



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ



Μεταπτυχιακή Εργασία:

**“ Αξιολόγηση ενός τροποποιημένου ETDRS πίνακα
με γράμματα που χρησιμοποιούνται σε όλα τα
Ευρωπαϊκά αλφάβητα ”**

Παρασκευή Τζατζάλα

Επιβλέπων: Δρ. Σωτήρης Πλαΐνης

Ακαδημαϊκό έτος 2005-2006



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΡΑΣΗ



Μεταπτυχιακή Εργασία:

“Αξιολόγηση ενός τροποποιημένου ETDRS πίνακα με γράμματα που χρησιμοποιούνται σε όλα τα Ευρωπαϊκά αλφάβητα”

Παρασκευή Τζατζάλα

Επιβλέπων: Δρ. Σωτήρης Πλαΐνης

Η παρούσα εργασία υπεβλήθη στις 2/10/2006 ως μέρος των υποχρεώσεων για την απονομή του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Οπτική και Όραση» και παρουσιάστηκε στην Τριμελή Επιτροπή αποτελούμενη από τους:

1. Δρ. Σωτήρη Πλαΐνη
2. Δρ. Χαρίλαο Γκίνη
3. Μιλτιάδη Τσιλιμπάρη, Επίκουρο Καθηγητή Οφθαλμολογίας

Ακαδημαϊκό έτος 2005-2006

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου...

Κατά την διάρκεια φοίτησής μου στο διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Οπτική και Όραση» του οποίου ήμουν υπότροφος και στα πλαίσια της εκπόνησης και παρουσίασης της μεταπτυχιακής μου εργασίας στο δ' εξάμηνο με τίτλο: «Αξιολόγηση ενός τροποποιημένου ETDRS πίνακα με γράμματα που χρησιμοποιούνται σε όλα τα Ευρωπαϊκά αλφάβητα», θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, αρχικά τον κ. Μιλτιάδη Τσιλιμπάρη, Επίκουρο Καθηγητή της Οφθαλμολογίας, το Δρ. Χαρίλαο Γκίνη αλλά κυρίως τον επιβλέποντα μου, **Δρ. Σωτήρη Πλαΐνη** για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάθεση μιας μεταπτυχιακής εργασίας με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα.

Θα ήθελα να επισημάνω ότι ήταν μια ξεχωριστή εμπειρία για μένα να συνεργαστώ με ένα τέτοιο άνθρωπο υπομονετικό, ακούραστο και πάντα δίπλα μου σε ότι τον χρειάστηκα. Επιπλέον η τελική μορφή της εργασίας μου οφείλεται στις δικές του υποδείξεις και διορθώσεις. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συμμετείχαν στην πραγματοποίηση των πειραμάτων.

Purpose: 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. The logMAR visual acuity charts, developed for use in the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), contain ten Sloan optotypes with nearly equivalent probability of correct identification and ultimate homogeneity per line (Ferris III et al., 1982, 1993). However, the set is composed of Roman letters, which are not used in Greek, Cyrillic and Central European alphabets. The main purpose of this study was to evaluate modified logMAR charts, which contain Sloan letters used in all European alphabets except of Armenian and Georgian.

Methods: In the modified logMAR/ETDRS chart, the Roman letters C, D, N, R, S, V and Z, were substituted with E, P, X, B, T, Y and A respectively. The legibility of the letters of the modified charts was evaluated by the following two experiments:

➤ Experiment #1

Visual acuity of 225 (450 eyes) English-speaking Greek secondary school children (age range 13 to 16) and 25 (50 eyes) students of University of Crete (age range 23-42) with normal vision was assessed using the standard and the modified ETDRS charts (chart 1 for RE and chart 2 for LE). The charts were installed in the standard light box at 4m distance. Visual acuity score was derived from the calculation of missed letters up to the last readable line. The charts were viewed in random order. Subjects were tested with the habitual spectacle correction.

➤ Experiment #2

Letter identification for a range of pre-determined logMAR sizes was measured at maximum letter contrast (90%). The letters were projected on a Sony GDM F-520 CRT monitor (background luminance of 100cd/m^2 , frame rate of 120 Hz) by means of a VSG2/5 stimulus generator card (CRS, UK) and a purposely-written-software. Data were obtained from the dominant eye of four subjects (age range: 25-36 yr) with normal vision and considerable experience in psychophysical experiments. The 18 Sloan letters (used in both ETDRS charts) were presented 20 times at seven logMAR sizes in random order, resulting to a total of 3380 presentations. The inter-stimulus interval was set to 4 sec. Threshold estimates for each letter were obtained from least-squares best fits of a Weibull function.

Results: The results from assessment of the VA of school children and students were following. For right eyes, the average and median logMAR visual acuity, measured with the modified chart was -0.01 (1.02 decimal acuity) and -0.06 respectively, while the average and median logMAR VA measured with the original ETDRS chart was 0.01 (0.98 decimal acuity) and -0.04, respectively. The mean difference in letter between the two charts was 1.1, corresponding to a difference of 0.022 in the logMAR scale. Following the same process for left eyes, the mean difference in letter between the two charts was 1.5, corresponding to a difference of 0.03 in the logMAR scale. This suggests that there less errors are made with the modified chart. Using Bland-Altman statistics (plot of the difference in VA between the two sets of charts against their mean value) we found that the 96.4% of the values for the RE and 95.2% for the LE lie between mean \pm 2s.d. (“limits of agreements”).

The mean normalized threshold ranged between -0.154 and 0.141 logMAR, while letter B (followed by S and K) showed the highest thresholds and letters A and P the lowest thresholds. This is in agreement with the results of the first experiment, in which optotypes C, S, D and B were more difficult to be identified compared to A, N, T and Z. Regarding the results from the uncrowded letters recognition, the psychometric functions were found to be shallowest in the case of letters with angular features in comparison with curved-feature letters which show steeper functions.

Conclusions: The overall pattern of results suggests that the evaluation of visual acuity does not differ between the modified and the original ETDRS charts. Moreover, a significant difference in recognition was found for the range of letter used. However, in total, the letters used for substituting the original characters were equally identifiable. It is concluded that the modified logMAR ETDRS chart forms an alternative way for assessing visual acuity, offering the advantage of containing letters recognizable by all European citizens.

Σκοπός: 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. Οι πρότυποι logMAR πίνακες της ETDRS, περιλαμβάνουν 10 γράμματα με σχεδόν ισοδύναμη πιθανότητα σωστής αναγνώρισης και ομοιογένεια ανά γραμμή (Ferris III et al., 1982, 1993). Ωστόσο, τα οπτότυπα αποτελούνται από Sloan γράμματα που δεν χρησιμοποιούνται στο Ελληνικό, στο Κυριλλικό και στο Κεντρικό Ευρωπαϊκό αλφάβητο. Κύριος σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η αξιολόγηση μιας ειδικά διαμορφωμένης ομάδας logMAR πινάκων, οι οποίοι περιέχουν Sloan γράμματα που χρησιμοποιούνται σε όλα τα Ευρωπαϊκά αλφάβητα, εκτός αυτό των Αρμενίων και των Γεωργιανών.

Μεθοδολογία: Στους ειδικά διαμορφωμένους logMAR/ETDRS πίνακες, τα Sloan γράμματα C, D, N, R, S, V και Z έχουν αντικατασταθεί με τα E, P, X, B, T, Y και A, αντίστοιχα. Η σύγκριση των τροποποιημένων με τους πρότυπους πίνακες πραγματοποιήθηκε μέσω των ακόλουθων δυο διαδικασιών:

Πείραμα A: Αξιολογήθηκε η οπτική οξύτητα 225 μαθητών (450 οφθαλμοί) σχολείων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας 13-16 ετών και 25 μαθητών (50 οφθαλμοί) του Πανεπιστημίου Κρήτης ηλικίας 23-42 ετών με φυσιολογική όραση, χρησιμοποιώντας τους πρότυπους και τους ειδικά διαμορφωμένους ETDRS πίνακες (πίνακας 1 για ΔΟ και πίνακας 2 για ΑΟ). Οι πίνακες είχαν τοποθετηθεί στο καθιερωμένο φωτεινό κουτί, σε απόσταση 4 μέτρων. Τα αποτελέσματα της οπτικής οξύτητας προήλθαν από τον υπολογισμό των γραμμάτων που χάθηκαν έως την τελευταία γραμμή που διαβάστηκε. Οι πίνακες εμφανίζονταν σε τυχαία σειρά και οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν με την συνήθη/καθημερινή τους διόρθωση.

Πείραμα B: Η αναγνωρισιμότητα των γραμμάτων για ένα προκαθορισμένο εύρος logMAR μεγεθών υπολογίστηκε στη μέγιστη φωτεινή αντίθεση του γράμματος (90%). Τα γράμματα προβάλλονταν σε μια οθόνη Sony GDM F-520 CRT (φωτισμός οθόνης 100cd/m², ρυθμός ανανέωσης πλαισίων 120Hz) με την βοήθεια μιας κάρτας δημιουργίας ερεθισμάτων VSG2/5 (CRS, UK) και κατάλληλου λογισμικού. Τα δεδομένα ελήφθησαν από τον κυρίαρχο οφθαλμό πέντε εξεταζόμενων ηλικίας 25-36 με φυσιολογική όραση και εμπειρία σε ψυχοφυσικά πειράματα. Τα 18 Sloan γράμματα παρουσιάζονταν 20 φορές σε κάθε ένα από τα 7 logMAR μεγέθη, που οδηγεί σε ένα σύνολο 3380 παρουσιάσεων. Ο χρόνος μεταξύ

της εισαγωγής της απάντησης του εξεταζόμενου στον υπολογιστή από τον εξεταστή και της δημιουργίας του επόμενου ερεθίσματος επιλέχθηκε να είναι 4 sec. Οι τιμές του κατωφλίου για κάθε γράμμα καθορίστηκαν από τη καλύτερη προσαρμογή της Weibull συνάρτησης.

Αποτελέσματα: Για τον δεξιό οφθαλμό, η μέση τιμή και η διάμεσος της οπτικής οξύτητας σε logMAR κλίμακα, μετρούμενη με τον τροποποιημένο πίνακα βρέθηκε να είναι -0.01 (1.02 decimal acuity) και -0.06 αντίστοιχα, ενώ μετρούμενη με τον πρότυπο πίνακα 0.01 (0.98 decimal acuity) και -0.04, αντίστοιχα. Η μέση διαφορά μεταξύ των τροποποιημένων και των πρότυπων πινάκων είναι 1.1 γράμμα, που αντιστοιχεί με διαφορά 0.022 σε logMAR κλίμακα. Για τον αριστερό οφθαλμό, η μέση διαφορά μεταξύ των πινάκων βρέθηκε να είναι 1.5 γράμμα (0.03 logMAR). Αυτό συνιστά, ότι λιγότερα λάθη έγιναν με τον ειδικά διαμορφωμένο πίνακα. Χρησιμοποιώντας την στατιστική ανάλυση Bland-Altman καταλήξαμε στο γεγονός ότι 96.4% των τιμών για το δεξιό οφθαλμό και το 95.2% για τον αριστερό βρίσκονται μεταξύ των ± 2 S.D ορίων εμπιστοσύνης. Η μέση κανονικοποιημένη τιμή κατωφλίου κυμάνθηκε από -0.154 έως 0.141 logMAR με τα γράμματα B, S και K να εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές κατωφλίου ενώ τα γράμματα A και P τις χαμηλότερες. Αυτό είναι σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα του πρώτου πειράματος, όπου τα οπτότυπα C, S, D και B ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν σε σχέση με τα A, N, T και Z. Όσον αφορά τα αποτελέσματα από την αναγνωρισιμότητα των γραμμμάτων, οι **ψυχοφυσικές συναρτήσεις** φάνηκαν να είναι πιο «ρηχές» στην περίπτωση των γραμμμάτων με γωνιακά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με αυτά που παρουσιάζουν καμπύλα και εμφανίζουν πιο απότομες καμπύλες.

Συμπεράσματα: Καταλήξαμε ότι η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας δεν διαφέρει μεταξύ του πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης και του πρότυπου ETDRS πίνακα. Επιπλέον, βρέθηκε μια σημαντική διαφορά στην αναγνώριση για το εύρος των γραμμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Ωστόσο, συνολικά, τα γράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στη θέση των πρότυπων χαρακτήρων, ήταν ισοδύναμα αναγνωρίσιμα. Συμπεραίνουμε, ότι οι ειδικά διαμορφωμένοι logMAR/ETDRS πίνακες που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης συνιστούν έναν εναλλακτικό τρόπο αξιολόγησης της οπτικής οξύτητας, προσφέροντας το πλεονέκτημα να περιέχουν γράμματα που αναγνωρίζονται από όλους τους Ευρωπαίους πολίτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ.....	9
1.1 Η αίσθηση της όρασης.....	11
1.2 Διακριτική ικανότητα.....	13
1.2.1 Οπτική οξύτητα.....	14
1.2.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας.....	14
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική οξύτητα	16
1.3.1 Διαθλαστικά Σφάλματα	16
1.3.2 Μέγεθος κόρης.....	17
1.3.3 Φωτισμός	18
1.3.4 Άλλοι παράγοντες	19
1.4 Εξέλιξη των πινάκων οπτικής οξύτητας.....	19
1.4.1 Πρώτες προσπάθειες ανάγνωσης πινάκων (έως το 1850)	20
1.4.2 Εποχή «Snellen»	22
1.4.3 Προσπάθειες Sloan	27
1.4.4 Προσπάθειες των Bailey & Lovie	28
1.4.5 Κατασκευή πινάκων με χρήση κλίμακας LogMAR.....	30
1.5 Σημερινοί τρόποι εξέτασης οπτικής οξύτητας - Είδη πινάκων	32
1.6 Μέτρηση οπτικής οξύτητας σε παιδιά	34
1.7 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας με οπτότυπα χαμηλής φωτεινής αντίθεσης (contrast).....	37
1.8 Ψυχοφυσικές Μέθοδοι	41
1.8.1 Εισαγωγή	41
1.8.2 Μέθοδοι καθορισμού της ουδούς (Threshold)	42
1.9 Σκοπός της μελέτης.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	46
2.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ 4 ΠΙΝΑΚΩΝ	46
2.1.1 Συμμετέχοντες	46
2.1.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων	46
2.1.3 Χαρακτηριστικά των οπτοτύπων και του πίνακα εξέτασης	48
2.1.4 Όργανα μέτρησης.....	50
2.2 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΔΥΣΚΟΛΙΑΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	52
2.2.1 Συμμετέχοντες	52
2.2.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
3.1 Αποτελέσματα αξιολόγησης οπτικής οξύτητας με χρήση των 4 πινάκων	56
3.1.1 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας πρώτης ομάδας.....	56
3.1.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας δεύτερης ομάδας	67
3.1.3 Συνολικά αποτελέσματα αξιολόγησης οπτικής οξύτητας.....	71
3.2 Χρήση υπολογιστικού προγράμματος για έλεγχο δυσκολίας αναγνωρισιμότητας των γραμμάτων	76
3.2.1 Κατώφλι ψυχομετρικής καμπύλης.....	77
3.2.2 Κλίση ψυχομετρικής καμπύλης.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
4.1. Εισαγωγή	90
4.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας με χρήση πινάκων	90
4.3 Έλεγχος δυσκολίας αναγνωρισιμότητας των γραμμάτων μέσω υπολογιστικού προγράμματος	92
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106

1.1 Η αίσθηση της όρασης

Το 85% των ερεθισμάτων από το περιβάλλον γίνονται αντιληπτά στον άνθρωπο μέσω της αίσθησης της όρασης. Οι λειτουργίες της όρασης διεκπεραιώνονται μέσω σειριακής και παράλληλης επεξεργασίας του οπτικού σήματος στην οπτική οδό, η οποία αποτελείται από εξειδικευμένους νευρώνες. Η όραση ανάλογα με την λειτουργικότητά της, μπορεί να διακριθεί στην κεντρική και στην περιφερική. Η κεντρική όραση είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας του κεντρικού βοθρίου της ωχράς κηλίδας (που αποτελεί το λεπτότερο σημείο του αμφιβληστροειδή (~150 μ m) και λόγω της υψηλής πυκνότητας των κωνίων εμφανίζει τη μέγιστη ευκρίνεια), ενώ η περιφερική όραση του υπόλοιπου του αμφιβληστροειδούς. Βέβαια, σημαντική συμμετοχή στον διαχωρισμό της όρασης σε κεντρική και περιφερική έχουν και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή και του οπτικού νεύρου καθώς και ο τρόπος διάταξής τους.

Κάθε γάγγλιο, διαβιβάζει τις πληροφορίες στον εγκέφαλο ως σειρές δυναμικών ενέργειας. Οι νευροάξονες των γαγγλιακών κυττάρων σχηματίζουν το οπτικό νεύρο, το οποίο προβάλλει σε τρεις υποφλοιικές περιοχές: το 90% των νευροαξόνων στον έξω γονατώδη πυρήνα (LGN), ενώ το 10% των νευροαξόνων στο άνω διδύμιο για τη διεκπεραίωση των οφθαλμικών κινήσεων, καθώς και στην προτετραδυμική περιοχή, σημαντική για την παραγωγή των αντανακλαστικών της κόρης του οφθαλμού. Τα περισσότερα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες με διαφορετικά φυσιολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά, τα κύτταρα τύπου M (από το λατινικό *magni*, δηλαδή μεγάλα) και τα τύπου P (από το λατινικό *parvi*, δηλαδή μικρά), ανάλογα με τις στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα στις οποίες καταλήγουν.

Τα κύτταρα M είναι λίγα σε αριθμό, βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή, έχουν μεγάλο υποδεκτικό πεδίο, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μειωμένη χωρική συχνότητα (οπτική οξύτητα). Αντίθετα, τα P κύτταρα που βρίσκονται κυρίως στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου, είναι περισσότερα αλλά μικρότερα σε μέγεθος και παρουσιάζουν μεγάλη χωρική συχνότητα. Τα χαρακτηριστικά των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή είναι παρόμοια με αυτά του έξω γονατώδη πυρήνα (LGN), επομένως φυσιολογικές και λειτουργικές τους ιδιότητες μελετούνται από κοινού.

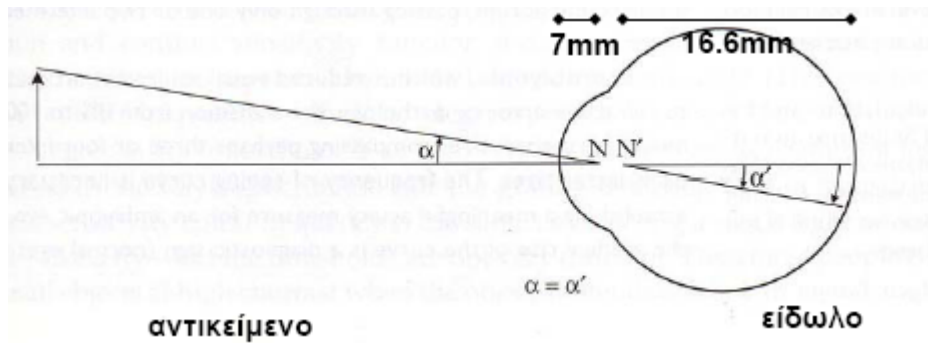
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Επιπλέον, το σύστημα των ραβδίων είναι συγκλίνον, δηλαδή πολλά ραβδία συνάπτονται με τον ίδιο διάμεσο νευρώνα, το δίπολο κύτταρο. Έτσι τα σήματα των ραβδίων αλληλοενισχύονται, δυναμώνοντας την προκαλούμενη από το φως απόκριση του κυττάρου. Λόγω όμως της σύγκλισης των ραβδίων, η οπτική τους οξύτητα (χωρική διακριτική ικανότητα) είναι σημαντικά μειωμένη. Στο κεντρικό βοθρίο δεν υπάρχει καθόλου σύγκλιση, δηλαδή ένα δίπολο (και γάγγλιο) δέχεται πληροφορίες από ένα μόνο κωνίο, εξασφαλίζοντας καλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα (μεγαλύτερη οπτική οξύτητα).

Η σπουδαιότητα της κεντρικής όρασης έγκειται στην ανομοιόμορφη κατανομή των φωτοϋποδοχέων* και έχει ως αποτέλεσμα ο κεντρικός αμφιβληστροειδής να είναι υπεύθυνος για την **αναγνώριση** των ερεθισμάτων ενώ ο περιφερικός για την αντίχνευση.

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 εν γένει κατάστασή του. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια για τη λειτουργία της ανθρώπινης όρασης κρίνεται η δημιουργία ενός ευκρινούς ειδώλου στον αμφιβληστροειδή. Η χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution) είναι η μικρότερη χωρική λεπτομέρεια (όπως ένα γράμμα), που μπορεί να ανιχνευθεί, να αναγνωριστεί ή να διακριθεί. Ο υπολογισμός της μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός σταθερού μεγέθους, της γωνίας όρασης. Η γωνία όρασης ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του αντικειμένου/ειδώλου και των κομβικών σημείων του φακού (σχήμα 1). Ωστόσο η διακριτική ικανότητα του συστήματος όρασης περιορίζεται από ανατομικούς και φυσιολογικούς παράγοντες όπως την πυκνότητα των φωτοϋποδοχέων στο κεντρικό βοθρίο (1°) του αμφιβληστροειδή, τα ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των γαγγλιακών κυττάρων της οπτικής οδού καθώς και τη νευρική επεξεργασία σε ανώτερα στάδια της οπτικής οδού. Ανάλογα, η ποιότητα της εικόνας στον αμφιβληστροειδή εξαρτάται από την πιθανή παρουσία διαθλαστικών σφαλμάτων, τη χρωματική εκτροπή, τις οφθαλμικές κινήσεις καθώς και την ακρίβεια της προσαρμοστικής ικανότητας του φακού.

