει με παράσταση μεγάλης αντίθεσης. Η αντίθεση των γραμμωτών παραστάσεων που ακολουθούν σταδιακά μειώνεται από τη μια παράσταση στην άλλη, από τα αριστερά προς τα δεξιά. Οι χαμηλές συχνότητες εξετάζουν την ευαισθησία πολύ μεγάλων αντικειμένων ενώ οι υψηλές συχνότητες μετρούν την ευαισθησία πολύ μικρών αντικειμένων. Τα ημιτονοειδή κύματα, τα οποία εμφανίζονται ως θαμπές γκριζες μπάρες, ποικίλουν ως προς τον προσανατολισμό τους, και μπορεί να είναι κατακόρυφες ή με κλίση αριστερά ή δεξιά. Ο παρατηρητής αναφέρει το χαμηλότερο contrast που είναι ορατό σε κάθε ομάδα και περιγράφει τον προσανατολισμό. Ο εξεταστής καταγράφει τα αποτελέσματα για να δημιουργήσει μια συνάρτηση φωτεινής ευαισθησίας ή καμπύλη. Η καμπύλη κατόπιν συγκρίνεται με μια

νόρμα πληθυσμού και μπορεί να μετατραπεί σε μια πρότυπη τιμή οπτικής οξύτητας η οποία σχετίζεται στην καθημερινή λειτουργική όραση.



**Εικόνα 32:** Οπτότυπος VCTS



**Εικόνα 33:** Οπτότυποι CSV

### Οπτότυποι Vector Vision CSV-1000

Η CSV-1000 εξέταση χρησιμοποιείται ευρέως για εξέταση ασθενών με διαθλαστική χειρουργική και αποτελείται από ένα αυτόματο τηλεχειριζόμενο οπτότυπο. Ο εξεταζόμενος τοποθετείται σε απόσταση 2.5 μέτρων από τον πίνακα. Στον πίνακα υπάρχουν τέσσερις διπλές σειρές κύκλων με οκτώ ζεύγη κύκλων κάθε σειρά. Σε κάθε ζεύγος ο ένας μόνο κύκλος περιέχει τη γραμμωτή παράσταση. Ο βαθμός αντίθεσης κάθε σειράς μειώνεται προοδευτικά καθώς προχωρούμε από αριστερά προς τα δεξιά. Από τον εξεταζόμενο ζητάμε να βρει ποιος από τους δύο κύκλους κάθε ζεύγους περιέχει τη γραμμωτή παράσταση και σημειώνετε σε διάγραμμα την τελευταία σωστή απάντηση. Η εξέταση παρουσιάζει Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) logMAR οπτική οξύτητα από 20/10 έως 20/100 και μια γραμμή χωρικής συχνότητας 12 cycles/degree. Ο εξεταζόμενος μπορεί να εξεταστεί εύκολα στην ETDRS οξύτητα και στην ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης.

Στην περίπτωση που παρουσιαστεί μειωμένη ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης απαιτείται επανεξέταση του εξεταζόμενου και με όλες, τις τέσσερις χωρικές συχνότητες.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη του θέματος με τίτλο « Μελέτη της οπτικής οξύτητας » που θίγει η παρούσα εργασία, προκύπτει πειστική απεικόνιση σε ότι σχετίζεται με την οπτική οξύτητα.

Αναφέραμε στην αρχή του κεφαλαίου ότι η διακριτική ικανότητα της όρασης αξιολογείται με μια σχετικά απλή μέθοδο, αυτή της οπτικής οξύτητας, η οποία αποτελεί μια πρότυπη μέτρηση της διακριτικής ικανότητας και τη συχνότερη μέθοδο αξιολόγησης της όρασης στην καθημερινή κλινική πράξη, για τη διάγνωση του διαθλαστικού σφάλματος καθώς και της βασικής έρευνας της παθο-φυσιολογίας του οφθαλμού και της καταγραφής της προόδου και της αποτελεσματικότητας διαφόρων θεραπευτικών μεθόδων.

Η εξέταση της οπτικής οξύτητας απαιτεί περισσότερο χρόνο και "ιδιαίτερη" συνεργασία του εξεταζόμενου, παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα όρασής του. Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την οπτική οξύτητα είναι σημαντικό περιοριστικό τμήμα της μελέτης της ο.ο.