* Τα ραβδία βρίσκονται κυρίως στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή όπου παρουσιάζουν μέγιστη πυκνότητα 20° από το κέντρο της ωχράς. Τα κωνία είναι κυρίως συγκεντρωμένα στο κεντρικό βοθρίο, όπου στερείται ραβδία.



Σχήμα 1: Η συσχέτιση της οπτικής γωνίας (α) με το πραγματικό μέγεθος του αντικειμένου (A) και του ειδώλου (A') δίνεται μέσω της σχέσης : $\tan \alpha = A$ (ή A') / απόσταση κομβικού σημείου από αντικείμενο (ή απόσταση κομβικού σημείου από είδωλο). Επομένως οπτική γωνία 1° αντιστοιχεί σε 0.290mm ($\sim 300\mu\text{m}$).

1.2 Διακριτική ικανότητα

Στην καθημερινή κλινική πράξη, η κεντρική όραση εκτιμάται με την λήψη της οπτικής οξύτητας, ενώ η περιφερική με τον έλεγχο των οπτικών πεδίων. Άλλα κύρια ποιοτικά στοιχεία της όρασης είναι η αντίληψη χρωμάτων, η προσαρμογή στο σκοτάδι και η ευαισθησία στη φωτεινή αντίθεση. Η τελειότητα της όρασης στον άνθρωπο (καθώς και σε ανώτερα θηλαστικά) ολοκληρώνεται με τη λειτουργία της διόφθαλμης (στερεοσκοπικής) όρασης.

Η 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. Για να επιτευχθεί αυτό, το οπτικό σύστημα του οφθαλμού πρέπει να προβάλλει μια εστιασμένη εικόνα στο 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.

1.2.1 Οπτική οξύτητα

Η αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας του συστήματος της όρασης πραγματοποιείται με μια σχετικά απλή μέθοδο, αυτή της οπτικής οξύτητας, που ορίζεται ως η ικανότητα να διαβάζουμε ένα πρότυπο σχέδιο εξέτασης σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Η τελευταία είναι ίσως το καθοριστικότερο στοιχείο της αίσθησης της οπτικής αντίληψης και αποτελεί μια πρότυπη μέτρηση της διακριτικής ικανότητας. Αποτελεί μια ποσοτική μέτρηση της δυνατότητας να διακρίνουμε μια εστιασμένη εικόνα σε μια καθορισμένη, πρότυπη θέση καθώς και την πιο ευρέως μέτρηση της λειτουργίας της όρασης που επιτελείται στις κλινικές.

Η χρήση της, στην καθημερινή κλινική πράξη, έγκειται στη διάγνωση του διαθλαστικού σφάλματος τόσο από οφθαλμιάτρους όσο και από οπτομέτρες καθώς και στη βασική έρευνα της παθο-φυσιολογίας του οφθαλμού και την καταγραφή της προόδου και της αποτελεσματικότητας διαφόρων θεραπευτικών μεθόδων. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη για τον καθορισμό κριτηρίων επιλογής για κάποια συγκεκριμένα επαγγέλματα όπως για παράδειγμα τους πιλότους, τους οδηγούς κ.ά.

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).

$$\text{Οπτική Οξύτητα} = \frac{\text{απόσταση εξέτασης}}{\text{απόσταση στην οποία το σύμβολο φαίνεται υπό γωνία 5arc min}}$$

1.2.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας

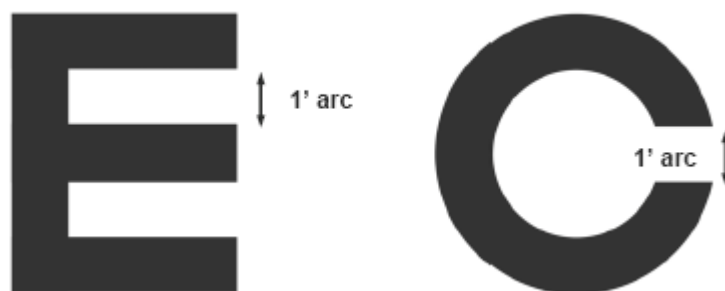
Η οπτική οξύτητα αξιολογείται στην κλινική πράξη με διάφορους τύπους οπτοτύπων που αποτελούνται από σειρές μαύρων συμβόλων, που μπορεί να είναι αριθμοί ή γράμματα σε λευκό υπόβαθρο (background), που βαθμιαία ελαττώνονται σε μέγεθος. Το μέγεθος των γραμμμάτων που χρησιμοποιούνται στους διάφορους πίνακες έχει επιλεγεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε στηρίζεται στο γεγονός ότι η διακριτική ικανότητα του οφθαλμού είναι περίπου 1 λεπτό της μοίρας (1arcmin). Κάθε γράμμα είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να περικλείεται συνήθως

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

σε ένα τετράγωνο του οποίου το μήκος της κάθε πλευράς είναι πενταπλάσιο του πάχους των σκελών που αποτελούν το γράμμα.

Η οπτική οξύτητα συνήθως υπολογίζεται σύμφωνα με το μέγεθος του χαρακτήρα που εμφανίζεται στον πίνακα ή από το μέγεθος άλλων συμβόλων όπως του Landolt C ή του Tumbling E. Σε κάποιες χώρες, η οξύτητα εκφράζεται σαν ένα κοινό κλάσμα και σε κάποιες άλλες σαν ένας δεκαδικός αριθμός. Χρησιμοποιώντας σαν μονάδα μέτρησης το foot, η οπτική οξύτητα εκφράζεται ως 20/20. Διαφορετικά, χρησιμοποιώντας το μέτρο, εκφράζεται ως 6/6. Στο δεκαδικό σύστημα, η οξύτητα καθορίζεται από την τιμή του μεγέθους του κενού (που μετριέται σε λεπτά της μοίρας) του μικρότερου Landolt C που μπορεί να αναγνωρισθεί. Ωστόσο, μια πολύ κοινή κλίμακα είναι και το LogMAR που εκφράζεται σαν το λογάριθμο της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας. Η LogMAR κλίμακα μετατρέπει μια γεωμετρική σειρά ενός κλασικού πίνακα σε μια γραμμική κλίμακα. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως σε στατιστικούς υπολογισμούς και σπάνια στην κλινική πράξη.

Για οπτική οξύτητα 10/10 (LogMAR1.0) οι λεπτομέρειες (πάχος γραμμών, διάκενα) των συμβόλων κάθε σειράς έχουν τέτοιο μέγεθος, ώστε από μια συγκεκριμένη απόσταση να φαίνονται υπό γωνία 1 λεπτού της μοίρας (1 arcmin), ολόκληρο δε το σύμβολο για να γίνει σαφώς αντιληπτό θα πρέπει να βρίσκεται σε τέτοια απόσταση, ώστε να φαίνεται υπό γωνία 5 arcmin (σχήμα 2).



Σχήμα 2: Το γράμμα των 10/10 έχει οπτική γωνία ίση με 5 λεπτά της μοίρας (arcmin) στην απόσταση εξέτασης, πράγμα που σημαίνει ότι το σκέλος του κάθε γράμματος φαίνεται υπό γωνία 1 λεπτού της μοίρας.

1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική οξύτητα

Για την ανίχνευση του πιο μικρού σημείου ή για την ανάλυση της πιο μικρής λεπτομέρειας απαιτείται ένα καλό οπτικό σύστημα. Τα αντικείμενα που παρατηρούμε θα απεικονιστούν πίσω από τον οφθαλμό. Εάν πάρουμε μια σημειακή πηγή, το είδωλο θα κατανεμηθεί στον αμφιβληστροειδή σαν μια συνάρτηση διασποράς σημείου (**Point Spread Function**)* που οφείλεται στις παραμορφώσεις που δημιουργούνται από τα οπτικά του οφθαλμού.

Εκτός από τον κύριο περιοριστικό παράγοντα που αποτελούν τα διαθλαστικά σφάλματα, η οπτική οξύτητα εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων που περιλαμβάνει: το μέγεθος της κόρης (λόγω περίθλασης), τις εκτροπές υψηλής τάξεως, το φωτισμό, το χρόνο έκθεσης του στόχου, την περιοχή του αμφιβληστροειδή που διεγείρεται καθώς και τις κινήσεις των οφθαλμών.

1.3.1 Διαθλαστικά Σφάλματα

Ο προσδιορισμός του διαθλαστικού σφάλματος πραγματοποιείται με χρήση σκιασκοπίου (retinoscope)** είτε με υποκειμενικές μεθόδους. Όταν ένα άτομο βλέπει θολά, αυτό είναι επειδή το είδωλο των αντικειμένων που παρατηρεί δεν είναι εστιασμένο στον αμφιβληστροειδή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαθλαστικών σφαλμάτων.

Μυωπία: Αποτελεί τη διαθλαστική ανωμαλία κατά την οποία ακτίνες φωτός, παράλληλες προς τον οπτικό άξονα του οφθαλμού, μετά τη διάθλασή τους εστιάζονται προ του αμφιβληστροειδούς, με αποτέλεσμα το είδωλο του αντικειμένου να μην απεικονίζεται ευκρινώς πάνω στον αμφιβληστροειδή. Η διόρθωση γίνεται με έναν αρνητικό φακό.

* Μια συνάρτηση PSF περιγράφει τη κατανομή του φωτός στον αμφιβληστροειδή μιας σημειακής πηγής. Ένα διάγραμμα/μοντέλο του δίσκου του Airy μπορεί να σχηματιστεί από μια σημειακή πηγή που οφείλεται στην περίθλαση του φωτός. Μια συνάρτηση διασποράς γραμμής (**Line Spread Function**) περιγράφει την κατανομή του φωτός από μια εκτεταμένη πηγή και συχνά χρησιμοποιείται για να απλουστεύσει τους υπολογισμούς.

** Η βασική αρχή της σκιασκοπίας είναι η αναζήτηση φακού, τέτοιας διοπτρικής ισχύος, ώστε όταν αυτός τοποθετηθεί μπροστά από τον οφθαλμό του εξεταζόμενου να εστιάσει τις εξερχόμενες ακτίνες στον αμφιβληστροειδή του εξεταστή, που βρίσκεται απέναντί του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

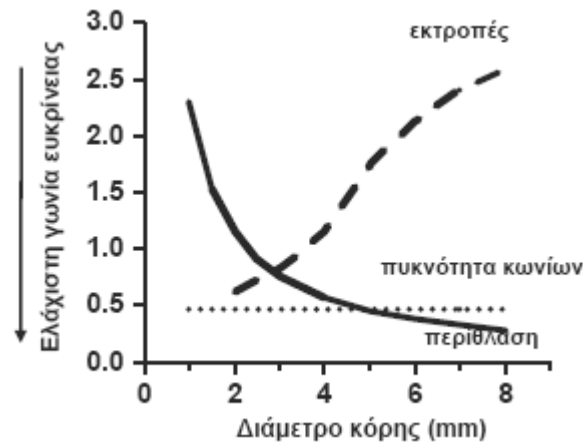
Υπερμετρωπία: Είναι η διαθλαστική εκείνη ανωμαλία κατά την οποία, όταν ο οφθαλμός βρίσκεται σε ηρεμία (χαλάρωση της προσαρμογής), δέσμη παράλληλων φωτεινών ακτίνων εστιάζουν πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Για να εστιαστούν οι ακτίνες πάνω στον αμφιβληστροειδή πρέπει να προσπέσουν στον οφθαλμό σαν συγκλίνουσες. Η διόρθωση που απαιτείται είναι θετικός φακός.

Αστιγματισμός: Είναι η διαθλαστική ανωμαλία του οφθαλμού κατά την οποία η διοπτρική ισχύς του διοπτρικού συστήματος αυτού δεν ίδια σε όλους τους μεσημβρινούς, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εστίαση όλων των ακτίνων σε ένα σημείο. Ο αστιγματισμός οφείλεται στην πλειοψηφία του στην ανώμαλη κατασκευή της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς. Επομένως, ένα μέρος του ειδώλου εστιάζεται μπροστά και ένα άλλο πίσω από τον αμφιβληστροειδή. Αυτό διορθώνεται με χρήση κυλινδρικών φακών.

Πρεσβυωπία: Είναι η βαθμιαία απώλεια προσαρμογής που επέρχεται φυσιολογικά με την ηλικία. Όλοι οι «φυσιολογικοί», (δηλαδή μη μυωπικοί) οφθαλμοί με την πάροδο του χρόνου χάνουν βαθμιαία τη δυνατότητα να εστιάζουν κοντινά αντικείμενα. Η «εμφάνιση» της πρεσβυωπίας παρατείνεται σε μυωπικούς οφθαλμούς. Το μυωπικό μάτι, όταν βρίσκεται σε χαλάρωση, στρέφεται σε ένα πιο κοντινό σημείο από το οπτικό άπειρο, όπου εστιάζονται οι φυσιολογικοί οφθαλμοί. Η πρεσβυωπία διορθώνεται με χρήση θετικού τύπου γυαλιών.

1.3.2 Μέγεθος κόρης

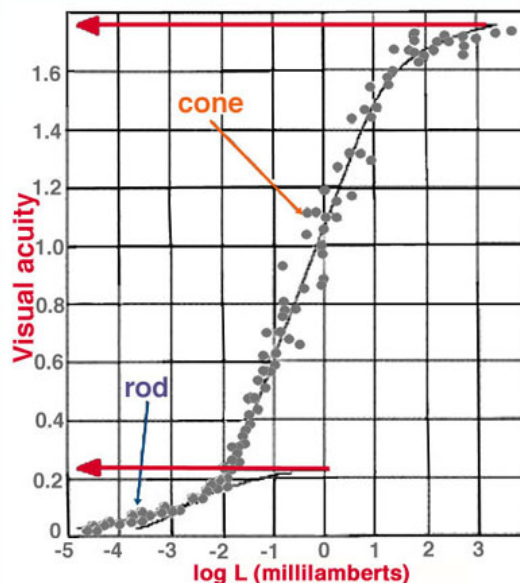
Το μέγεθος της κόρης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την διακριτική ικανότητα και επομένως την οπτική οξύτητα. Οι μεγάλες κόρες επιτρέπουν περισσότερο φως να διεγείρει τον αμφιβληστροειδή και μειώνουν την επίδραση της περίθλασης αλλά η διακριτική ικανότητα επηρεάζεται από τις εκτροπές του οφθαλμού. Από την άλλη, μια μικρή κόρη θα μειώσει τις οπτικές εκτροπές αλλά η διακριτική ικανότητα επηρεάζεται λόγω της περίθλασης. Επομένως, μια μέσου-μεγέθους κόρη περίπου 3-5mm αποτελεί έναν καλό συμβιβασμό μεταξύ της περίθλασης και των εκτροπών (Atchison et al,1979; Smith και Atchison, 1997)¹. Η κόρη επηρεάζει το μέγεθος της PSF και κατ' επέκταση και της διακριτικής ικανότητας.



Σχήμα 3: Μια μέσου-μεγέθους κόρη περίπου 3-5mm αποτελεί έναν καλό συμβιβασμό μεταξύ της περίθλασης και των εκτροπών (Atchison et al. 1979 ^[1]).

1.3.3 Φωτισμός

Για την αναγνώριση ενός στόχου, η οπτική οξύτητα επηρεάζεται αρκετά από το επίπεδο του φωτισμού του υποβάθρου (της οθόνης). Δυο κλάδοι εμφανίζονται, ο χαμηλότερος ανήκει στην συνάρτηση των ραβδίων (σκοτοπικές συνθήκες) και ο ανώτερος στη συνάρτηση των κωνίων (φωτοπικές συνθήκες). Η ασύμπτωτη και για τους δυο, υποδεικνύει την μέγιστη οπτική οξύτητα (βέλη)². Ο κλάδος των κωνίων έχει ένα εκτεταμένο «γραμμικό» φάσμα περίπου 3log μονάδων και γίνεται ασύμπτωτος σε φωτοπικό επίπεδο 300cd/m² (σχήμα 4).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Σχήμα 4: Σχέση μεταξύ οπτικής οξύτητας και φωτισμού. Το οριζόντιο βέλος δείχνει την μέγιστη ανάλυση των ραβδίων και των κωνίων.(Graham, C.H. (ed), Vision and Visual Perception.New York: John Wiley and Sons, Inc., 1965).

1.3.4 Άλλοι παράγοντες

Η οπτική οξύτητα μειώνεται απότομα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή (σε 5/10 στην 1^ο και σε 1/10 στις 20^ο). Αυτό οφείλεται στη μέγιστη πυκνότητα των κωνίων, υπεύθυνα για την όραση υψηλής ευκρίνειας, στο κεντρικό βοθρίο της ωχράς κηλίδας και στη μείωση της καθώς απομακρυνόμαστε από αυτό. Επιπλέον, το γεγονός ότι το οπτικό σύστημα του οφθαλμού παρουσιάζει αυξημένες εκτροπές στην περιφέρεια οδηγεί σε μείωση της οπτικής οξύτητας. Επομένως για να αναγνωριστούν αντικείμενα που βρίσκονται στην περιφέρεια του οπτικού μας πεδίου θα πρέπει να έχουν μεγαλύτερο μέγεθος ή υψηλότερη φωτεινή ευαισθησία. Σε απόσταση 5arcmin από το κέντρο της προσήλωσης, υπάρχει μια μετρήσιμη απώλεια της οπτικής οξύτητας. Στα 10arcmin (1/6 της μοίρας) από την προσήλωση, η οπτική οξύτητα μειώνεται κατά 25% (Green, 1970)³.

Επιπλέον, για την ανίχνευση ενός μικρού φωτεινού στόχου, η ανίχνευση εξαρτάται πάρα πολύ από την ποσότητα του φωτός παρά από τον χρόνο έκθεσης. Ωστόσο, η ανίχνευση μιας γραμμής, η οξύτητα, (αντίστροφη του πλάτους της γραμμής) είναι ανάλογη του χρόνου έκθεσης. Δεν υπάρχει απλή σχέση μεταξύ της οξύτητας και του χρόνου έκθεσης για την διακριτική ικανότητα του στόχου. Τέλος, 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 ένα εύρος 0.5 deg, μια απόσταση περίπου 3arcmin σε ένα δευτερόλεπτο.

1.4 Εξέλιξη των πινάκων οπτικής οξύτητας

Ποικίλες βασικές κατηγορίες της οπτικής οξύτητας, όπως η ανίχνευση, η ανάλυση, η υπέρ-οξύτητα έχουν μελετηθεί. Παρακάτω παρουσιάζεται η εξέλιξη της κλινικής εξέτασης της οπτικής οξύτητας που βασίζεται στην αναγνώριση του γράμματος. Η αναγνώριση του γράμματος είναι μια περισσότερο σύνθετη λειτουργία,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

απαιτεί όχι μόνο την ικανότητα της όρασης για την ανάλυση της εικόνας, αλλά επίσης και τη γνωστική λειτουργία για να το αναγνωρίσει.

1.4.1 Πρώτες προσπάθειες ανάγνωσης πινάκων (έως το 1850)

Η πρώτη ανάγνωση τεστ για την εξέταση της λειτουργικότητας των οφθαλμών πραγματοποιήθηκε πριν τον Μεσαίωνα. Στην αρχαιότητα υπήρχαν αναφορές ότι μετρούσαν την οξύτητα της όρασης από την ικανότητα να αναλύουν δυο διπλανά άστρα. Το 1623 ο Daca de Valdes περιέγραψε μια συχνά αναφερόμενη μέθοδο που βασίζεται στην ικανότητα να αναλύουμε σπόρους σιναπιού (είδος βοτάνου). Οι σημαντικότερες αλλαγές ξεκίνησαν να εμφανίζονται στα μέσα του 19^{ου} αιώνα.



Σχήμα 5: Από το “The Historical Evolution of Visual Acuity Measurement” του August Colenbrander

Ο **Kuechler (1843)**, ένας Γερμανός οφθαλμίατρος από το Darmstadt στη διατριβή του υποστήριζε την ανάγκη για τυποποιημένες εξετάσεις όρασης. Ανέπτυξε μια ομάδα από τρεις πίνακες έτσι ώστε να αποφύγει την απομνημόνευση. Η εργασία του σχεδόν ξεχάστηκε ολοκληρωτικά και λίγα χρόνια αργότερα, το 1850, ο Franciscus Cornelis Donders από την Ολλανδία, επισκέφτηκε τον William Bowman, ιστολόγο, σε ένα διεθνές συνέδριο στο Λονδίνο. Εκεί συνάντησε τον Albrecht von Graefe, πατέρα της Γερμανικής κλινικής οφθαλμολογίας. Με τον Bowman και τον Hermann von Helmholtz, που την ίδια χρονιά (1851) ανακάλυψε το οφθαλμοσκόπιο,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

εγκαινίασαν μια περίοδο που αργότερα ονομάστηκε η «χρυσή χρονιά της Οφθαλμολογίας».

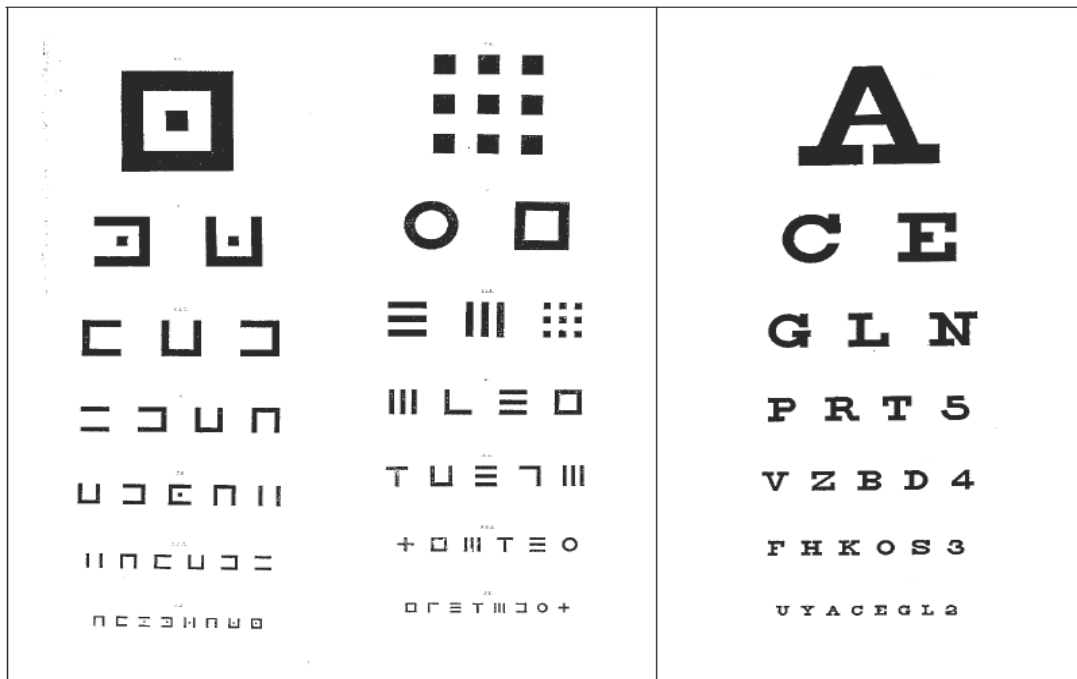
Το σκηνικό άλλαξε σημαντικά όταν, ο **Eduard von Jaeger (1854)**, δημοσίευσε μια ομάδα από δείγματα ανάγνωσης. Αυτά τα δείγματα ανάγνωσης δημοσιεύτηκαν σαν ένα παράρτημα στο βιβλίο του «Καταρράκτης και χειρουργική καταρράκτη» και αποτέλεσαν ένα μέσο για να τεκμηριώσουν τη λειτουργία της όρασης. Παρόλο που η Βιέννη ήταν ένα διεθνές κέντρο, δημοσίευσε τα δείγματά του στα Γερμανικά, στα Γαλλικά, στα Αγγλικά και σε μια ποικιλία από γλώσσες κεντρικής Ευρώπης. Χρησιμοποίησε σύμβολα που ήταν διαθέσιμα στο State Printing House στην Βιέννη και τα χαρακτήρισε με τους αριθμούς από αυτόν τον printing house κατάλογο.

Ωστόσο η χρήση των ήδη υπάρχουσών γραμματοσειρών είχαν και τα μειονεκτήματά τους. Αφού δεν υπήρχε ένα επουσιώδες (external) πρότυπο, οι μελλοντικές απομιμήσεις επίσης έπρεπε να στηρίζονται σε τοπικά διαθέσιμα γραμματοσειρές. Το αποτέλεσμα ήταν ότι ένα τυπωμένο μέγεθος που χαρακτηρίζεται ως #4 σε μια κάρτα μπορεί να είναι #7 σε μια άλλη, ενώ ένα άλλο τυπωμένο μέγεθος 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 **Donders (1861)**, καθηγητής φυσιολογίας, πριν αποφασίσει να εστιάσει την προσοχή του στην οφθαλμολογία, μελετούσε τη διάθλαση και την προσαρμογή. Κατόρθωσε να διευκρινίσει τη φύση της υπερμετροπίας ως ένα διαθλαστικό σφάλμα και όχι ως «ασθενωπία». Για αυτήν την εργασία του, που δημοσιεύτηκε στο Λονδίνο το 1864⁴, ο Donders δεν χρειάστηκε μόνο δείγματα για τους πρεσβύωπες αλλά και μακρινούς στόχους για να τους χρησιμοποιήσει στη διαδικασία διάθλασης για τους μύωπες και τους υπερμέτρωπες. Αρχικά είχε χρησιμοποιήσει κάποια από τα μεγαλύτερου τύπου δείγματα από τη δημοσίευση του Jaeger σαν μακρινό στόχο (από απόσταση). Ωστόσο, θέλοντας να δημιουργήσει μια πιο επιστημονική μέθοδο και μια μονάδα μέτρησης, έτσι ώστε να αξιολογεί τη λειτουργία της όρασης, δημιούργησε τον όρο «οπτική οξύτητα» για να περιγράψει την «οξύτητα της όρασης» και τον προσδιόρισε σαν το λόγο ανάμεσα στην απόδοση του εξεταζόμενου και του πρότυπου. Ο Snellen είναι αυτός που κατάφερε να σχεδιάσει ένα τυποποιημένο όργανο μέτρησης.

1.4.2 Εποχή «Snellen»

Ο Snellen⁵ είναι αυτός που κατάφερε να σχεδιάσει ένα τυποποιημένο όργανο μέτρησης. Το 1862, δημοσίευσε τον πίνακα γραμμάτων του. Η πιο σημαντική του απόφαση ήταν να μη χρησιμοποιήσει τις υπάρχουσες γραμματοσειρές, αλλά να σχεδιάσει ειδικούς στόχους τους οποίους ονόμασε *οπτότυπα*. Πειραματίστηκε με διάφορους στόχους σε ένα 5x5 πλέγμα (grid) (σχήμα 6) και τελικά διάλεξε γράμματα (σχήμα 7). Ο αρχικός πίνακας του Snellen αποτελείται από μια σειρά γραμμάτων ή γραμμών και αριθμών, με τα μεγαλύτερα στην κορυφή. Τελικά κατέληξε σε πίνακα μόνο με γράμματα όπου περιέχει έντεκα γραμμές, με την πρώτη να αποτελείται από ένα γράμμα (σχήμα 8). Οι επόμενες γραμμές περιέχουν αυξανόμενο αριθμό γραμμάτων που μειώνονται σε μέγεθος. Επιπλέον, το πάχος της γραμμής είναι ίσο με το πάχος των διαστημάτων μεταξύ των γραμμών και το πάχος του κενού στο γράμμα «C». Το ύψος και το πλάτος του οπτότυπου (γράμματος) είναι πενταπλάσιο του πάχους της γραμμής και τα γράμματα που χρησιμοποιούνται είναι τα C, D, E, F, L, O, P, T και Z. Κάποιοι άλλοι δημοσίευσαν πίνακες που βασίζονταν στη φόρμουλα του Donders τον ίδιο χρόνο, χρησιμοποιώντας υπάρχουσες γραμματοσειρές από ότι οπτότυπα. Ο πίνακας του Snellen υπερίσχυσε και επεκτάθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο.

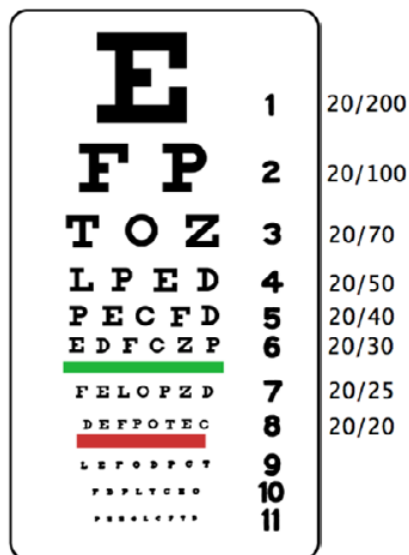


Σχήμα 6: Snellen –Experimental Charts -1861

Σχήμα 7: Snellen’s chart as published in 1862

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Ο Snellen, για να εφαρμόσει τη φόρμουλα του Donders, καθόρισε την «πρότυπη όραση» ως την ικανότητα να αναγνωρίζουμε ένα από τα οπτότυπα όταν αυτό φαίνεται από 5 λεπτά της μοίρας (arcmin), δηλαδή 1 arcmin το κάθε σκέλος. Αυτή την επιλογή του, την εμπνεύστηκε από την εργασία του Άγγλου αστρονόμου Robert Hooke, ο οποίος δυο αιώνες νωρίτερα, είχε βρει ότι ο ανθρώπινος οφθαλμός μπορεί να διαχωρίσει δυο διπλανά αστέρια όταν είναι 1arcmin χωριστά. 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 αναπαράγει, μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οποιοσδήποτε γραμματοσειρές που ήταν διαθέσιμες.



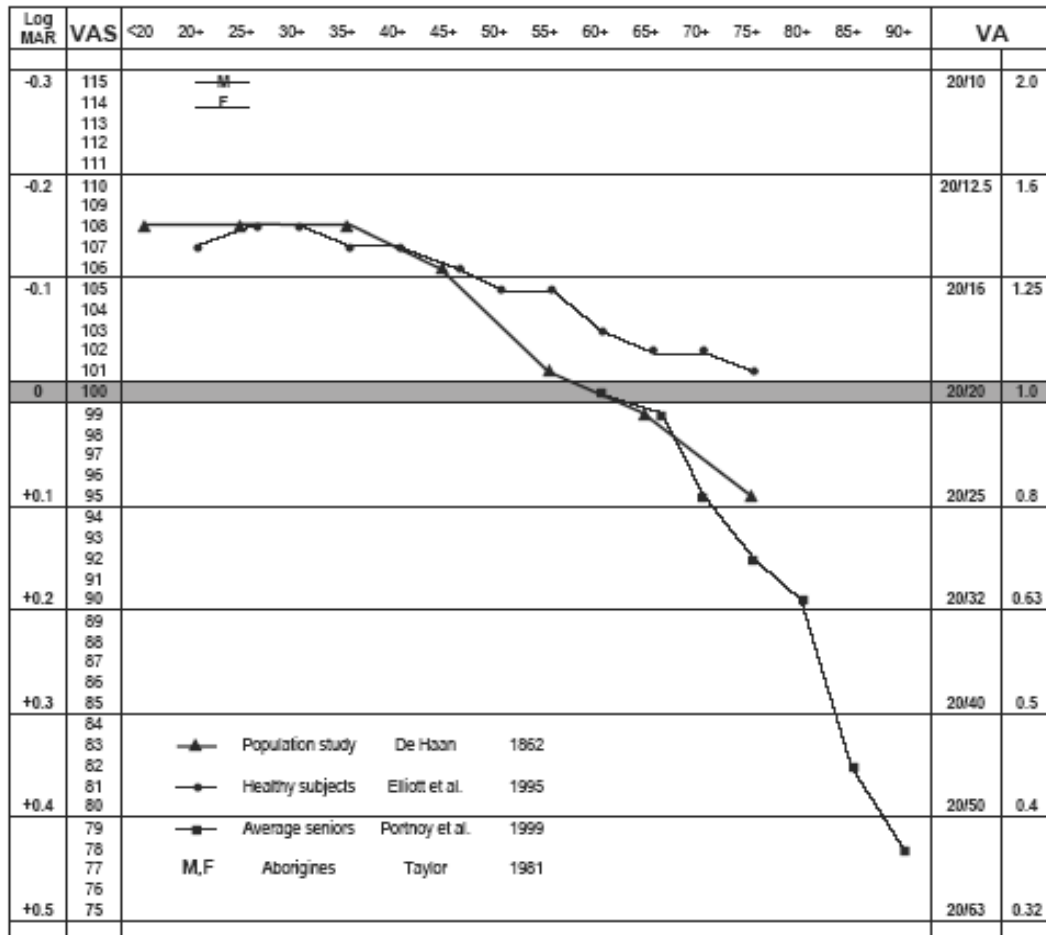
Σχήμα 8: Τελική μορφή του πίνακα Snellen

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» ή ως μια screening cut-off.

Καθώς ο Snellen προετοίμαζε τον πίνακα του, ο Donders ανέθεσε μια μελέτη σε ένα από τους PhD μαθητές του να τεκμηριώσει τις φυσιολογικές αλλαγές στην

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

οπτική οξύτητα με την ηλικία, χρησιμοποιώντας πρότυπα από τα σύμβολα του Snellen. Αυτή η μελέτη δημοσιεύτηκε το 1862⁴, την ίδια χρονιά που ο Snellen δημοσίευσε τον δικό του πίνακα. Η ομοιότητα με πιο πρόσφατα δεδομένα (σχήμα 9) είναι αξιοσημείωτη.



Σχήμα 9: Αλλαγές στην οπτική οξύτητα με την ηλικία. Η γκριζα ζώνη δείχνει πρότυπη όραση (20/20, 1.0). Η μέση οπτική οξύτητα ενηλίκων είναι σημαντικά καλύτερη και δεν πέφτει στο 20/20 μέχρι μετά τα 60 χρόνια..

Ο πίνακας αποδεικνύει ότι είναι λάθος να θεωρούμε το 20/20 σαν μια «μέση» ή «φυσιολογική» ή «τέλεια» όραση. Η γκριζα ζώνη δείχνει την πρότυπη όραση (20/20, 1.0). Η μέση οπτική οξύτητα ενηλίκων είναι σημαντικά καλύτερη και δεν πέφτει στο 20/20 μέχρι μετά τα 60 χρόνια.

- Το σύμβολο ‘▲’ αντιπροσωπεύει μια μελέτη του de Haan V. (1862)⁶ που χρησιμοποιεί πρωτότυπα γράμματα του Snellen.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

- Το σύμβολο ‘•’ αντιπροσωπεύει μια πρόσφατη μετα-ανάλυση υγιών οφθαλμών σε αρκετές διαφορετικές μελέτες⁷.
- Το σύμβολο ‘■’ αντιπροσωπεύει αποτελέσματα από έναν πληθυσμό ηλικιωμένων⁸. Τα σύμβολα «F» και «M» αντιπροσωπεύουν δεδομένα αντρών και γυναικών από Αβοριγίνες Αυστραλιανούς⁹.

Οι βελτιώσεις στις μετρήσεις οπτικής οξύτητας που ακολούθησαν δεν ήταν και τόσο αξιόλογες. Πολλοί προσπάθησαν να επινοήσουν καλύτερα οπτότυπα, αλλά όπως επισήμανε και ο A.G.Bennet σε μια διεξοδική ανασκόπηση από ιστορικά αναπτύγματα¹⁰ ενώ τα προετοίμαζε για τα Βρετανικά πρότυπα¹¹, «ο δρόμος για τη μέτρηση της οπτικής οξύτητας ρυπαίνεται από θνησιγενείς χάρτες».

Ο **John Green (1866)** έγραψε μια μικρή διατριβή που αφορούσε την μέτρηση του αστιγματισμού. Ανέπτυξε το δικό του πίνακα (σχήμα 10), το οποίο παρουσίασε στον Αμερικανικό Οφθαλμολογικό Σύλλογο το 1868¹², διαμορφώνοντας μια προηγούμενη πρόταση από το 1867.



Σχήμα 10: Μέρος από το χάρτη του Green που προτάθηκε το 1868

Ο Green αναπαράστησε γράμματα χωρίς πατούρα (διακοσμητική γραμμή γραμμάτων) κάτι που δεν έκανε ο Snellen, το διάστημα της γραμμής και του γράμματος δεν ήταν σταθερό αλλά ανάλογο του μεγέθους του γράμματος και γεωμετρική πρόοδο στο μέγεθος γραμμάτων (10 βήματα=10x), τρία χαρακτηριστικά τα οποία αποτελούν σήμερα μέρος του πρότυπου σχεδίου του πίνακα γραμμάτων. Ο Green χρησιμοποίησε περισσότερα από 11 γράμματα ανά γραμμή. Οι προτάσεις του Green κέρδισαν μικρή αποδοχή και ο ίδιος επέστρεψε σε γράμματα με πατούρες, αφού τα γράμματα χωρίς πατούρες υποστήριξε ότι «έμοιαζαν μη ολοκληρωμένα».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

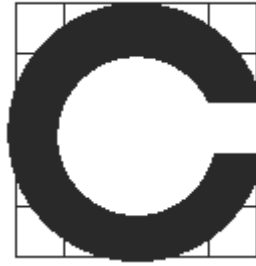
Έναν αιώνα αργότερα, το Βρετανικό πρότυπο διάλεξε χωρίς πατούρα γράμματα, επειδή τα γράμματα με πατούρα εμφάνιζαν μεγαλύτερη δυσκολία.

Μια δεκαετία αργότερα, το **1875**, είκοσι διαφορετικά συστήματα μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη. Ο Snellen άλλαξε από τα 20 Parisian feet σε 6 μέτρα ή για το δεκαδικό σύστημα στα 5 μέτρα. Σήμερα τα 20ft απόσταση επικρατούν στην Αμερική, τα 6 μέτρα κυριαρχούν στην Αγγλία και τα 5 ή 6 μέτρα στην Ευρώπη. Η μετατροπή όμως μεταξύ των διαφορετικών μετρήσεων υπήρξε δύσχρηστη. Ο **Felix Monoyer (1875)** από τη Γαλλία, πρότεινε να αντικαταστήσουν την κλασματική σημειογραφία του Snellen με το δεκαδικό του ισοδύναμο (παράδειγμα: $20/40=0.5$, $6/12=0.5$). Η δεκαδική σημειογραφία έκανε πιο εύκολη τη σύγκριση των τιμών οπτικής οξύτητας, ανεξάρτητα από την πρωταρχική μέτρηση απόστασης και χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλα μέρη της Ευρώπης (πίνακας 1).

Parts of Europe	Britain	U.S.A	Decimal
5/5	6/6	20/20	1.0
5/10	6/12	20/40	0.5
5/25	6/30	20/100	0.2
5/50	6/60	20/200	0.1

Πίνακας 1: Ισοδύναμη σημειογραφία

Το **1874** ο **Snellen** και ο **Edmund Landolt** συνεργάστηκαν και δημοσίευσαν ένα σημαντικό κεφάλαιο στην «Οπτομετρία», η «επιστήμη να μετράς την όραση». Αναγνώρισαν ότι δεν ήταν όλα τα οπτότυπα του Snellen ισοδύναμα αναγνωρίσιμα. Αυτό οδήγησε τον Landolt να προτείνει το σύμβολο του «σπασμένου δακτυλιδιού» (1888), ένα σύμβολο που είχε μόνο ένα στοιχείο από λεπτομέρεια και μπορεί να ποικίλει μόνο ως προς τον προσανατολισμό⁵. Το Landolt C έγινε το σύμβολο που προτιμήθηκε για τις μετρήσεις οπτικής οξύτητας στα πειράματα των εργαστηρίων, αλλά κέρδισε μόνο μικρή αποδοχή από τη χρήση του στην κλινική (σχήμα 11).

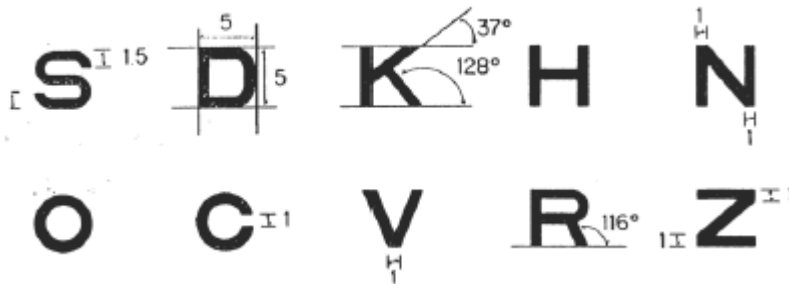


Σχήμα 11: Το Landolt C σύμβολο ή αλλιώς «σπασμένο δακτυλίδι». Μπορεί να ποικίλει μόνο ως προς τον προσανατολισμό.

Στην περίοδο που ακολούθησε, σχετικά λίγα πράγματα συνέβησαν. Έγιναν προσπάθειες για πρωτοτυποποίηση, όπως ένα πρότυπο που δημοσιεύτηκε από το Διεθνές Συνέδριο Οφθαλμολογίας το 1909. Αυτά τα έγγραφα κατατέθηκαν αλλά δεν κέρδισαν μια ευρεία παρακολούθηση.

1.4.3 Προσπάθειες Sloan

Η **Louise Sloan**¹³ (1959), η θεμελιωτής του οργανισμού Χαμηλής Όρασης στο Wilmer Ινστιτούτου Όρασης του πανεπιστημίου του John Hopkins, σχεδίασε ένα νέο οπτότυπο μιας ομάδας 10 γραμμάτων (σχήμα 12). Διάλεξε χωρίς πατούρα γράμματα, ενώ διατήρησε το 5x5 πλέγμα του Snellen. Αυτό ήταν σε αντίθεση με το πρότυπο της Αγγλίας, που διάλεξε ένα 4x5 πλέγμα για τα χωρίς πατούρα γράμματα. Εκτίμησε ότι δεν ήταν όλα τα γράμματα ισοδύναμα αναγνωρίσιμα και για να αποφύγει αυτό το πρόβλημα πρότεινε να χρησιμοποιήσουν και τα δέκα γράμματα σε κάθε σειρά. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος γράμματα χρειάζονταν περισσότερες από μια φυσικές γραμμές.