Οι οπτότυποι οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της ο.ο είναι κατασκευασμένοι με διαφορετικά πρότυπα βασισμένα στις ιδέες των ατόμων που τα δημιούργησαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν συγκεκριμένες ανάγκες των εξεταζόμενων. Ταξινομούνται ανάλογα με την ηλικία, υπάρχουν ειδικοί οπτότυποι για τα παιδιά, τους αναλφάβητους και τα άτομα με προβλήματα χαμηλής όρασης, για μακρινή και κοντινή απόσταση. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η μέτρηση και δεν επικρατεί σύγχυση.

Στη σύγχρονη οπτομετρική πρακτική, χρησιμοποιούνται ειδικοί οπτότυποι για την αξιολόγηση πιο λεπτομερών στοιχείων της όρασης. Υπάρχουν για παράδειγμα οπτότυποι με σύμβολα χαμηλής αντίθεσης (contrast). Με αυτό τον τρόπο αξιολογείται η ικανότητα του εξεταζόμενου να διακρίνει ερεθίσματα(εικόνες ή γράμματα) χαμηλού contrast για ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων. Πιο πρόσφατα για την αξιολόγηση της ποιότητας της όρασης η δοκιμασία της ευαισθησίας φωτεινής αντίθεσης πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλα κατασκευασμένων οπτοτύπων ή μέσω της προβολής ερεθισμάτων σε βαθμονομημένη οθόνη και χρήση κατάλληλου λογισμικού.

Τέλος, θα θέλαμε να επισημάνουμε πώς διαπραγματευόμενοι αυτό το ενδιαφέρον θέμα, μας δημιουργήθηκε η πεποίθηση πως κάναμε την αρχή για μια σειρά εργασιών που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο τμήμα μας, βασισμένες στο ίδιο θέμα, η οποίες όμως θα προκύπτουν και μέσα από ερευνητικά στοιχεία και θα αφορούν ομάδες ατόμων διαφόρων ηλικιών, ακόμα και διαφορετικών περιοχών του ελλαδικού χώρου.

Αίγιο 2012,  
Κωνσταντίνα Λυχούδα  
Αντώνης Μαρούδας



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασημέλλης, Γ et al. (2008) Οπτική και Υπερόραση. Εκδ. Σύγχρονη Γνώση
- Ασημέλλης, Γ. & Κατσούλος,Κ. (2008) Η σύγχρονη διαθλαστική εξέταση. Εκδ. Σύγχρονη Γνώση
- Αλεξόπουλος Κ.Δ & Μαρίνος Δ.Ι(1992) Οπτική. Εκδ. Κοκοτσάκη
- Batterburg, M. & Bowling, B. (2003) Οφθαλμολογία. Εικονογραφημένο εγχειρίδιο. Εκδ. Παρισιάνος
- Γκλάσμπουν, Μ. (1985) Τα μάτια-Προβλήματα & θεραπείες. Υγεία & Ζωή. Εκδ. Ψυχογιός
- Δαμανάκης, Α.(1999) Διάθλαση-Βασικές αρχές και τεχνική. Εκδ. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας. 2<sup>η</sup> έκδοση
- Ελληνική Οφθαλμολογική Εταιρία (1996), Οπτική. Διάθλαση και φακοί επαφής. Εκδ. Πασχαλίδης
- Θεοδοσιάδης, Γ. & Δαμανάκης, Α. (2009) Βασικές αρχές στραβισμού. Εκδ. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας
- Hollwich, F. (1984) Εισαγωγή στην οφθαλμολογία. Εκδ. Παρισιάνος
- Κυργεοτάκης, G. (2002) Τέλεια όραση χωρίς γυαλιά. Εκδ. Διόπτρα.
- Laydhecker, W. (1998) Οφθαλμολογία. Εκδ. Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.
- Μόσχος, Μ. et all, Εισαγωγή στην οφθαλμολογία. Εκδ. Ζήτα
- Πλαϊνής, Σ. Σημειώσεις από το μάθημα Σύγχρονες οπτικές εφαρμογές του μεταπτυχιακού τμήματος Οπτική και όραση του πανεπιστημίου Κρήτης
- Στάγκος, Ν.Τ. (2002) Κλινική Οφθαλμολογία. Εκδ. University Studio Press
- Φωτεινάκης, Β. (1998) Εγχειρίδιο για τη χαμηλή όραση. Εκδ. Ελλην
- Φωτεινάκης, Β. et al. (2000) Κλινική Διάθλαση, Εκδ. Έλλην

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Portraits of European Neuroscientists: Benito de Valdes. (2011) Ανάκτηση 1/10/2011 από : <http://neuroportraits.eu/portrait/benito-daza-devald%C3%A9s>
- Precision Vision. (2012) Ανάκτηση 5/02/12 από: [http://www.precision-vision.com/index.cfm?fuseaction=feature.display&feature\\_id=9#Visual\\_acuity&CFID=19666979&CFTOKEN=13ba0e1546fa3e4f-0B223ABB-FBC7-4D9D-E30057E5821A3841](http://www.precision-vision.com/index.cfm?fuseaction=feature.display&feature_id=9#Visual_acuity&CFID=19666979&CFTOKEN=13ba0e1546fa3e4f-0B223ABB-FBC7-4D9D-E30057E5821A3841)
- How Visual Acuity Is Measured by Wendy Strouse Watt, O.D. (2003) Ανάκτηση 5/10/11 από: <http://www.mdsupport.org/library/acuity.html>
- Visual acuity tests. (2012) Ανάκτηση 11/03/12 από: <http://www.lea-test.fi/en/vistests/instruct/info1.html>
- Vision Training- Τι είναι όραση. (2003) Ανάκτηση 23/12/11 από: [http://www.visiontraining.gr/ti\\_einai\\_orasi.htm](http://www.visiontraining.gr/ti_einai_orasi.htm)
- Webvision:The Organization of the Retina and Visual System. (2012) Ανάκτηση 11/03/12 από: <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/visual-acuity/#factor1>
- Factors affecting visual acuity. Ανάκτηση 08/02/12 από: [http://www.eso.sankaranethralaya.org/notespdf/visual\\_optics/visual\\_optics\\_i\\_4\\_b.pdf](http://www.eso.sankaranethralaya.org/notespdf/visual_optics/visual_optics_i_4_b.pdf)
- <http://www.yorku.ca/eye/va-test.htm>
- Kay pictures Ανάκτηση 8/02/12 από: [http://www.kaypictures.co.uk/more\\_aboutus.html](http://www.kaypictures.co.uk/more_aboutus.html)
- Οφθαλμολογικά χρονικά: Οπτική οξύτητα, είναι ακριβής ο τρόπος αξιολόγησής της στην κλινική πράξη; (2) 133-145 (2009) Ανάκτηση 6/5/11 από:[http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologika\\_xronika\\_visual\\_acuity\(09\).pdf](http://www.ivo.gr/files/items/3/329/ophthalmologika_xronika_visual_acuity(09).pdf)
- Ινστιτούτο οπτικής και όρασης : Διακριτική ικανότητα του οφθαλμού-Οπτική οξύτητα. (2007) Ανάκτηση 9/9/11 από:[http://www.ivo.gr/files/items/1/109/visual\\_resolution\(pres\).pdf](http://www.ivo.gr/files/items/1/109/visual_resolution(pres).pdf)
- Colenbrander, MD – San Francisco: The Historical Evolution of Visual Acuity Measurement August. (2001) Ανάκτηση 6/5/11 από: [http://www.ski.org/Colenbrander/Images/History\\_VA\\_Measurmnt.pdf](http://www.ski.org/Colenbrander/Images/History_VA_Measurmnt.pdf)

- Tr. Amer. Ophthal. Soc., Vol. LXX: John Green, the aos, and the reasonable notation of visual acuity measurements. (1972) Ανάκτηση 23/7/11 από: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1310457/pdf/taos000290335.pdf>
- International council of Ophthalmology: Visual acuity measurement standard. (1984) Ανάκτηση 23/7/11 από: <http://www.icoph.org/dynamic/attachments/resources/icovisualacuity1984.pdf>
- August Colenbrander, MD – San Francisco: Measuring vision and vision loss. (2001) Ανάκτηση 6/5/11 από: [http://www.ski.org/Colenbrander/Images/Measuring\\_Vis\\_Duane01.pdf](http://www.ski.org/Colenbrander/Images/Measuring_Vis_Duane01.pdf)
- Πανεπιστήμιο Κρήτης, Διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών οπτική και όραση. (2006) Ανάκτηση 6/5/11 από: [http://www.optics-vision.gr/files/items/2/28/giannakopoulou\\_trisevgeni\\_2006.pdf](http://www.optics-vision.gr/files/items/2/28/giannakopoulou_trisevgeni_2006.pdf)
- Δικτυακός τόπος οπτική και οπτομετρία: Πίνακες οπτικής οξύτητας για πανευρωπαϊκή χρήση. (2011) Ανάκτηση 26/7/11 από: <http://optics-optometry.blogspot.com/2011/03/blog-post.html>