Σχήμα 12: Sloan γράμματα (Sloan LL: New test chart for the measurement of visual acuity at far and near distance. Am.J.Ophthalmol 48: 807-813, 1959).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Η Louise Sloan επίσης πρότεινε και μια σημειογραφία¹⁴ ενός νέου μεγέθους γράμματος. Για να εφαρμόσει τον ορισμό του Donders για την οπτική οξύτητα ως το λόγο μεταξύ της απόδοσης του εξεταζόμενου και του προτύπου, η Snellen χρησιμοποίησε την ακόλουθη φόρμουλα:

$$V = \frac{d}{D} = \frac{\text{απόσταση στην οποία ο εξεταζόμενος αναγνωρίζει το οπτότυπο}}{\text{απόσταση στην οποία ο πρότυπος οφθαλμός αναγνωρίζει το οπτότυπο}}$$

Η Sloan απλούστευσε αυτόν τον «περιττό» ορισμό και έκανε χρήση του μετρικού συστήματος εισάγοντας τον όρο «Μ-μονάδα» για την «απόσταση σε μέτρα στην οποία ένας πρότυπος οφθαλμός αναγνωρίζει το οπτότυπο» (π.χ. στην οποία το οπτότυπο φαίνεται από 5arcmin). Και η φόρμουλα κατόπιν έγινε:

$$V = \frac{m}{M} = \frac{\text{απόσταση εξέτασης (σε μέτρα)}}{\text{μέγεθος γράμματος (σε Μ-μονάδες)}}$$

Σε γραμμή με άλλους ορισμούς μέτρησης μονάδων στο SI σύστημα, αυτή η ορολογία μας επιτρέπει να καθορίσουμε τη μονάδα μέτρησης για την οπτική οξύτητα πιο εύκολα διατυπώνοντας ότι:

Πρότυπη οξύτητα (1.0, 20/20) αντιπροσωπεύει την ικανότητα να αναγνωρίσουμε ένα **πρότυπο μέγεθος γράμματος** (1Μ-μονάδα) σε μια **πρότυπη απόσταση** (1 μέτρο).

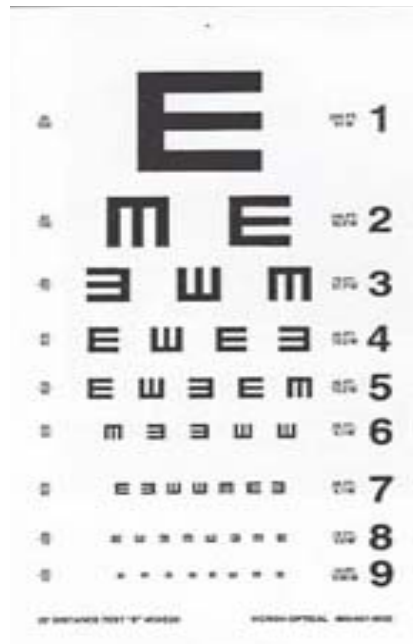
1.4.4 Προσπάθειες των Bailey & Lovie

Οι **Ian Bailey & Jan Lovie (1976)**¹⁵ δημοσίευσαν ένα καινούργιο πίνακα, αναπαριστώντας ένα πρότυπο σχεδιάγραμμα με πέντε γράμματα σε κάθε σειρά και διάστημα μεταξύ των γραμμάτων και των σειρών ίσο με το μέγεθος του γράμματος. Αυτό το σχεδιάγραμμα σταθεροποίησε το crowding φαινόμενο, δηλαδή αναγνώριση ενός γράμματος όταν αυτό περιβάλλεται από άλλα γράμματα, καθώς και τον αριθμό των λαθών που μπορούν να γίνουν σε κάθε γραμμή. Επομένως, το μέγεθος του γράμματος καθίσταται η μόνη μεταβλητή μεταξύ των επιπέδων οξύτητας. Οι πίνακες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

τους είχαν το σχήμα ενός ανεστραμμένου τριγώνου και ήταν πολύ πιο πλατιοί στη κορυφή από τους παραδοσιακούς χάρτες. Όπως και η Sloan ακολούθησαν μια γεωμετρική πρόοδο των μεγεθών του γράμματος.

Την ίδια αυτή χρονιά, ο **Hugh Taylor**¹⁶ στη Μελβούρνη, χρησιμοποίησε αυτές τις αρχές σχεδίασης για ένα Tumbling «αναλφάβητο» E χάρτη (σχήμα 13), τον οποίο χρησιμοποίησε για να μελετήσει την οπτική οξύτητα σε Αυστραλιανούς Αβοριγίνες (ιθαγενείς) καθώς και σε αναλφάβητους ανθρώπους. Βρήκε ότι, σαν ομάδα, οι Αυστραλιανοί Αβοριγίνες 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 (σχήμα 9).



Σχήμα 13: Tumbling E πίνακας

1.4.5 Κατασκευή πινάκων με χρήση κλίμακας LogMAR

Ο πίνακας του Snellen, παρόλο που αποτελεί το πιο κοινό εργαλείο μέτρησης της οπτικής οξύτητας, παρουσιάζει ατέλειες που αντισταθμίζουν τη χρησιμότητα του. Οι ανεπάρκειες των μέχρι τότε πινάκων έκριναν απαραίτητη την ανάγκη δημιουργίας ενός νέου οπτοτύπου. Στον πίνακα Snellen, η μικρότερη γραμμή στον πίνακα που μπορεί να διαβαστεί, χρησιμοποιείται για να μετρήσει ποσοτικά την οπτική οξύτητα και 1 ή 2 λάθη ανά γραμμή συχνά επιτρέπονται. Πολλοί ευρέως χρησιμοποιούμενοι πίνακες οπτικής οξύτητας είχαν διαφορετικό αριθμό γραμμάτων σε κάθε σειρά. Επιτρέποντας ένα λάθος ανά γραμμή, έχει διαφορετική σημασία στα διαφορετικά επίπεδα της οπτικής οξύτητας. Η οπτική οξύτητα της γραμμής 20/100 απαιτεί την σωστή αναγνώριση μόνο του ενός από τα δυο γράμματα (50%). Η γραμμή με οπτική οξύτητα 20/200 αποτελείται από ένα μόνο γράμμα. Επομένως, όταν κάποιος διαβάζει προοδευτικά μικρότερης οπτικής οξύτητας γραμμές, η εξέταση γίνεται πιο δύσκολη όχι μόνο γιατί μικραίνουν τα γράμματα αλλά επίσης επειδή περισσότερα γράμματα πρέπει να αναγνωριστούν σωστά. *Χρησιμοποιώντας τον ίδιο αριθμό γραμμάτων σε κάθε γραμμή θα μπορούσε να εξαλειφθεί αυτή η δυσκολία.*

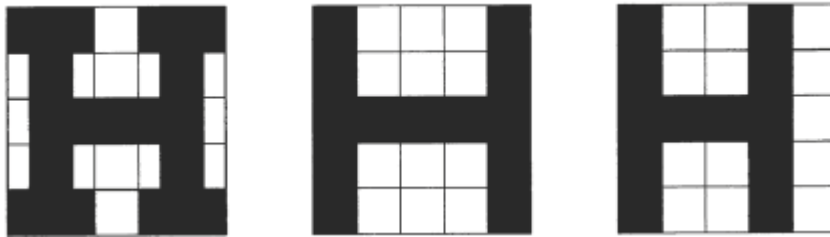
Οι περισσότεροι πίνακες δεν είχαν μια κανονική πρόοδο στο μέγεθος του γράμματος από τις πιο εύκολες στις πιο δύσκολες γραμμές. Επομένως, μια 2-γραμμών απώλεια από την 20/20 έως 20/200 είναι ένας τριπλασιασμός της γωνίας όρασης ενώ μια 2-γραμμών απώλεια από την 20/20 έως 20/30 είναι λιγότερη από τον διπλασιασμό της γωνίας όρασης. Αυτή η μη-κανονική πρόοδος έκανε δύσκολη την ερμηνεία μιας αλλαγής στην αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας που μετρείται σε «αριθμός γραμμών που κερδίζονται ή χάνονται». *Χρησιμοποιώντας έτσι μια κανονική πρόοδο του μεγέθους του γράμματος θα μπορούσε να εξαλειφθεί και αυτό το πρόβλημα.*

Τα γράμματα του Snellen ποικίλλουν ευρέως σε δυσκολία. Τα γράμματα A, L για παράδειγμα είναι σχετικά εύκολα, ενώ το E είναι σχετικά δύσκολο. Γι' αυτό, η καταγραφόμενη οπτική οξύτητα εξαρτάται από τη δυσκολία των γραμμάτων. *Διαλέγοντας γράμματα σχεδόν ίδιας δυσκολίας και διαβεβαιώνοντας ότι κάθε γραμμή έχει περίπου την ίδια δυσκολία μπόρεσαν να λύσουν αυτό το πρόβλημα.*

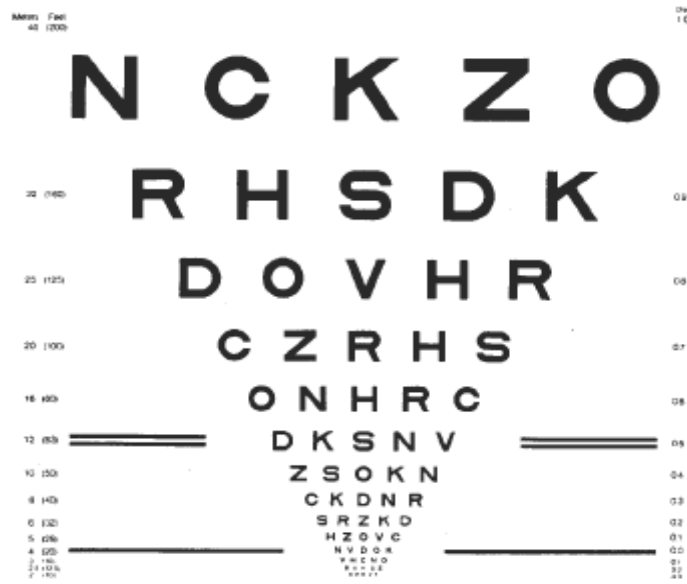
Έτσι, το 1982 οι **Rick Ferris et al.**¹⁷ από το Εθνικό Ινστιτούτο Οφθαλμού των ΗΠΑ, βασιζόμενοι στις προηγούμενες μελέτες, επέλεξαν το σχεδιάγραμμα των Bailey-Lovie, εφαρμόζοντας τα γράμματα της Sloan, για να εδραιώσουν μια πρότυπη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

μέθοδο μέτρησης της οπτικής οξύτητας για την πρόωρη θεραπεία της μελέτης διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study). Τα δεδομένα από την ETDRS χρησιμοποιήθηκαν για να επιλεγθούν συνδυασμοί γραμμάτων που έδιναν σε κάθε γραμμή την ίδια μέσο όρο δυσκολία, χωρίς να χρησιμοποιούν όλα τα γράμματα σε κάθε σειρά. Αφού τα Sloan γράμματα (που σχεδιάστηκαν σε ένα πλέγμα 5x5 όπως του Snellen) είναι πλατύτερα από τα Βρετανικά γράμματα (που σχεδιάστηκαν σε ένα πλέγμα 4x5) χρησιμοποιήθηκαν από τους Bailey και Lovie (σχήμα 14), ο ETDRS πίνακας σχεδιάστηκε για 4m απόσταση και όχι τα 6m που χρησιμοποίησαν οι Bailey και Lovie.



Σχήμα 14: Απεικόνιση μιας επιλογής από κοινώς χρησιμοποιούμενα οπτότυπα. Παρουσιάζονται με σειρά τα Snellen H (με πατούρα, 5x5), Sloan H (χωρίς πατούρα, 5x5), British H (χωρίς πατούρα, 4x5).



Σχήμα 15: Ένας από τους ETDRS πίνακες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

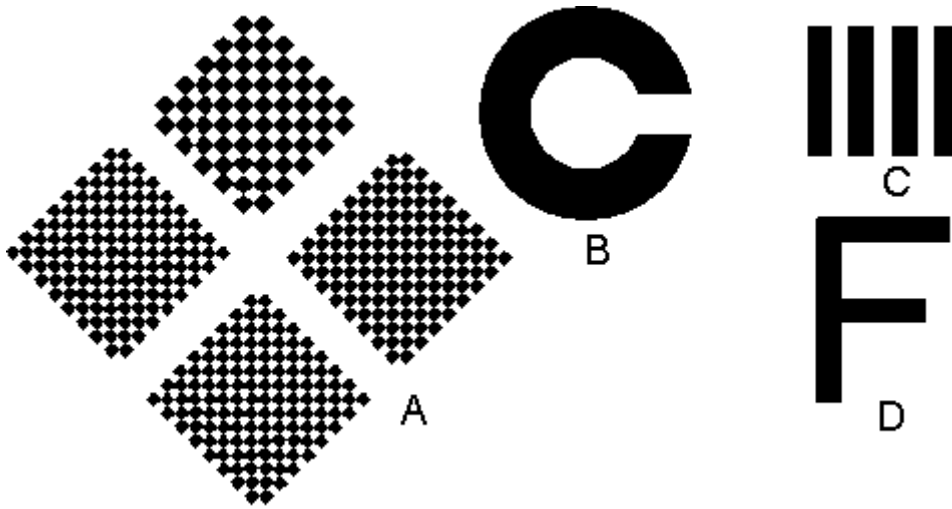
Επομένως οι ETDRS πίνακες κατασκευάστηκαν με γνώμονα τα τρία χαρακτηριστικά: πρώτον, κάθε γραμμή έχει πέντε γράμματα, οπότε υπάρχει ίση ευκαιρία να κάνεις λάθος σε κάθε γραμμή. Δεύτερον, τα γράμματα έχουν επιλεγθεί έτσι ώστε να υπάρχει μια ίση πιθανότητα στο λάθος από την ανάγνωσή τους. Π.χ. το «I» δεν εμφανίζεται γιατί σπάνια παρερμηνεύεται. Τρίτον, το μέγεθος των γραμμάτων αλλάζει από γραμμή σε γραμμή με μια σταθερή γεωμετρική πρόοδο.

ETDRS	SNELLEN
Απόσταση εξέταση 4 μέτρα	Απόσταση εξέτασης 6 μέτρα
Σταθερός αριθμός γραμμάτων (5) ανά γραμμή	Μη σταθερός αριθμός γραμμάτων ανά γραμμή. Π.χ. 1 γράμμα στην 1 ^η γραμμή, 2 γράμματα στην 2 ^η κ.ο.κ.
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
Οι χάρτες εκθέτονται στο πρότυπο Lighthouse φωτεινό κουτί	Οι χάρτες εκθέτονται στο πρότυπο Clement Clark φωτεινό κουτί

Πίνακας 2: Διαφορές ETDRS και SNELEEN πινάκων.

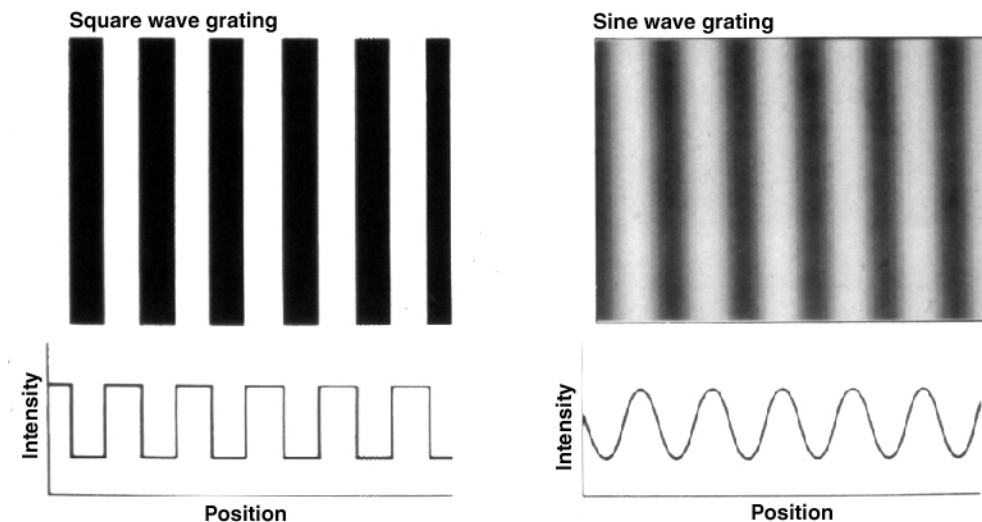
1.5 Σημερινοί τρόποι εξέτασης οπτικής οξύτητας - Είδη πινάκων

Για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιούνται σήμερα διάφοροι τρόποι εξέτασης όπως τα γράμματα του Snellen, η σκακίερα (checkerboard), το Landolt C και τα gratings (σχήμα 16).



Σχήμα 16: A checkerboard- ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει ποιο checkerboard είναι διαφορετικό, B Landolt C - ο εξεταζόμενος καλείται να αναγνωρίσει τη θέση του κενού π.χ. πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά, C Grating- ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει την κατεύθυνση του grating π.χ. οριζόντιο ή κατακόρυφο, D Snellen letters – ο εξεταζόμενος πρέπει να αναγνωρίσει το γράμμα. Αυτό αποτελεί την πιο γνωστή εξέταση. Για παράδειγμα, με το γράμμα που παρουσιάζεται, εάν ένα άτομο δεν μπορεί να διακρίνει το κενό στο γράμμα, μπορεί εύκολα να μπερδευτεί με το γράμμα P.

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) (σχήμα 17).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Σχήμα 17: Στην αριστερή εικόνα παρουσιάζεται ένα grating με τετραγωνική χωρική διαμόρφωση (square-wave gratings) και στην δεξιά παρουσιάζεται ένα grating με ημιτονοειδή χωρική διαμόρφωση (sine-wave gratings).

Ο πιο γνωστός τρόπος εξέτασης είναι η χρήση πινάκων με σύμβολα (γράμματα ή αριθμοί). Μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται τρία είδη διαφορετικών πινάκων για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας: οι πίνακες για μακρινή όραση, οι πίνακες για κοντινή και η pinhole όραση.

1.6 Μέτρηση οπτικής οξύτητας σε παιδιά

Η οπτική οξύτητα στα παιδιά ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία. Στην ηλικία του ενός έτους η οπτική οξύτητα είναι περίπου 5/10 για να φτάσει τα 10/10 στην ηλικία των 5-6 ετών.

Για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας στα παιδιά χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι, που βασίζονται και αυτές στην ίδια αρχή με αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω. Στο νεογέννητο μπορεί να υπολογιστεί αδρά η λειτουργική ικανότητα του οφθαλμού με την εξέταση του αντανakλαστικού της κόρης και την ικανότητα παρακολούθησης ενός φωτεινού αντικειμένου. Μέχρι την ηλικία του ενός έτους, επειδή το ενδιαφέρον του παιδιού για σχηματικές παραστάσεις είναι μηδαμινό, η οπτική οξύτητα προσδιορίζεται με διάφορες άλλες μεθόδους. Μετά την ηλικία του ενός έτους και κατά την διάρκεια της προσχολικής ηλικίας χρησιμοποιούνται πίνακες με σχήματα γνωστών αντικειμένων ή συμβόλων, όπου ζητείται από τον εξεταζόμενο να προσδιορίσει το όνομα είτε να αναζητήσει το όμοιο αντικείμενο ή σύμβολο από τον πίνακα που κρατά μπροστά του (μέθοδος Sheridan-Gardiner). Ο προσδιορισμός της οπτικής οξύτητας και στην περίπτωση αυτή γίνεται ξεχωριστά για κάθε οφθαλμό τόσο για μακριά όσο και για κοντά. Κατά τη σχολική ηλικία συνήθως χρησιμοποιούνται οι πίνακες των ενηλίκων.

Η εισαγωγή των καρτών οξύτητας από το **Glasgow**, του **McGraw et al.**¹⁸ (1993) αντιπροσώπευσαν μια προσπάθεια να εφαρμόσουν τις αρχές του ETDRS σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Ωστόσο, πολλές από τις αρχές του ETDRS ενσωματώθηκαν στο σχέδιο των καρτών οξύτητας από το Glasgow, όπως το διάστημα των γραμμμάτων στις κάρτες του Glasgow (Glasgow: 0.5 γράμμα διάμετρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

διαστήματος μεταξύ των γραμμάτων, ETDRS: 1 γράμμα διάμετρο διαστήματος μεταξύ των γραμμάτων), η χρήση 6 γραμμάτων στις κάρτες οξύτητας του Glasgow από ότι των 10 γραμμάτων που χρησιμοποιούνται στον ETDRS, η χρήση μιας crowding μπάρας που πλαισιώνει τη γραμμή των τεσσάρων γραμμάτων στις Glasgow κάρτες (από ότι 5 γράμματα ανά γραμμή χωρίς μια crowding μπάρα στο ETDRS) και η παρουσίαση μιας μόνο γραμμής στις κάρτες του Glasgow από ότι ολόκληρου του ETDRS πίνακα.

	GLASGOW	ETDRS
Διάστημα γραμμάτων	0.5 γράμμα διάμετρο	1 γράμμα διάμετρο
Αριθμός γραμμάτων	6	10
Χρήση Crowding μπάρας	Ναι	Όχι
Τρόπος παρουσίασης	Μια γραμμή κάθε φορά	Ολόκληρος χάρτης

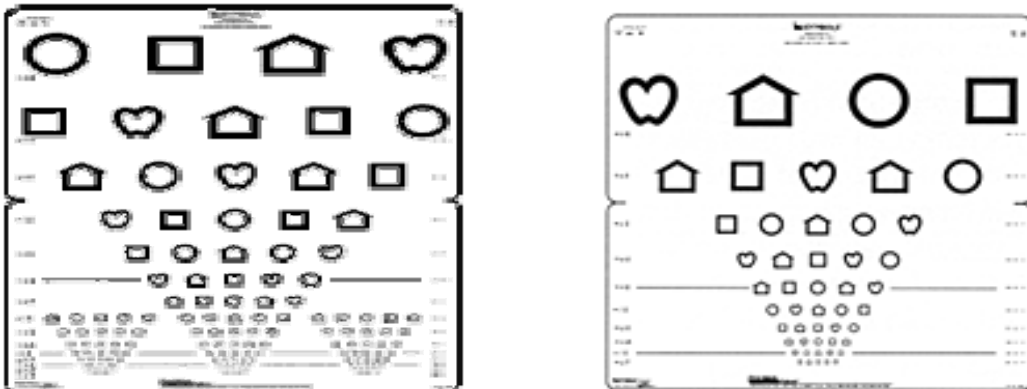
Πίνακας 3: Διαφορές Glasgow και ETDRS πίνακα

Κατόπιν, σχεδιάστηκαν τα LEA οπτότυπα, τα οποία ονομάστηκαν LH οπτότυπα από τα αρχικά του **Lea Hyvarinen**¹⁹, 1976. Δημιούργησε έναν πίνακα που χρησιμοποιούσε περιγράμματα από σχήματα, για να μετρήσει την οπτική οξύτητα παιδιών προσχολικής ηλικίας. Τα τέσσερα οπτότυπα που σχεδίασε ήταν: το μήλο, το τετράγωνο, το σπίτι και η μπάλα. Το μέγεθος των 1.0 (20/20, 6/6) συμβόλων βρέθηκε να είναι 7.5 arcmin. Η σχεδίαση αυτών των τεσσάρων οπτοτύπων απαίτησε πολύ περισσότερη δουλειά από ότι μπορούσε να φανταστεί. Λίγα χρόνια αργότερα, το 1988, το Landolt C έγινε το οπτότυπο αναφοράς και τα σύμβολα εξετάστηκαν ως προς αυτό. Έτσι, κρίθηκε απαραίτητη μια μείωση του μεγέθους των συμβόλων των οπτοτύπων. Αυτές οι ομάδες των οπτοτύπων αποτέλεσαν την Lighthouse Low Vision LH Symbol Test. Το μέγεθος του 1.0 (20/20, 6/6) συμβόλων ήταν 6.84arc.

Η βασική εξέταση της οπτικής οξύτητας είναι η εξέταση γραμμής όπου η απόσταση μεταξύ των συμβόλων, των οπτοτύπων, είναι ίση με το πλάτος των συμβόλων. Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικοί τρόποι εξέτασης της όρασης : από απόσταση και από κοντά.

Εξετάσεις μακρινής όρασης για παιδιά

Η οπτική οξύτητα για όραση από απόσταση 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 δίοφθαλμων 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 (σχήμα 18).



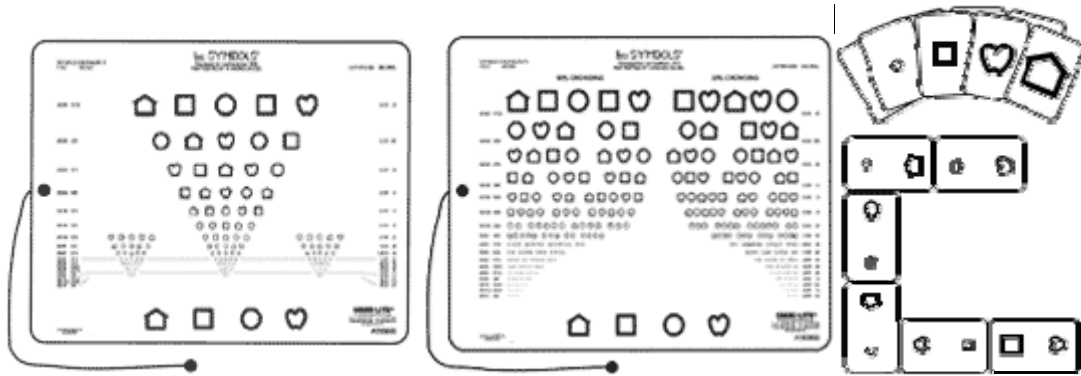
Σχήμα 18: Τρόποι εξέτασης μακρινής όρασης για παιδιά

Εξετάσεις κοντινής όρασης για παιδιά

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

(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),(σχήμα 19).



Σχήμα 19: Τρόποι εξέτασης κοντινής όρασης με εξέταση γραμμής, crowded σύμβολα και LEA κάρτες με μονά σύμβολα, αντίστοιχα.

1.7 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας με οπτότυπα χαμηλής φωτεινής αντίθεσης (contrast)

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 σε συνθήκες λειτουργικής όρασης (π.χ. στην οδήγηση). 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. 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 τότε έχουν αναπτυχθεί πολλοί πίνακες για αυτού του είδους την εξέταση και οι πιο γνωστοί παρατίθενται παρακάτω:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Bailey-Lovie (1976): Ο συγκεκριμένος πίνακας στηρίζεται στην κλίμακα του λογάριθμου της ελάχιστης γωνίας ευκρίνειας (*logMAR*). Παρουσιάζει σταθερό αριθμό γραμμάτων ανά σειρά (5) και ο λόγος μεταξύ των σειρών είναι σταθερός και ίσος με 0.1 log μονάδες. Με τον πίνακα Bailey-Lovie καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας για δυο διαφορετικές αντιθέσεις φωτεινότητας (contrast) των γραμμάτων (σχήμα 20α 90% contrast και σχήμα 20β 10% contrast).



Σχήμα 20: Bailey-Lovie πίνακες με α) 90% contrast γραμμάτων και β) 10% contrast γραμμάτων

Pelli-Robson (1988): Πρόκειται για έναν πίνακα που αποτελείται από σύμβολα ίδιου μεγέθους που ελαττώνονται σταδιακά σε φωτεινή αντίθεση (σχήμα 21).

Η εξέταση με **Pelli-Robson** μετράει την ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο μεγέθους (6/18) οπτότυπο, με τη φωτεινή αντίθεση να διαφέρει σε κάθε ομάδα γραμμάτων. Συγκεκριμένα ο πίνακας χρησιμοποιεί 6 γράμματα ανά γραμμή που διατάσσονται σε ομάδες των οποίων η φωτεινή αντίθεση μειώνεται σταδιακά. Οι εξεταζόμενοι διαβάζουν τα γράμματα, ξεκινώντας από το υψηλότερο contrast, έως ότου δεν μπορούσαν να διαβάσουν 2 ή 3 γράμματα σε κάθε ομάδα. Κάθε ομάδα έχει 3 γράμματα του ίδιου επιπέδου contrast, επομένως υπάρχουν τρεις προσπάθειες ανά επίπεδο contrast. Έτσι αξιολογείται η ευαισθησία της φωτεινής αντίθεσης (contrast sensitivity) και όχι η διακριτική ικανότητα του οφθαλμού.



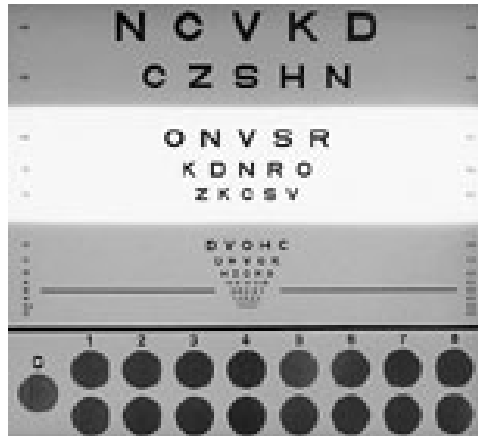
Σχήμα 21: Πίνακας Pelli-Robson

Vistech Vision Contrast Test System (VCTS): Η VCTS παρουσιάζει μια σειρά από ημιτονοειδή gratings σε διαφορετικά επίπεδα φωτεινής αντίθεσης. Κάθε σειρά ελέγχει μια συγκεκριμένη χωρική συχνότητα (σε κύκλους ανά μοίρα). Η αντίθεση των gratings μειώνεται σταδιακά από 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 γκρίζες 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.

Vector Vision CSV-1000 RS: Η CSV-1000RS εξέταση χρησιμοποιείται ευρέως για εξέταση ασθενών με διαθλαστική χειρουργική. Η εξέταση παρουσιάζει 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ



Σχήμα 22: Πίνακας CSV-1000 RS για εξέταση ασθενών με διαθλαστική χειρουργική

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα προγράμματα, που εκτελούνται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και προβάλλονται σε οθόνη, έτσι ώστε να υλοποιήσουν τις δοκιμασίες οπτικής οξύτητας και της ευαισθησίας αντιθέσεων. Η ευαισθησία (sensitivity) και ο βαθμός αρτιότητας (specificity) αυτών των δοκιμασιών εξαρτάται τόσο από την ικανότητα του λογισμικού (π.χ. μέθοδος αναζήτησης ουδούς) να προσδιορίσει με ακρίβεια τις αντίστοιχες ουδούς για κάθε ερέθισμα, όσο και από την ανάλυση και τη χρωματική πιστότητα της οθόνης (χρήση κάρτας γραφικών υψηλής τεχνολογίας και οθόνη υψηλής ανάλυσης). 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 (σχήμα 23).



Σχήμα 23: Το Landolt-C σε 4 διαφορετικά contrast

1.8 Ψυχοφυσικές μεθόδους

1.8.1 Εισαγωγή

Η αίσθηση της όρασης αποτελεί ένα αμάλγαμα διαφορετικών ικανοτήτων, που λειτουργούν αυτόνομα και ενσωματώνονται σε μια ενοποιημένη αντίληψη του χώρου και των αντικειμένων. Επομένως, η συνολική μας αντίληψη διαμορφώνεται μέσω επεξεργασίας του οπτικού σήματος σε διάφορα στάδια της οπτικής οδού, γεγονός που καθιστά δύσκολη την άμεση αξιολόγηση της. Η αξιολόγηση της οπτικής συμπεριφοράς επιτυγχάνεται μέσω τριών κλασσικών προσεγγίσεων, που αφορούν πειράματα στον τομέα της ανατομίας, της νευροφυσιολογίας και της ψυχοφυσικής της όρασης.

Για την κατανόηση της ροής των οπτικών «πληροφοριών» είναι απαραίτητη η μελέτη των ανατομικών χαρακτηριστικών των νευρώνων και των διαφόρων δομών του οπτικού συστήματος. Ο τομέας της νευροφυσιολογίας μελετά την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών σε διάφορα νευρωνικά στάδια της οπτικής οδού ενώ ο τομέας της ψυχοφυσικής ασχολείται με τη διερεύνηση λειτουργικών χαρακτηριστικών του οπτικού συστήματος. Αυτό πραγματοποιείται με σύγκριση των φυσικών παραμέτρων του ερεθίσματος (π.χ. χρώμα, φωτεινότητα) με την αντιλαμβανόμενη απόκριση. Συνυπολογίζοντας όλα τα παραπάνω καθίσταται δυνατός ο συσχετισμός της δραστηριότητας και της αποκρίσεως των νευρώνων με την οπτική μας αντίληψη.

Η ψυχοφυσική είναι μια θετική επιστήμη που σχεδιάστηκε για να καθορίσει τη σχέση μεταξύ ενός φυσικού ερεθίσματος και μιας αντιλαμβανόμενης απόκρισης που πραγματοποιείται προφορικά ή μέσω αποκρίσεων*. Οι περισσότερες ψυχοφυσικές μελέτες έχουν σχεδιαστεί για να καθορίσουν το κατώφλι (**threshold**) ή **ουδό**. Λέγοντας ουδό ή κατώφλι (threshold) εννοούμε τη μικρότερη τιμή ενός ερεθίσματος που απαιτείται για να αποσπάσουμε μια αντιλαμβανόμενη απόκριση ή μια εναλλακτική αντιλαμβανόμενη απόκριση.

Η ψυχοφυσική αποτελεί τρόπο για να μετρήσουμε τις εσωτερικές αισθήσεις και τις αντιλαμβανόμενες αποκρίσεις σε εξωτερικά ερεθίσματα. Για να μελετήσουμε

* Το ερέθισμα είναι πάντα μια φυσική οντότητα/entity που μπορεί να μετρηθεί άμεσα μέσω των οργάνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

επιστημονικά αυτήν τη σχέση, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα ερέθισμα με καλά καθορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά και να μετρήσουμε μια καλά καθορισμένη απόκριση του εξεταζόμενου. Για παράδειγμα, εάν ένας εξεταστής ανάψει ένα φως, ο εξεταζόμενος θα πρέπει να δηλώσει ότι «βλέπει το φως». Ο εξεταστής μετά πρέπει να καθορίσει πόση ένταση του φωτός χρειάζεται για να αποσπάσει την απόκριση. Η απόκριση πραγματοποιείται προφορικά από τον εξεταζόμενο, ή όπως γίνεται σε πειράματα με ζώα, μπορεί να είναι μια ιδιαίτερη συμπεριφορά.

Οποιαδήποτε εξέταση του οφθαλμού αποτελείται από μια σειρά από ψυχοφυσικά τεστ. Ο ασθενείς υποδεικνύει (προφορικά ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο) εναλλαγές στις αντιλαμβανόμενες αποκρίσεις όταν κάποια κατεύθυνση του φυσικού ερεθίσματος αλλάζει. Μια από τις ψυχοφυσικές αυτές εξετάσεις αποτελεί και η εξέταση της οπτικής οξύτητας. Ο εξεταζόμενος κάθεται σε μια συγκεκριμένη απόσταση από τα γράμματα με μεταβλητό μέγεθος (φυσικό ερέθισμα) και αναγνωρίζει προφορικά τα γράμματα (αντιλαμβανόμενη απόκριση). Ο κλινικός καταγράφει τις αποκρίσεις του εξεταζόμενου για να καθορίσει το μικρότερο μέγεθος γράμματος που μπορεί να αναγνωρίσει.

1.8.2 Μέθοδοι καθορισμού της ουδούς (Threshold)

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ψυχοφυσικών μεθόδων έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να καταλήγουν στην καταγραφή του κατωφλίου ή της ουδούς. Γνωρίζοντας το κατώφλι μπορούμε να υπολογίσουμε την ευαισθησία μας για το συγκεκριμένο ερέθισμα, αφού η ουδός ισούται με το αντίστροφο της ευαισθησίας. Ο όρος **απόλυτη ουδό** (absolute threshold) καθορίζεται ως η μικρότερη ποσότητα (π.χ. μικρότερο μέγεθος) του ερεθίσματος που απαιτείται για να ανιχνεύσουμε την παρουσία αυτού του ερεθίσματος κάτω από ιδανικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας σε φωτοπικές συνθήκες φωτισμού. Σημαντικό ρόλο στην καταγραφή της ουδός έχει το είδος της εξέτασης και η μεθοδολογία που ακολουθείται. Η εξέταση μπορεί να περιλαμβάνει την ανίχνευση ενός ερεθίσματος (*detection task*), την αναγνώρισή του (*recognition task*) ή τη διάκρισή του από κάποιο άλλο (*discrimination task*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

Για την εύρεση της ουδούς χρησιμοποιούμε μια σειρά από μεθόδους όπως τη μέθοδο της ρύθμισης, των ορίων, της υποχρεωτικής επιλογής, της προσαρμογής και των προκαθορισμένων τιμών.

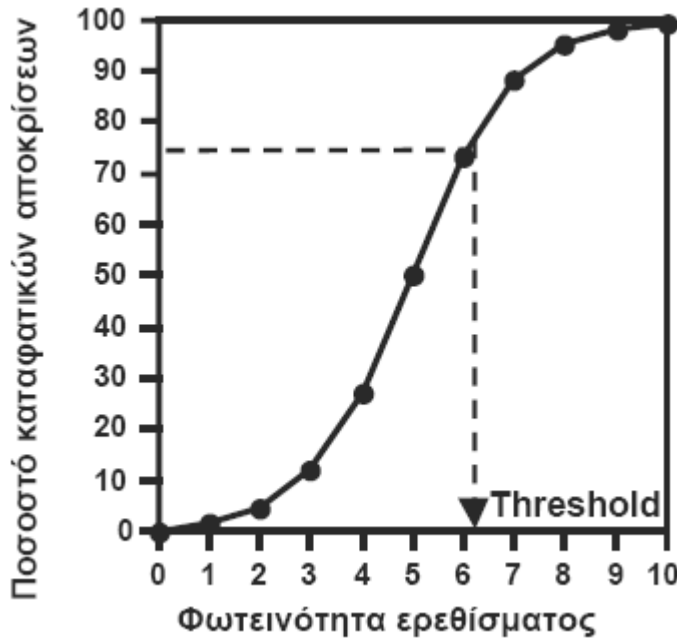
Σύμφωνα με τη μέθοδο της ρύθμισης (*method of adjustment*) ο εξεταζόμενος είναι ελεύθερος να ρυθμίσει μια μεταβλητή του ερεθίσματος, αυξομειώνοντας τη μέχρι να καταλήξει σε μια απόκριση. Στη μέθοδο των ορίων (*method of limits*) οι μεταβλητές των ερεθισμάτων παρουσιάζονται σε μια αυξανόμενη (*ascending/non-seeing to seeing*) ή ελαττωμένη (*descending/seeing to non-seeing*) ακολουθία. Η μέθοδος της υποχρεωτικής επιλογής (*forced-choice procedure*) περιλαμβάνει την παρουσίαση δύο ή τριών μεταβλητών στην οποία ο εξεταζόμενος **πρέπει** να διαλέξει μια από αυτές. Η παρουσίαση των μεταβλητών μπορεί να είναι είτε ταυτόχρονη (*spatial forced-choice*) είτε διαδοχική (*temporal forced-choice*). Η μέθοδος της προσαρμογής (*adaptive methods*)* αποτελεί εξέλιξη της μεθόδου των ορίων και για την εύρεση της ουδός χρησιμοποιούνται υπολογιστικοί αλγόριθμοι.

Τέλος, στην μέθοδο των προ-καθορισμένων τιμών (*method of constant stimuli*) ο εξεταστής επιλέγει έναν αριθμό από τιμές ερεθισμάτων (συνήθως πέντε ως εννιά) όπου βασιζόμενος σε προηγούμενες έρευνες (π.χ. χρησιμοποιώντας την μέθοδο της «ρύθμισης»), περιλαμβάνεται η τιμή του κατωφλίου. Αυτή η ομάδα των ερεθισμάτων παρουσιάζονται πολλαπλές φορές σε μια εν μέρει τυχαία σειρά που διαβιβαιώνει αυτό που συμβαίνει ισοδύναμα συχνά. Μετά από κάθε παρουσίαση του ερεθίσματος, ο παρατηρητής αναφέρει το κατά πόσο ή όχι το ερέθισμα ανιχνεύθηκε (από το απόλυτο κατώφλι) ή κατά πόσο η έντασή του ήταν ισχυρότερη ή ασθενέστερη από αυτή του πρότυπου (για υπολογισμό μιας διαφοράς κατωφλίου). Κάθε φορά που η ένταση του ερεθίσματος παρουσιάζεται πολλαπλές φορές (συνήθως όχι λιγότερες από 20), η αναλογία των «ανιχνεύθηκε» ή «δεν ανιχνεύθηκε» αποκρίσεων (ή «ισχυρότερο» ή «ασθενέστερο») υπολογίζονται για κάθε επίπεδο του ερεθίσματος. Τα δεδομένα κατόπιν παριστάνονται γραφικά με την ένταση του ερεθίσματος κατά μήκος του x άξονα και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων κατά μήκος του y άξονα. Το αποτέλεσμα είναι μια γραφική παράσταση που παριστάνει

* Για παράδειγμα στη «σκάλα αναζήτησης» (*staircase method*) η ένταση του ερεθίσματος μειώνεται όταν αυτό είναι αντιληπτό ενώ αυξάνεται όταν δεν είναι αντιληπτό, μέχρι τον καθορισμό της ουδούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΟΡΑΣΗΣ

αυτό που ονομάζεται **psychometric function** ή **frequency-of-seeing** καμπύλη (σχήμα 24).



Σχήμα 24: Η οδός της μεταβλητής (στην παραπάνω περίπτωση η φωτεινότητα) είναι αυτή που αντιστοιχεί σε 75% καταφατικές αποκρίσεις. Η οδός μπορεί να αντιστοιχεί στο 50% σε άλλες δοκιμασίες.

Εάν υπήρχε ένα σταθερό κατώφλι για αναγνώριση, η PF θα έδειχνε μια απότομη μετατόπιση από το «μη αντιλαμβανόμενο» έως το «αντιλαμβανόμενο». Ωστόσο μια PF σπάνια συμφωνεί με αυτούς τους κανόνες. Αυτό που συνήθως παίρνουμε είναι μια καμπύλη σχήματος S όπου απεικονίζει ότι οι χαμηλότερες εντάσεις του ερεθίσματος ανιχνεύονται περιστασιακά και οι υψηλότερες τιμές πιο συχνά. Οι εντάσεις στις ενδιάμεσες περιοχές ανιχνεύονται σε κάποιες προσπάθειες και σε κάποιες άλλες όχι. Υπάρχουν ποικίλοι λόγοι γιατί οι ψυχοφυσικές συναρτήσεις «υπακούουν» στο σχήμα S από ότι σε μια πιο απότομη καμπύλη. Η πιο σημαντική πηγή της μεταβλητότητας είναι οι συνεχείς διακυμάνσεις στην ευαισθησία (θόρυβος) που εμφανίζεται σε κάθε βιολογικό αισθητήριο σύστημα (που οφείλεται στην αυθόρμητη δραστηριότητα ή σε εσωτερικό θόρυβο).

1.9 Σκοπός της μελέτης

Η μέχρι τώρα αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας πραγματοποιείται με πίνακες οι οποίοι διαφέρουν από χώρα σε χώρα της Ευρώπης. Η ανυπαρξία προτυποποίησης όσον αφορά την επιλογή γραμμάτων, γραμματοσειράς, φωτεινότητας καθώς και η αδυναμία συμμετοχής των ελληνικών κέντρων σε διεθνείς πολυκεντρικές μελέτες (λόγω της αναγκαιότητας «αγγλομαθών» εξεταζόμενων) είναι εμφανείς. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογηθεί μια ομάδα από τρεις ειδικά διαμορφωμένους LogMAR πίνακες (Chart1: για μέτρηση του δεξιού οφθαλμού, Chart2: για μέτρηση του αριστερού οφθαλμού και Chart3: για μέτρηση της διάθλασης), οι οποίοι περιέχουν λατινικούς χαρακτήρες που είναι κοινοί σε όλα τα Ευρωπαϊκά αλφάβητα. Η οπτική οξύτητα αξιολογήθηκε με χρήση και των δυο ζευγών πινάκων (πρότυπους ETDRS και ειδικά διαμορφωμένους) ενώ παράλληλα υπολογίστηκε και η μέγιστη οπτική οξύτητα για την αναγνώριση γραμμάτων προβαλλόμενα σε οθόνη, μέσω της χρήσης ψυχομετρικών καμπύλων.

2.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ 4 ΠΙΝΑΚΩΝ

2.1.1 Συμμετέχοντες

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του νομού Ηρακλείου, ύστερα από έγκριση του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων, καθώς και στο Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης (Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Κρήτης). Οι συμμετέχοντες δημιούργησαν δυο ηλικιακές ομάδες: (i) 13-16 ετών και (ii) 23-42 ετών, με φυσιολογική όραση. Στο πείραμα δεν έλαβαν μέρος όσοι ήταν χρήστες φακών επαφής. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους 225 μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εκ των οποίων 109 ήταν αγόρια και 116 ήταν κορίτσια, ηλικίας 13 έως 16 ετών (μέσος όρος ηλικίας: 14.1). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τους μαθητές του Ινστιτούτου Οπτικής και Όρασης, οι οποίοι ήταν 25, εκ των οποίων 12 άντρες και 13 γυναίκες (μέσος όρος ηλικίας: 28.4). Συνολικά στην μελέτη έλαβαν μέρος 250 συμμετέχοντες εκ των οποίων οι 129 ήταν γυναίκες και οι 121 ήταν άντρες.

2.1.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η οφθαλμική εξέταση περιλαμβάνει την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας με τη βοήθεια των τεσσάρων πινάκων, δύο από τους οποίους είναι οι πρότυποι ETDRS πίνακες και οι άλλοι δυο είναι οι ειδικά διαμορφωμένοι πίνακες (chart 1 για τον δεξιό οφθαλμό και chart 2 για τον αριστερό οφθαλμό) που αναπτύχθηκαν στο Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης (Πανεπιστήμιο Κρήτης). Επιπλέον αξιολογήθηκε το διαθλαστικό σφάλμα μόνο για τα παιδιά των σχολείων με τη βοήθεια ενός αυτόματου κερατοδιαθλασίμετρου (Poteck RK-5000 Essilor).

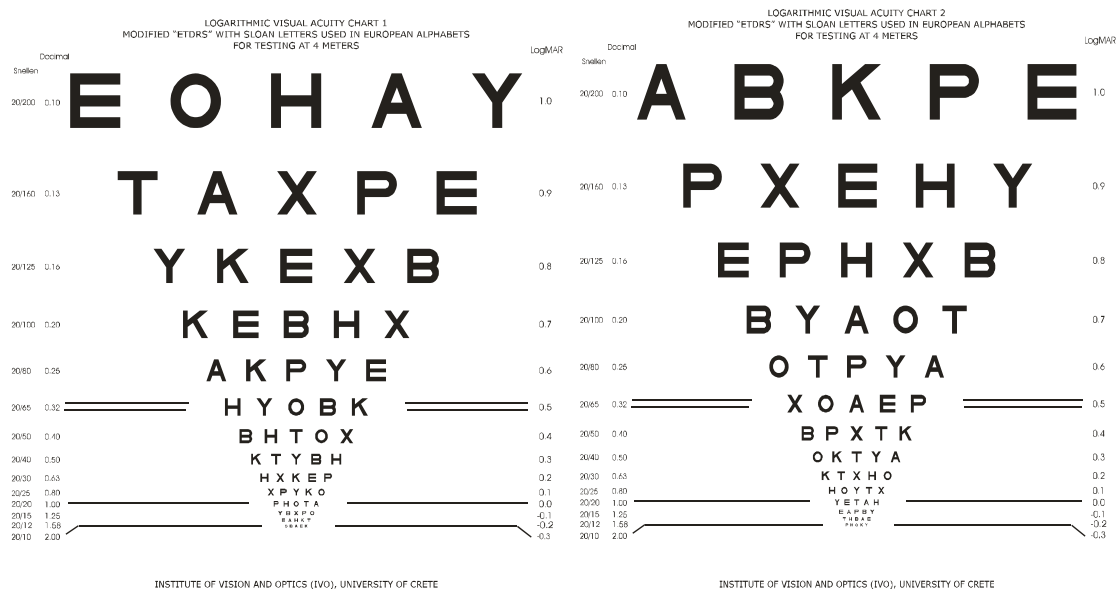
Οι πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης προέκυψαν με αντικατάσταση κάποιων γραμμάτων των πρότυπων ETDRS πινάκων με γράμματα που ήταν κοινά σε όλα τα αλφάβητα των Ευρωπαϊκών χωρών. Να σημειωθεί ότι τα γράμματα αυτά δεν χρησιμοποιούνται στην Αρμενία και στη Γεωργία, οπότε αποκλείστηκαν από τη μελέτη μας. Τα γράμματα που ελέγξαμε αν υπάρχουν σε όλα τα ευρωπαϊκά αλφάβητα

ήταν : **A, B, E, H, K, M, N, O, P, T, Y** και **X**. Σε σχέση με τα Sloan* γράμματα που χρησιμοποιούνται στους πρότυπους πίνακες έγιναν επτά αντικαταστάσεις οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ- ETDRS ΧΑΡΤΗ	ΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΧΑΡΤΗ
1	C	E
2	D	P
3	R	B
4	V	Y
5	S	T
6	Z	A
7	N	X

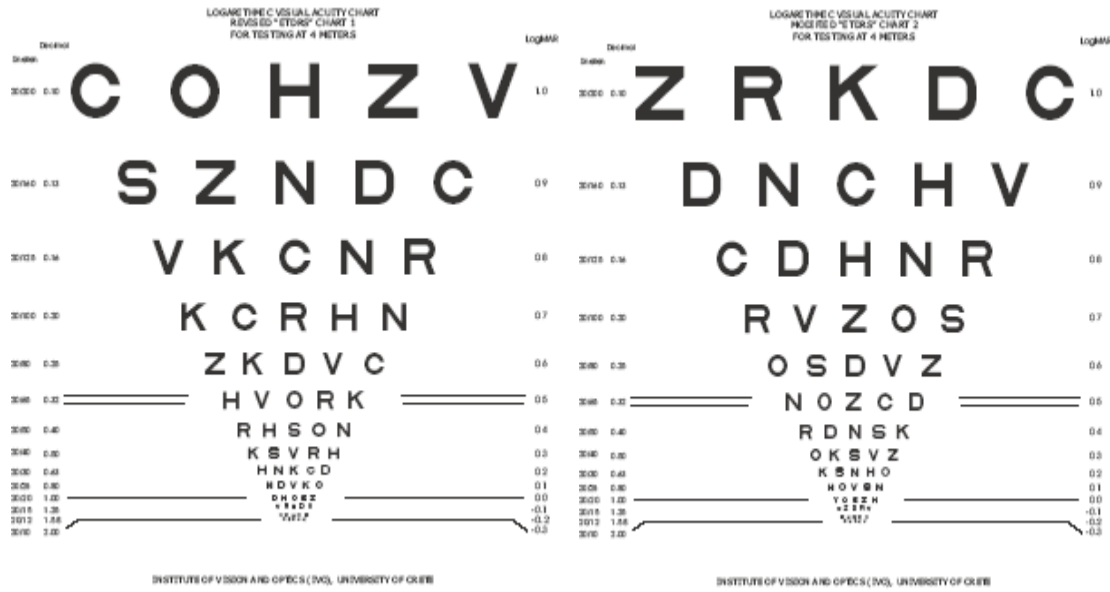
Πίνακας 4: Αντικατάσταση επτά γραμμάτων του πρότυπου πίνακα με γράμματα κοινά στα αλφάβητα όλων των Ευρωπαϊκών χωρών, μετά από τα αποτελέσματα σύγκρισης των αλφάβητων.

Στα σχήματα 25α και 25β, παρουσιάζονται οι ETDRS πίνακες που κατασκευάστηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης και οι πρότυποι, αντίστοιχα.



Σχήμα 25α: ETDRS πίνακες οπτικής οξύτητας που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης: Πίνακας 1- χρησιμοποιείται για το δεξί οφθαλμό (αριστερά) και Πίνακας 2- χρησιμοποιείται για τον αριστερό οφθαλμό (δεξιά).

* Τα Sloan γράμματα που χρησιμοποιούνται στους πρότυπους πίνακες είναι τα C, D, H, K, N, O, R, S, V και Z. Σε σχέση με τους τροποποιημένους πίνακες τα κοινά γράμματα και στα δυο είδη οπτοτύπων αποτελούν τα H, K και O.



Σχήμα 25β: Πρότυποι πίνακες ETDRS οπτικής οξύτητας: Πίνακας 1- χρησιμοποιείται για το δεξί οφθαλμό (αριστερά) και Πίνακας 2- χρησιμοποιείται για τον αριστερό οφθαλμό (δεξιά).

2.1.3 Χαρακτηριστικά των οπτοτύπων και του πίνακα εξέτασης

Για την κατασκευή του πίνακα κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος κάποιων χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τα οπτότυπα (μέγεθος και αριθμός οπτοτύπων, φωτεινή αντίθεση οπτοτύπων,..) καθώς και με τον ίδιο τον πίνακα (έκταση κλίμακας, φωτεινότητα πίνακα,..).

Πρότυπα οπτότυπα: Τα οπτότυπα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα Sloan γράμματα A, B, E, H, K, O, P, T, Y και X . Σκοπός ήταν να χρησιμοποιηθούν οπτότυπα με ευαπόδεικτα ισοδύναμη δυσκολία αναγνώρισης. Το υλικό κατασκευής των πινάκων είναι ένα λευκό, επιδεκτικού πλυσίματος, πολυστερένιο.

Διαβάθμιση μεγέθους οπτοτύπων: Το μέγεθος των οπτοτύπων πρέπει να μειώνεται με ένα σταθερό τρόπο έτσι ώστε να πετύχουμε μια ίση μεταβολή σε όλη την έκταση της κλίμακας. Μια λογαριθμική πρόοδος με βήματα 0.1 log Units αντιστοιχεί σε μια γεωμετρική πρόοδο στην οποία κάθε σειρά περιέχει οπτότυπα, των οποίων το μέγεθος είναι 1.26 φορές μικρότερο από την προηγούμενη σειρά.

Εύρος κλίμακας: Ένα χρήσιμο εύρος της κλίμακας, που χρησιμοποιήθηκε σε αυτούς τους πίνακες είναι από 1.0 logMAR έως -0.3 logMAR. Η οπτική οξύτητα μπορεί να

αξιολογηθεί και με δυο άλλες κλίμακες τη δεκαδική και το κλάσμα του Snellen. Οι εξισώσεις με τις οποίες γίνονται οι μετατροπές από την logMAR παράσταση σε δεκαδική (decimal) και αντίστροφα είναι * :

$$\begin{aligned}\log\text{MAR} &= -\log(\text{decimal acuity}) \\ \text{decimal acuity} &= \text{antilog}(-\log\text{MAR}) = 10^{-\log\text{MAR}}\end{aligned}$$

Η μετατροπή της logMAR παράστασης σε κλάσμα του Snellen και αντίστροφα γίνεται ως εξής²⁰ :

$$\text{decimal acuity} = \text{antilog}(-\log\text{MAR}) = 10^{-\log\text{MAR}}$$

$$\text{Παρανομαστής (Denominator) Snellen} = 6 / \text{decimal acuity} = A$$

$$\text{Snellen visual acuity} = 6 / A$$

Διάστημα μεταξύ των οπτοτύπων: Το οριζόντιο διάστημα μεταξύ των οπτοτύπων είναι ίσο με το μέγεθος του οπτοτύπου ενώ το κατακόρυφο διάστημα είναι ίσο με το μέγεθος της γραμμής που προηγείται.

Αριθμός οπτοτύπων: Απαιτείται ίδιος αριθμός οπτοτύπων σε κάθε μέγεθος logMAR. Ο ενδεδειγμένος αριθμός είναι δέκα οπτότυπα ανά μέγεθος logMAR τα οποία χωρίζονται σε δυο σειρές.

Φωτεινότητα πίνακα: Η φωτεινότητα του πίνακα σε χώρο με φώτα σβηστά βρέθηκε ίση με 168-176 cd/m² ενώ η φωτεινότητα του ειδικά διαμορφωμένου πίνακα ήταν 164-167 cd/m².

Φωτεινή αντίθεση (contrast) οπτοτύπων: Η ικανότητα της αναγνώρισης των οπτοτύπων σχετίζεται με τη φωτεινή αντίθεση του εξεταζόμενου στόχου. Η οπτική οξύτητα μειώνεται όσο η φωτεινή αντίθεση μεταξύ του εξεταζόμενου στόχου και του υποβάθρου ελαττώνεται. Όταν η φωτεινή αντίθεση μειώνεται κάτω από μια κρίσιμη τιμή (κατώφλι) η ικανότητα ανάλυσης του στόχου αποτυγχάνει. Η μέγιστη φωτεινή αντίθεση του γράμματος που χρησιμοποιήθηκε στους πρότυπους και στους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης, ήταν μεγαλύτερη από 90%.

* Οι αρνητικές τιμές στην παράσταση logMAR αντιστοιχούν σε οπτική οξύτητα στην δεκαδική παράσταση μεγαλύτερη από ένα (υψηλή οπτική οξύτητα).

Απόσταση εξέτασης: Η μέτρηση της οπτικής οξύτητας με LogMAR πραγματοποιείται σε απόσταση 4 μέτρων. Αυτή η επιλογή της απόστασης θεωρείται πρότυπη αφού είναι εύκολη η προσέγγιση του απείρου με αλγεβρική πρόσθεση - 0.25D στη διόρθωση της διάθλασης και επιπλέον είναι εύκολη η μετατροπή του κλάσματος του Snellen ανάμεσα στα 4 μέτρα και στα 20 feet. Επίσης σε αποστάσεις κοντά στα 4 μέτρα, επιτυγχάνεται μέγιστη οξύτητα και ελάχιστη διασπορά της οξύτητας.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΟΤΥΠΩΝ	ETDRS & UoC ΠΙΝΑΚΕΣ
Απόσταση εξέτασης	4 μέτρα
Οπτότυπα	Sloan γράμματα (A, B, E, H, K, O, P, T, Y, X)
Καθορισμός οξύτητας	MAR/logMAR/Snellen κλάσμα
Μεταβολή μεγέθους	Βήματα 0.1 logUnits
Οριζόντιο διάστημα	Ίσο με το μέγεθος του οπτοτύπου
Κατακόρυφο διάστημα	Ίσο με το μέγεθος της προηγούμενης γραμμής
Αριθμός οπτοτύπων	Δέκα γράμματα διαιρεμένα σε δυο σειρές των πέντε γραμμάτων
Φωτεινή αντίθεση	90%
Φωτεινότητα χάρτη	168-176 cd/m ²
Εύρος κλίμακας	Από 1.0 έως -0.3 logMAR

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά των οπτοτύπων καθώς και των ίδιων των πινάκων, που χρησιμοποιούνται για την εξέταση της οπτικής οξύτητας²¹.

2.1.4 Όργανα μέτρησης

1.Εξέταση οπτικής οξύτητας: Για την πραγματοποίηση της, χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις πίνακες οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι μέσα στο πρότυπο Lighthouse φωτεινό κουτί, σε απόσταση 4 μέτρων. Οι πίνακες περιείχαν γράμματα σε logMAR κλίμακα και η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η ακόλουθη:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- Ο εκάστοτε συμμετέχον τοποθετήθηκε στην προκαθορισμένη απόσταση από τον κάθε ένα φωτισμένο πίνακα. Αν ήταν χρήστης γυαλιών, έπρεπε να τα φοράει και στη διάρκεια της εξέτασης.
- Κατόπιν καλύψαμε τον αριστερό οφθαλμό με μια αδιαφανή καλύπτρα και βάζοντας τον κατάλληλο πίνακα κάθε φορά, ζητούσαμε από τον εξεταζόμενο να αναγνώσει το πίνακα, ξεκινώντας από το επάνω αριστερό γράμμα και να συνεχίσει αυτήν τη διαδικασία, διαβάζοντας κάθε γραμμή, έως ότου να φτάσει στο σημείο που δεν μπορούσε να ξεχωρίσει κανένα γράμμα. Το σημείο «τερματισμού» για κάθε πίνακα καθορίστηκε το σημείο όπου μια ολόκληρη γραμμή γραμμάτων διαβάστηκε λάθος.
- Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε κατόπιν και για το δεξιό οφθαλμό βάζοντας πάλι τους κατάλληλους πίνακες.
- Η εμφάνιση των τεσσάρων πινάκων ήταν τυχαία κάθε φορά, εναλλάξ οι ειδικά διαμορφωμένοι από τους πρότυπους, έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα απομνημόνευσης.

Στον πίνακα 6 γίνεται σύγκριση, ως προς τις ιδιότητες κατασκευής τους, μεταξύ τριών πινάκων (2 πολύ συχνά χρησιμοποιούμενων και του ειδικά διαμορφωμένου πίνακα που κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης), του Snellen, του ETDRS και του *UoC*, αντίστοιχα. Για κάθε έναν αναφέρεται ο αριθμός των γραμμάτων που χρησιμοποιούνται ανά γραμμή, το διάστημα και η βαρύτητα του γράμματος μετρημένα σε μονάδες logMAR καθώς και ο συνολικός αριθμός των γραμμάτων σε κάθε πίνακα.

ΠΙΝΑΚΕΣ	SNELLEN	ETDRS	UoC
Αριθμός γραμμάτων ανά γραμμή	1 έως 8	5	5
Διάστημα γραμμής σε logMAR	0.08 έως 0.22	0.1	0.1
Βαρύτητα γράμματος σε logMAR	0.01 έως 0.11	0.02	0.02
Συνολικός αριθμός γραμμάτων	45	70	70

Πίνακας 6: Σύγκριση τριών διαφορετικών πινάκων ως προς τις ιδιότητες κατασκευής τους

2. Εξέταση διαθλαστικού σφάλματος: Για τον υπολογισμό του διαθλαστικού σφάλματος χρησιμοποιήθηκε το αυτόματο κερατοδιαθλασίμετρο (Potech RK-5000 Essilor). Για κάθε οφθαλμό υπολογίστηκε το σφαίρωμα, ο κύλινδρος και ο άξονας. Να σημειωθεί ότι η ακρίβεια του οργάνου σε μερικές περιπτώσεις πιθανώς να ήταν μειωμένη λόγω της ηλικίας των συμμετεχόντων, οι οποίοι έχουν τάση προσαρμογής.



Σχήμα 26: Αυτόματο κερατοδιαθλασίμετρο

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση ιστογραμμάτων συχνότητας για κάθε ένα οφθαλμό και για κάθε έναν πίνακα ξεχωριστά. Κατόπιν, μέσω της στατιστικής Bland-Altman²² εξακριβώθηκε η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μας.

2.2 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΔΥΣΚΟΛΙΑΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

2.2.1 Συμμετέχοντες

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης (Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Κρήτης). Σε αυτό το μέρος της μελέτης έλαβαν μέρος 5 συμμετέχοντες, ηλικίας από 25 έως 36 ετών, εκ των οποίων οι 2 ήταν γυναίκες και οι 3 ήταν άντρες. Κάποιοι από τους συμμετέχοντες είχαν εμπειρία με ψυχοφυσικά πειράματα και ήταν εξοικειωμένοι με το σκοπό του πειράματος. Όλοι

είχαν φυσιολογική όραση, διορθωμένοι με γυαλιά αν χρειαζόταν, για την απόσταση μέτρησης.

2.2.2 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η οφθαλμική εξέταση περιλαμβάνει κατ' αρχήν την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας, καθώς και του διαθλαστικού σφάλματος με τη βοήθεια του αυτόματου κερατοδιαθλασίμετρου (Poteck RK-5000 Essilor). Για κάθε εξεταζόμενο βρέθηκε ο κυρίαρχος οφθαλμός, με τον οποίο πραγματοποιήθηκε και η συνέχεια των μετρήσεών μας. Οι τιμές οπτικής οξύτητας σε logMAR κλίμακα και του διαθλαστικού σφάλματος φαίνονται στον πίνακα 7.

ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ	ΚΥΡΙΑΡΧΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ	ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ(logMAR)
SP	M	36	LE	-0.24
TG	F	26	RE	-0.18
AP	M	27	RE	-0.22
GS	M	25	RE	-0.18
VT	F	25	RE	-0.16

Πίνακας 7: Περιλαμβάνει στοιχεία του κάθε εξεταζόμενου, όπως το φύλο, την ηλικία, τον κυρίαρχο οφθαλμό και την οπτική οξύτητα μετρημένη σε logMAR.

Στη συνέχεια αξιολογήθηκε η αναγνωρισιμότητα γραμμάτων για ένα φάσμα προ-καθορισμένων logMAR μεγεθών που μετρήθηκε στη μέγιστη φωτεινή αντίθεση του γράμματος (90%). Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των προ-καθορισμένων τιμών (method of constant stimuli) και η εύρεση της ουδός πραγματοποιήθηκε μέσω της καμπύλης της ψυχομετρικής συνάρτησης (psychometric function).

Τα ερεθίσματα αποτελούνται από 18 Sloan γράμματα, δηλαδή αυτών που παρουσιάζονται στον πρότυπο ETDRS χάρτη και αυτών που παρουσιάζονται στον ειδικά διαμορφωμένο πίνακα, καθώς επιπλέον του γράμματος M. Τα γράμματα παρουσιάζονταν σε μια οθόνη Sony GDM F-520 CRT (με φωτισμό οθόνης 100cd/m² και ρυθμό ανανέωσης πλαισίων 120Hz) με την βοήθεια μιας κάρτας δημιουργίας ερεθισμάτων VSG2/5 (CRS,UK) και κατάλληλου λογισμικού προγράμματος που αναπτύχθηκε από τον Ιωάννη Ορφανό. Η οθόνη προβολής ήταν η μόνη πηγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

φωτισμού μέσα στο χώρο εξέτασης. Η εξέταση πραγματοποιήθηκε μόνο για τον κυρίαρχο (dominant) οφθαλμό των συμμετεχόντων και σε απόσταση 4 μέτρων. Κάθε ένα από τα 18 γράμματα, που χρησιμοποιήθηκε στα δυο είδη των πινάκων, παρουσιαζόταν 20 φορές σε 7 logMAR μεγέθη σειρών, σε τυχαία σειρά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάθε εξεταζόμενος να παρακολουθήσει 3380 παρουσιάσεις γραμμάτων. Το εύρος της logMAR κλίμακας για όλους ήταν από 0.0 logMAR έως -0.35 logMAR και το βήμα ήταν 0.05 logMAR μονάδες. Στην απόσταση των 4 μέτρων, τα μικρότερα γράμματα (logMAR: -0.35) που εξετάστηκαν, προβάλλονταν σε μια διάταξη 6x6 pixel. Κάθε ερέθισμα προβαλλόταν για 4sec (δευτερόλεπτα), χρόνος που υπολογίζεται από τη στιγμή που εισέρχεται στον υπολογιστή η απάντηση του εξεταζόμενου από τον εξεταστή έως ότου δημιουργηθεί το επόμενο ερέθισμα.

LogMAR	MAR	DECIMAL	ΜΕΓΕΘΟΣ (mm) ΣΕ 4m
0.10	1.26	0.79	7.32
0.05	1.12	0.89	6.53
0.00	1.00	1.00	5.82
-0.05	0.89	1.12	5.18
-0.10	0.79	1.26	4.62
-0.15	0.71	1.41	4.12
-0.20	0.63	1.58	3.67
-0.25	0.56	1.78	3.27
-0.30	0.50	1.99	2.92
-0.35	0.45	2.24	2.60

Πίνακας 8: Μετατροπές της logMAR παράστασης σε MAR και σε δεκαδική. Η τελευταία στήλη του πίνακα περιέχει το μέγεθος του οπτοτύπου μετρημένο σε mm, σε απόσταση 4 μέτρων.

Οι εξεταζόμενοι καθοδηγήθηκαν να αναγνωρίσουν προφορικά πιο γράμμα παρουσιάζεται και να μαντέψουν αν δεν ήταν βέβαιοι. Ακόμη πληροφορήθηκαν ότι όλα τα γράμματα θα παρουσιάζονταν με την ίδια συχνότητα. Οι εκτιμήσεις του κατωφλίου για κάθε γράμμα ελήφθησαν από τις καλύτερες προσαρμογές των ελαχίστων τετραγώνων μέσω της συνάρτησης του Weibull ²³:

$$P = 1 - (1 - g) \exp[- 10^{b(x-t)}]$$

όπου P είναι το ποσοστό σωστών αποκρίσεων σε ένα δεδομένο log contrast (x), $g=1/N$ (όπου N είναι ο αριθμός των Sloan γραμμάτων, 18), b είναι μια παράμετρος που περιγράφει την κλίση της συνάρτησης Weibull και t είναι το κατώφλι log contrast.

Διαδικασία μέτρησης: Οι συμμετέχοντες που έλαβαν μέρος σε αυτό το μέρος της μελέτης είχαν εξοικειωθεί με τέτοιου είδους μετρήσεις. Είχαν προηγηθεί εξετάσεις για την αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο έτσι ώστε να γνωρίζουμε ποιο θα ήταν το συγκεκριμένο εύρος των επτά γραμμών της κλίμακας logMAR που θα χρησιμοποιήσουμε για τον κάθε εξεταζόμενο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέσα σε ένα σκοτεινό δωμάτιο και η μόνη πηγή φωτισμού αποτέλεσε η οθόνη προβολής των ερεθισμάτων.

Όπως προαναφέρθηκε για την επίτευξη της παρούσας μελέτης κρίθηκε απαραίτητη η πραγματοποίηση δυο διαφορετικών ειδών πειραμάτων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας για το πρώτο, που αναφέρεται στην αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας με χρήση των τεσσάρων πινάκων (των δυο πρωτότυπων και των δυο ειδικά διαμορφωμένων) και το δεύτερο στη δυσκολία αναγνωρισιμότητας όλων των γραμμάτων που χρησιμοποιούνται και στους τέσσερις πίνακες μέσω υπολογιστικού προγράμματος παρουσιάζονται παρακάτω.

3.1 Αποτελέσματα αξιολόγησης οπτικής οξύτητας με χρήση των 4 πινάκων

Η ανάλυση των δεδομένων, που μετρήθηκαν στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στα εργαστήρια του Β.Ε.Μ.Μ.Ο., πραγματοποιήθηκε χωρίζοντας τους συμμετέχοντες σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με μέσο όρο ηλικίας 14.1 χρόνια και η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει φοιτητές από το Ινστιτούτο Οπτικής και Όρασης με μέσο όρο ηλικίας 28.4 χρόνια. Συνολικά στην μελέτη έλαβαν μέρος 250 συμμετέχοντες εκ των οποίων οι 129 ήταν γυναίκες και οι 121 ήταν άντρες.

3.1.1 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας πρώτης ομάδας

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους 225 μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εκ των οποίων 109 ήταν αγόρια και 116 ήταν κορίτσια, ηλικίας 13 έως 16 ετών (μέσο όρο: 14.13 χρόνια). Ο κάτωθι πίνακας 9 περιλαμβάνει όλους τους εξεταζόμενους που χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο μέρος του πειράματος. Για κάθε έναν, αναφέρεται η ηλικία του, το φύλο του, η καθημερινή του διόρθωση καθώς και η οπτική οξύτητα (σε κλίμακα logMAR) για κάθε ένα οφθαλμό με χρήση τόσο των πρότυπων όσο και των ειδικά διαμορφωμένων πινάκων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A/A	YRS	F/M	ΔΙΟΡΘΩΣΗ	ΔΟ	VISUAL ΑΟ	ACUITY RE	LE
S001	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.7	0.46	0.62	0.6
S002	13	F		-0.1	-0.08	-0.02	-0.02
S003	13	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.04	0.06	0.1	0.2
S004	13	F		0	0	0.04	0.02
S005	13	F		-0.06	-0.08	-0.08	-0.06
S006	13	F		-0.08	-0.1	-0.06	-0.08
S007	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.36	0.14	0.3	0.24
S008	13	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.18	0.08	0.2	0.1
S009	13	F		-0.14	-0.24	-0.12	-0.14
S010	13	M		-0.12	-0.06	-0.06	-0.04
S011	13	F		-0.1	-0.08	-0.04	0.02
S012	13	F		-0.12	-0.12	-0.02	-0.1
S013	13	M		-0.14	-0.22	-0.08	-0.14
S014	13	F		-0.2	-0.24	-0.16	-0.16
S015	13	M		0.06	-0.02	0.12	0.08
S016	13	M		-0.22	-0.22	-0.18	-0.14
S017	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.02	-0.08	0.02
S018	13	M		-0.18	-0.16	-0.16	-0.08
S019	13	F		-0.16	-0.18	-0.14	-0.1
S020	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.26	-0.08	0.3	-0.04
S021	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.04	0.04	-0.04	0.12
S022	13	F		-0.14	-0.24	-0.16	-0.24
S023	13	F		0	0.06	0.04	0.12
S024	13	M		-0.08	-0.06	0	-0.08
S025	13	M		-0.14	-0.2	-0.12	-0.14
S026	13	M		-0.18	-0.26	-0.26	-0.22
S027	14	M		0.34	0.32	0.42	0.24
S028	14	M		0	0	-0.06	-0.02
S029	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0	0.16	0.02	0.14
S030	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.08	0.06	0.02	0.12
S031	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.12	0.34	0.16	0.4
S032	14	M		-0.02	-0.16	0.02	-0.06
S033	14	F		0.28	0.22	0.32	0.24
S034	14	M		0.24	0.24	0.38	0.3
S035	14	F		-0.08	-0.08	-0.06	0
S036	14	F		0.52	0.42	0.52	0.48
S037	13	M		0.46	0.24	0.44	0.38
S038	14	F		0.56	0.36	0.56	0.4
S039	14	M		0.04	-0.12	0.04	-0.04
S040	13	M		-0.14	-0.1	-0.12	-0.06
S041	14	F		0.52	0.28	0.64	0.18
S042	14	F		-0.08	-0.02	-0.06	0.06
S043	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.04	0.12	0.02	0.04

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

S044	14	M		-0.1	-0.02	-0.1	-0.04
S045	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.08	-0.1	-0.06	-0.08
S046	14	F		0.18	0.3	0.32	0.28
S047	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	0.02	0.06	0.04
S048	14	M		-0.02	0.02	0.08	0.06
S049	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0	0.02	0.06	0
S050	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0	0.02	0.04	0.06
S051	14	F		0.02	0.04	0	0.1
S052	14	F		-0.14	-0.08	-0.18	-0.02
S053	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.1	0.04	0.02	0.1
S054	14	F		-0.1	0	-0.06	0.16
S055	14	M		0.04	-0.08	0.06	-0.04
S056	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.14	0.16	0.26	0.16
S057	14	F		-0.1	-0.12	-0.16	-0.12
S058	14	M		-0.04	0.02	-0.06	0.1
S059	14	F		-0.02	0.1	0.06	0.04
S060	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.04	0.02	0.06
S061	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.12	0.12	0.16	0.18
S062	15	M		-0.02	-0.06	-0.06	-0.02
S063	15	M		0.18	0	0.28	0.06
S064	15	M		-0.18	-0.16	-0.12	-0.14
S065	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.1	-0.08	-0.06
S066	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.3	0.24	0.36	0.28
S067	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.04	-0.08	-0.06	-0.08
S068	15	M		0	-0.04	0.04	0.06
S069	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.1	0.06	0.06	-0.04
S070	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.26	0.1	0.3	0.18
S071	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.1	0	-0.04	0.1
S072	15	M		0.12	-0.12	0.16	-0.08
S073	15	F		-0.1	-0.06	-0.08	-0.02
S074	16	M		-0.1	0	-0.06	0.02
S075	15	M		-0.12	-0.14	-0.08	-0.12
S076	15	F		-0.08	0.04	-0.06	0.02
S077	15	M		0.08	-0.08	0.1	-0.06
S078	15	F		0.32	0.12	0.32	0.14
S079	16	F		-0.08	-0.08	-0.06	0.02
S080	15	F		-0.2	-0.14	-0.08	-0.16
S081	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	0.06	-0.04	0.04
S082	15	M		0.34	0.42	0.38	0.36
S083	15	M		0.12	-0.06	0.08	0.02
S084	15	M		0.18	-0.08	0.12	-0.02
S085	16	M		-0.08	-0.14	0	-0.16
S086	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.06	0	-0.04
S087	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	0.02	0.02	-0.04
S088	15	M		-0.14	-0.02	-0.14	-0.06
S089	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	0.02	-0.06	0.06

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

S090	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.04	-0.04	-0.02
S091	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.02	0.02	0	0.04
S092	15	M		0.12	0.02	0.28	0.1
S093	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	-0.08	0.06	0.04
S094	15	M		-0.08	-0.16	-0.06	-0.08
S095	15	M		-0.08	-0.1	-0.08	-0.02
S096	15	F		0	0.16	0.08	0.22
S097	15	M		-0.02	0.12	0.06	0.1
S098	15	M		-0.14	-0.08	-0.1	-0.06
S099	15	M		-0.08	0	0	-0.04
S100	15	M		0	-0.08	0.1	0.02
S101	15	F		0.06	0.18	0.06	0.24
S102	15	M		-0.06	-0.24	-0.04	-0.22
S103	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.04	0.04	0.1	0.06
S104	15	M		-0.1	0.02	-0.08	0.06
S105	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.04	-0.08	-0.04	0
S106	13	F		0.08	0.02	0.1	0.06
S107	13	M		-0.1	-0.08	-0.06	-0.04
S108	13	M		-0.08	-0.12	-0.1	-0.1
S109	13	M		-0.08	0.06	-0.08	0
S110	13	M		-0.02	0.02	0.04	0.04
S111	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.08	-0.08	-0.14	-0.06
S112	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.1	-0.08	0.04
S113	13	F		-0.08	-0.1	-0.1	-0.12
S114	13	M		-0.04	0	0.02	0.06
S115	13	M		-0.1	-0.08	-0.16	-0.1
S116	13	F		-0.2	-0.26	-0.2	-0.2
S117	13	F		-0.04	-0.06	-0.08	-0.12
S118	13	M		0.16	-0.12	0.06	-0.1
S119	13	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.14	-0.14	-0.14	-0.04
S120	13	M		-0.02	0	0.02	0.18
S121	13	F		-0.08	-0.02	-0.16	0
S122	13	M		0.14	0.28	0.14	0.34
S123	13	F		0.1	0.1	0.14	0.16
S124	13	M		-0.04	-0.22	-0.04	-0.18
S125	13	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.1	-0.16	-0.1	-0.1
S126	13	F		-0.08	0.02	-0.06	0.08
S127	13	F		0.14	0.2	0.2	0.16
S128	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	0.06	0.04	0.04
S129	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.36	0.16	0.32	0.14
S130	13	F		0.12	0.2	0.16	0.2
S131	13	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.24	0.22	0.28	0.2
S132	13	M		0.24	0.24	0.36	0.28
S133	13	M		-0.04	0	-0.02	0.04
S134	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.16	-0.22	-0.12	-0.18
S135	13	F		-0.08	-0.1	-0.08	-0.04

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

S136	13	F		0.34	0.2	0.48	0.12
S137	14	F		-0.1	-0.1	-0.12	-0.06
S138	13	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.12	0	0.18	0
S139	13	F		-0.04	0	0.02	-0.02
S140	13	M		-0.08	-0.04	-0.04	0
S141	14	F		-0.1	-0.1	-0.1	-0.02
S142	13	M		-0.04	-0.04	-0.04	-0.06
S143	13	M		-0.12	-0.08	-0.08	-0.02
S144	13	M		-0.12	-0.1	-0.14	-0.12
S145	15	F		-0.12	-0.08	-0.12	-0.06
S146	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.2	-0.2	-0.12	-0.14
S147	14	M		-0.16	-0.02	-0.12	0.02
S148	14	M		0	-0.02	0.06	0
S149	14	M		-0.12	-0.1	-0.12	-0.06
S150	14	M		0	-0.08	0.2	0
S151	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.06	0.06	0.12	0.1
S152	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0	0.04	0	0.04
S153	14	F		0.22	-0.24	0.18	-0.22
S154	14	M		-0.16	-0.14	-0.1	-0.14
S155	14	M		-0.12	-0.16	-0.04	-0.06
S156	14	M		0.04	0.14	0.06	0.14
S157	14	F		-0.06	-0.14	0.08	-0.06
S158	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.02	0.14	0.04	0.08
S159	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.18	0.16	0.18	0.14
S160	14	F		0.3	0.12	0.24	0.24
S161	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.04	0.2	0.18	0.2
S162	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.02	-0.04	0.04
S163	14	M		0	0.04	0	0.04
S164	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.1	-0.1	-0.08	-0.08
S165	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.02	-0.04	0	0
S166	16	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.14	0.06	0.2	0.04
S167	14	F		0.1	0.02	0.14	0.08
S168	15	F		-0.08	-0.2	-0.06	-0.08
S169	14	F		-0.06	-0.18	-0.06	-0.12
S170	14	M		0	0.04	0.04	0.08
S171	14	F		-0.1	-0.08	-0.08	-0.06
S172	14	M		-0.08	0.04	-0.06	0
S173	14	M		-0.08	-0.12	-0.08	-0.06
S174	14	F		0.14	0.2	0.18	0.24
S175	14	F		0.32	0.1	0.26	0.06
S176	14	M		-0.14	-0.14	-0.14	-0.04
S177	14	F		-0.06	-0.06	-0.1	0.04
S178	14	M		-0.06	-0.22	-0.08	-0.22
S179	14	M		-0.16	-0.1	-0.12	-0.08
S180	14	M	ΓΥΑΛΙΑ	0.32	0.42	0.26	0.62
S181	14	M		0.1	-0.08	0.24	-0.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

S182	14	M		-0.06	-0.06	-0.08	0.04
S183	14	M		-0.18	-0.26	-0.16	-0.26
S184	14	M		0.36	0.6	0.36	0.54
S185	15	M		-0.12	0.2	-0.14	0.24
S186	14	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.14	-0.1	-0.1	-0.08
S187	14	F		-0.06	-0.1	-0.1	-0.1
S188	15	M		0.16	0.26	0.2	0.3
S189	15	M		-0.16	-0.14	-0.12	-0.06
S190	15	M		-0.02	0.1	0.08	0.12
S191	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.26	-0.08	0.24	-0.1
S192	17	F		-0.16	0	-0.12	-0.06
S193	15	F		-0.16	-0.18	-0.18	-0.16
S194	15	F		0.12	-0.04	0.14	-0.02
S195	15	F		-0.18	0.08	-0.16	0.08
S196	15	F		-0.16	-0.14	-0.12	-0.12
S197	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	0	-0.06	0.04
S198	15	F		-0.04	-0.08	-0.02	-0.02
S199	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	0.02	0.16	-0.02	0.1
S200	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	0.02	-0.06	0.02
S201	15	M		-0.2	-0.24	-0.22	-0.24
S202	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.14	-0.2	-0.14	-0.18
S203	15	F		0.02	-0.08	0.04	0.04
S204	15	M		-0.22	-0.24	-0.2	-0.22
S205	15	F		-0.06	-0.18	-0.06	-0.08
S206	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.14	-0.04	-0.06	0
S207	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.08	-0.12	-0.1	-0.04
S208	15	F		-0.18	-0.14	-0.1	-0.14
S209	15	M		0.32	0.14	0.34	0.12
S210	15	M		-0.14	-0.16	-0.08	-0.12
S211	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.08	0.02	-0.06	0.02
S212	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.12	0.04	-0.12	0.02
S213	15	F		-0.14	-0.1	-0.1	-0.14
S214	15	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.1	-0.22	-0.08	-0.18
S215	15	M		-0.08	0.02	-0.02	-0.04
S216	15	F		-0.16	-0.06	-0.18	-0.1
S217	15	M		-0.18	0.14	-0.14	0.14
S218	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.04	-0.04	-0.02
S219	15	F		-0.06	-0.08	-0.06	0
S220	15	F		0.26	0.14	0.22	0.16
S221	15	F		0.18	0.18	0.14	0.16
S222	15	F		-0.02	0.02	0	0
S223	15	F		-0.14	-0.14	-0.12	-0.08
S224	15	F		-0.12	-0.12	-0.08	-0.02
S225	15	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.02	-0.12	-0.08	-0.08

Πίνακας 9: Περιλαμβάνει την ηλικία, το φύλο, το μέσω διόρθωσης (αν υπήρχε) του διαθλαστικού σφάλματος και τις τιμές της οπτικής οξύτητας για κάθε οφθαλμό με χρήση του

πρότυπου και του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα όλων των συμμετεχόντων της πρώτης ομάδας.

Η βαθμολόγηση της οπτικής οξύτητας στους Snellen πίνακες γίνεται με βάση αλλαγής γραμμής με γραμμή (**line-by-line**) ή με βάση αλλαγής γράμματος με γράμματος (**letter-by-letter**). Στην περίπτωση μιας line-by-line βάσης, η γραμμή θεωρείται ότι έχει διαβαστεί ικανοποιητικά όταν πάνω από τα μισά γράμματα (π.χ. 3 από τα 5) έχουν αναγνωριστεί σωστά. Η βαθμολογία μπορεί να γίνει πιο ακριβής προσθέτοντας « -- », « - », « + », « ++»²⁴. Εάν αυτό πραγματοποιηθεί το φαινόμενο προσεγγίζει τη letter-by-letter βαθμολόγηση, αλλά πάλι είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί στατιστική επεξεργασία δεδομένων.

Στην letter-by-letter βαθμολόγηση, υπολογίζεται ο συνολικός αριθμός των γραμμάτων που διαβάζονται σωστά. Κάθε γράμμα που διαβάζεται σωστά προσθέτει έναν πόντο στη βαθμολογία (ή 0.02 logMAR), κάθε γραμμή προσθέτει 5 πόντους (ή 0.1 logMAR). Επομένως με βάση αυτό το πρωτόκολλο εάν 3 γράμματα διαβαστούν σε μια γραμμή και 2 στην επόμενη τότε δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα με το να διαβαστούν 5 σε μια γραμμή και κανένα στην επόμενη. Αυτή η μέθοδος έχει αποδειχθεί ότι παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια όταν πολλαπλές μετρήσεις πρέπει να υπολογιστούν κατά μέσο όρο, να συγκριθούν ή αλλιώς να χρησιμοποιηθούν στατιστικά.

Υπολογισμός οπτικής οξύτητας Κάθε γράμμα στον πίνακα έχει βαρύτητα 0.02 logMAR μονάδες. Οπότε στην τελευταία σειρά που διαβάστηκε από τον εξεταζόμενο, προστέθηκε ο αριθμός των γραμμάτων που διαβάστηκαν λάθος πολλαπλασιασμένος με τον παράγοντα 0.02 . Για παράδειγμα αν ένας εξεταζόμενος «έφτασε» ως τη γραμμή με τιμή logMAR = -1.0 και έχασε 2 γράμματα αυτό σημαίνει ότι η οπτική οξύτητα του είναι $- 1.0 + (2 * 0.02) = - 0.06$

Επιπλέον για επανέλεγχο της τιμής της οπτικής οξύτητας χρησιμοποιήσαμε την ακόλουθη φόρμουλα :

$$1.10 - (T_c * L_v)$$

όπου T_c είναι ο συνολικός αριθμός των γραμμάτων που διαβάστηκαν σωστά και L_v είναι η logMAR τιμή κάθε γράμματος στον πίνακα.

Επομένως, μετρώντας τον αριθμό των γραμμάτων που διαβάστηκαν σωστά και πολλαπλασιάζοντας τον με το 0.02 το αποτέλεσμα αυτό το αφαιρούσαμε από την μέγιστη τιμή του logMAR του πίνακα (στην συγκεκριμένη περίπτωση 1.1 logMAR).

Για τον υπολογισμό της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης και της διαμέσου κρίνεται απαραίτητη η χρήση των παρακάτω τύπων.

Μέση τιμή (Average) :

Αποδίδει τον μέσο όρο (αριθμητικός μέσος) των τιμών του μεγέθους που εξετάζουμε. Δίδεται από την σχέση:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (1)$$

Τυπική απόκλιση δείγματος ή τυπικό σφάλμα (Standard deviation):

Υπολογίζει την τυπική απόκλιση ενός πληθυσμού βάσει δείγματος, υπολογίζει δηλαδή τη μέση απόκλιση τετραγώνου. Η τυπική απόκλιση αποτελεί μέτρο της διασποράς των τιμών σε σχέση με την τιμή του μέσου όρου (αριθμητικού μέσου).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Διάμεσος (Median):

Αποδίδει τον διάμεσο των δεδομένων αριθμών. Ο διάμεσος είναι ο αριθμός που βρίσκεται στο μέσον ενός συνόλου αριθμών. Δηλαδή, οι μισοί αριθμοί έχουν τιμές μεγαλύτερες από τον διάμεσο, ενώ οι άλλοι μισοί έχουν μικρότερες τιμές.

Με βάση τις σχέσεις (1),(2) κατασκευάζουμε τον ακόλουθο πίνακα 10, ο οποίος περιλαμβάνει τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση και τη διάμεσο των μεγεθών που εξετάζουμε (ηλικία και οπτική οξύτητα) για την πρώτη ομάδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

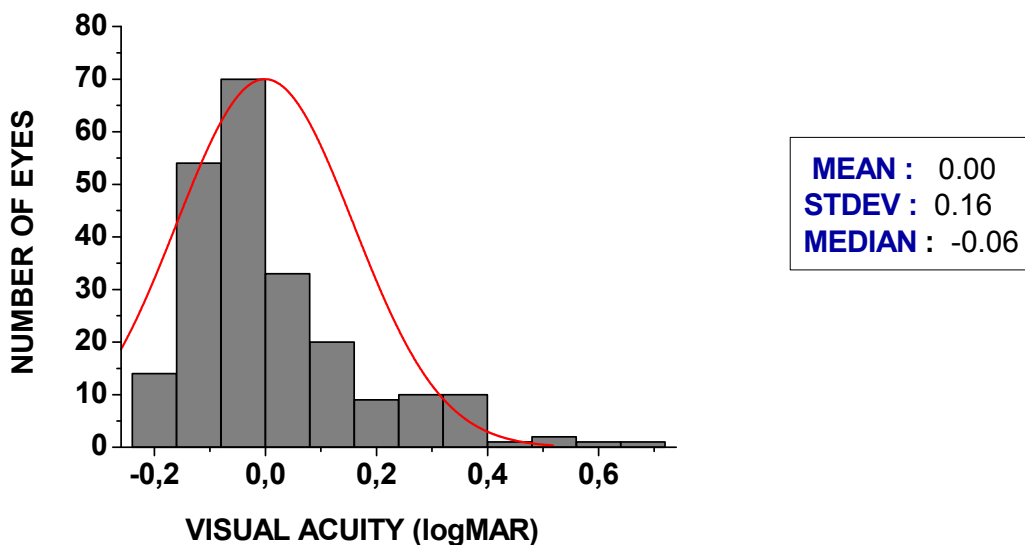
	ΗΛΙΚΙΑ	Ο.Ο (Δ.Ο)	Ο.Ο (Α.Ο)	Ο.Ο (R.E)	Ο.Ο (L.E)
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	14.13	0.00	-0.01	0.02	0.02
ΤΥΠ.ΑΠΟΚΛΙΣΗ	0.87	0.16	0.15	0.16	0.15
ΔΙΑΜΕΣΟΣ	14	-0.06	-0.04	-0.04	0.00

Πίνακας 10: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και διάμεσος των διαφόρων μεγεθών (οπτική οξύτητα, ηλικία) των εξεταζόμενων της πρώτης ομάδας (συμμετέχοντες: παιδιά ηλικίας 13-16 ετών με μέσο όρο 14.13).

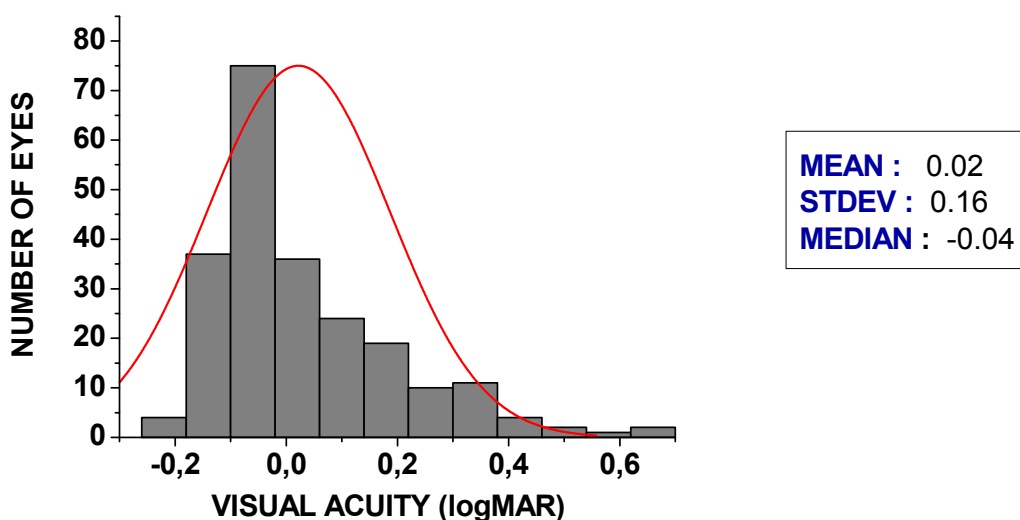
Επομένως για τους συμμετέχοντες της πρώτης ομάδας, συνοψίζοντας έχουμε:

<i>Ηλικία</i> : 14.13 ± 0.87
<i>Οπτική οξύτητα ΔΟ</i> : 0.00 ± 0.16
<i>Οπτική οξύτητα RE</i> : 0.02 ± 0.16
<i>Οπτική οξύτητα ΑΟ</i> : -0.01 ± 0.15
<i>Οπτική οξύτητα LE</i> : 0.02 ± 0.15

Στα σχήματα 27 και 28 παριστάνονται γραφικά τα ιστογράμματα συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού οφθαλμού των εξεταζόμενων με χρήση τόσο του ειδικά διαμορφωμένου όσο και του πρότυπου ETDRS πίνακα (chart 1) αντίστοιχα. Διαπιστώνεται ότι η διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα είναι περίπου 0.02 logMAR μονάδες, με καλύτερη μέση οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες Πανεπιστημίου Κρήτης. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι η διαφορά συνίσταται σε 1 περίπου γράμμα διαφορά. Επιπλέον και η διαφορά στη διάμεσο εμφανίζεται να είναι με ένα γράμμα διαφορά.



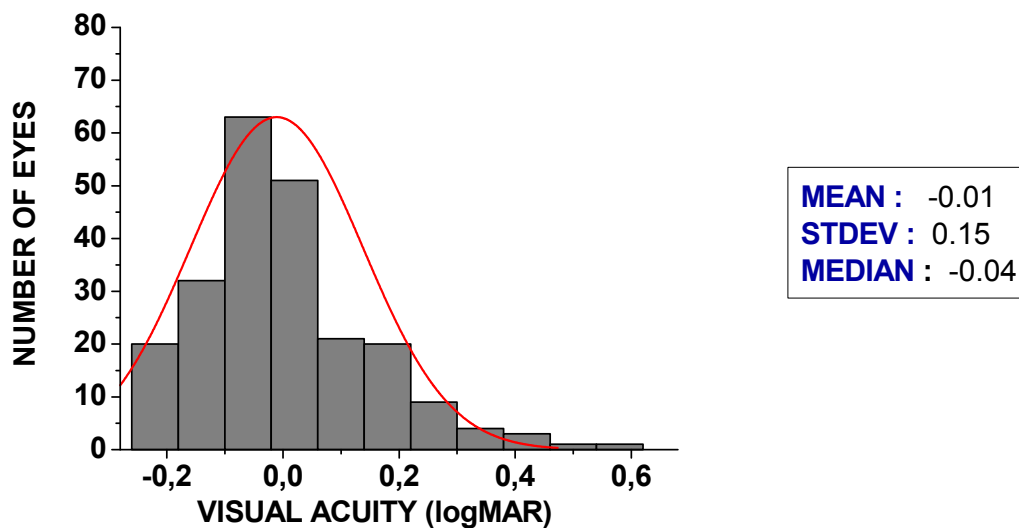
Σχήμα 27: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα (πρώτης ομάδας).



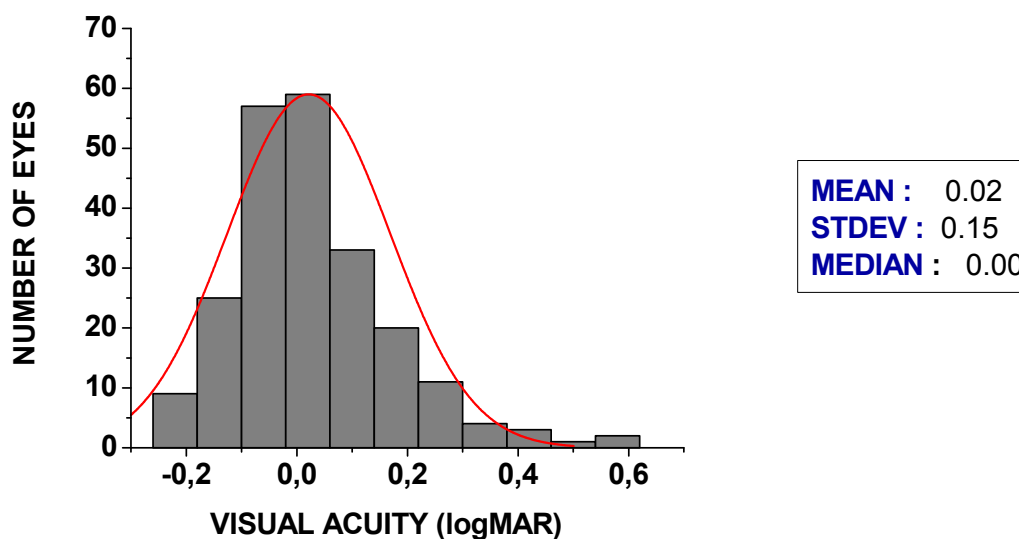
Σχήμα 28: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του πρότυπου ETDRS πίνακα (πρώτης ομάδας).

Πραγματοποιώντας την ίδια διαδικασία, παριστάνουμε γραφικά τα ιστογράμματα συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού οφθαλμού των εξεταζόμενων με χρήση του ειδικά διαμορφωμένου όσο και του πρότυπου ETDRS πίνακα, σχήματα 29 και 30 αντίστοιχα. Η διαφορά στην μέση οπτική οξύτητα είναι 0.03 logMAR μονάδες, δηλαδή διαφορά περίπου 1.5 γράμμα, με καλύτερη μέση

οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης. Η διαφορά στη διάμεσο εμφανίζεται να είναι δυο γράμματα.



Σχήμα 29: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του τροποποιημένου ETDRS πίνακα (πρώτης ομάδας).



Σχήμα 30: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του πρότυπου ETDRS πίνακα (πρώτης ομάδας).

3.1.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας δεύτερης ομάδας

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τους φοιτητές του Ινστιτούτου Οπτικής και Όρασης, οι οποίοι ήταν 25 εκ των οποίων 12 άντρες και 13 γυναίκες (πίνακας 11). Οι συμμετέχοντες ήταν ηλικίας 23-42 με μέσο όρο 28.4 χρόνια. Ο πίνακας 11 περιλαμβάνει την ηλικία, το φύλο, την καθημερινή διόρθωση καθώς και την οπτική οξύτητα (σε κλίμακα logMAR) του κάθε εξεταζόμενου για κάθε έναν οφθαλμό με χρήση τόσο των πρότυπων όσο και των ειδικά διαμορφωμένων πινάκων.

A/A	YRS	F/M	ΔΙΟΡΘΩΣΗ	ΔΟ	VISUAL ΑΟ	ACUITY RE	LE
S001	27	F		-0.14	-0.06	-0.14	-0.12
S002	26	F		-0.04	-0.04	0	-0.04
S003	24	M		-0.2	-0.26	-0.24	-0.22
S004	32	M		-0.2	-0.1	-0.18	-0.08
S005	26	M		-0.16	-0.24	-0.1	-0.18
S006	29	M		-0.1	-0.02	-0.16	-0.06
S007	32	M	PRK 1999	0.04	-0.04	0	0
S008	26	F		0.08	0	0.1	-0.04
S009	25	M		-0.08	0.06	-0.04	0.06
S010	24	F		-0.16	-0.14	-0.18	-0.18
S011	30	M		-0.16	0	-0.08	-0.04
S012	42	M		-0.16	-0.16	-0.2	-0.14
S013	24	F		-0.08	0.06	0.04	0.04
S014	24	F		-0.18	-0.14	-0.16	-0.14
S015	25	M		-0.22	-0.24	-0.16	-0.14
S016	25	F		-0.2	-0.28	-0.14	-0.16
S017	26	F		-0.2	-0.2	-0.18	-0.2
S018	37	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.1	-0.24	-0.12	-0.2
S019	34	F	ΓΥΑΛΙΑ	-0.06	-0.08	0.02	-0.04
S020	32	M	ΓΥΑΛΙΑ	-0.12	-0.16	-0.2	-0.18
S021	31	F		-0.14	-0.12	-0.12	-0.08
S022	23	M		-0.18	-0.28	-0.2	-0.18
S023	33	F		-0.06	-0.16	-0.06	-0.2
S024	27	M		-0.18	-0.24	-0.18	-0.24
S025	26	F		-0.16	-0.2	-0.18	-0.18

Πίνακας 11: Περιλαμβάνει την ηλικία, το φύλο, το μέσω διόρθωσης (αν υπήρχε) του διαθλαστικού σφάλματος και τις τιμές της οπτικής οξύτητας για κάθε οφθαλμό με χρήση του πρότυπου και του ETDRS πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης των συμμετεχόντων της δεύτερης ομάδας (φοιτητές Ινστιτούτου Οπτικής και Όρασης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με βάση τις σχέσεις (1),(2) και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 11 κατασκευάζουμε τον ακόλουθο πίνακα 12, ο οποίος περιλαμβάνει τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση και τη διάμεσο των μεγεθών που εξετάζουμε (ηλικία και οπτική οξύτητα).

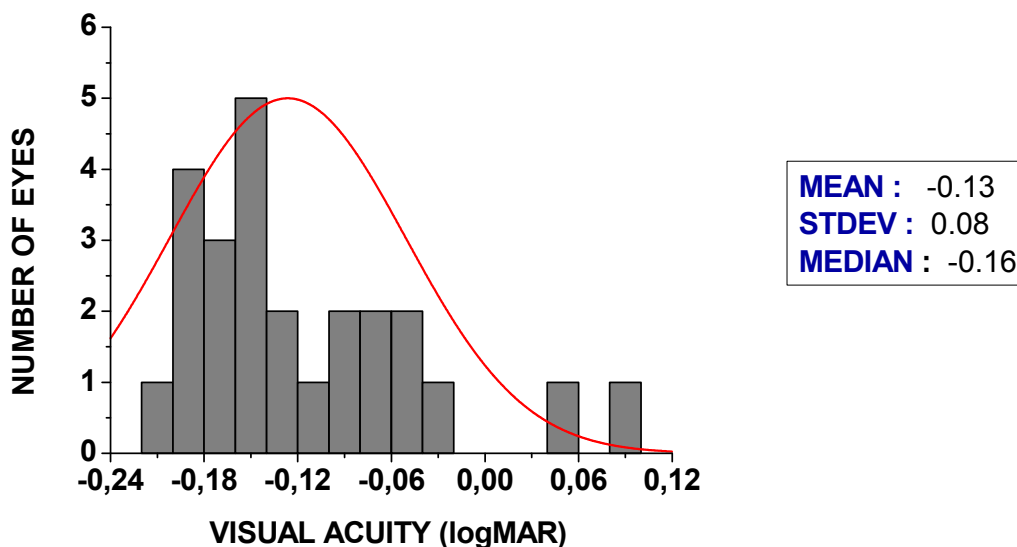
	ΗΛΙΚΙΑ	Ο.Ο (Δ.Ο)	Ο.Ο (Α.Ο)	Ο.Ο (R.E)	Ο.Ο (L.E)
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	28.40	-0.13	-0.13	-0.11	-0.12
ΤΥΠ.ΑΠΟΚΛΙΣΗ	4.72	0.08	0.11	0.09	0.08
ΔΙΑΜΕΣΟΣ	26	-0.16	-0.14	-0.14	-0.14

Πίνακας 12: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και διάμεσος των διαφόρων μεγεθών (οπτική οξύτητα, ηλικία) των εξεταζόμενων της δεύτερης ομάδας.

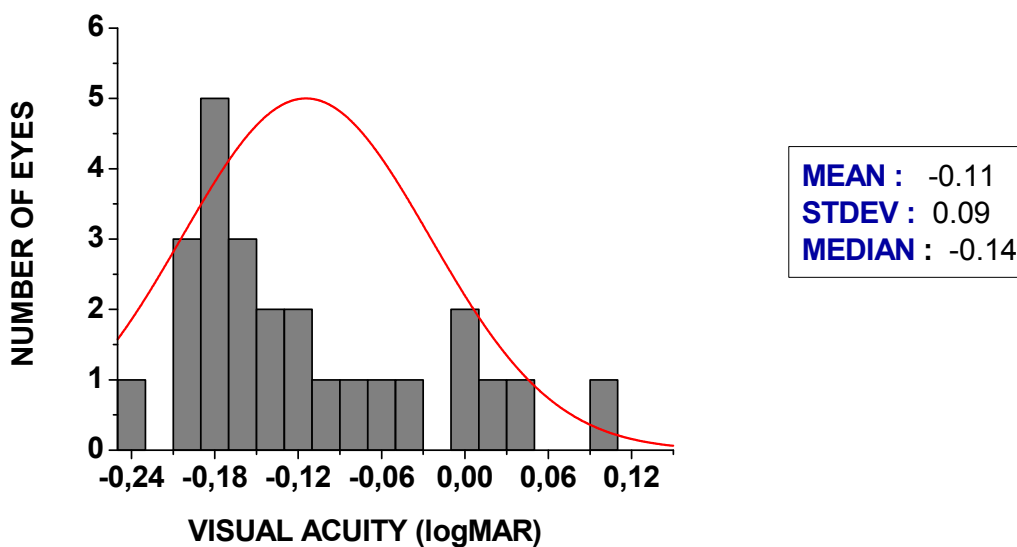
Επομένως για τους συμμετέχοντες της δεύτερης ομάδας, συνοψίζοντας έχουμε:

<i>Ηλικία</i> : 28.40 ± 4.72
<i>Οπτική οξύτητα ΔΟ</i> : -0.13 ± 0.08
<i>Οπτική οξύτητα RE</i> : -0.11 ± 0.09
<i>Οπτική οξύτητα ΑΟ</i> : -0.13 ± 0.11
<i>Οπτική οξύτητα LE</i> : -0.12 ± 0.08

Στα σχήματα 31 και 32 παριστάνονται γραφικά τα ιστογράμματα συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού οφθαλμού των εξεταζόμενων με χρήση τόσο του ειδικά διαμορφωμένου όσο και του πρότυπου ETDRS πίνακα (chart 1) αντίστοιχα. Διαπιστώνεται ότι η διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα είναι περίπου 0.02 logMAR μονάδες, με καλύτερη μέση οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι η διαφορά συνίσταται σε 1 περίπου γράμμα διαφορά. Επιπλέον και η διαφορά στη διάμεσο εμφανίζεται να είναι με ένα γράμμα διαφορά.



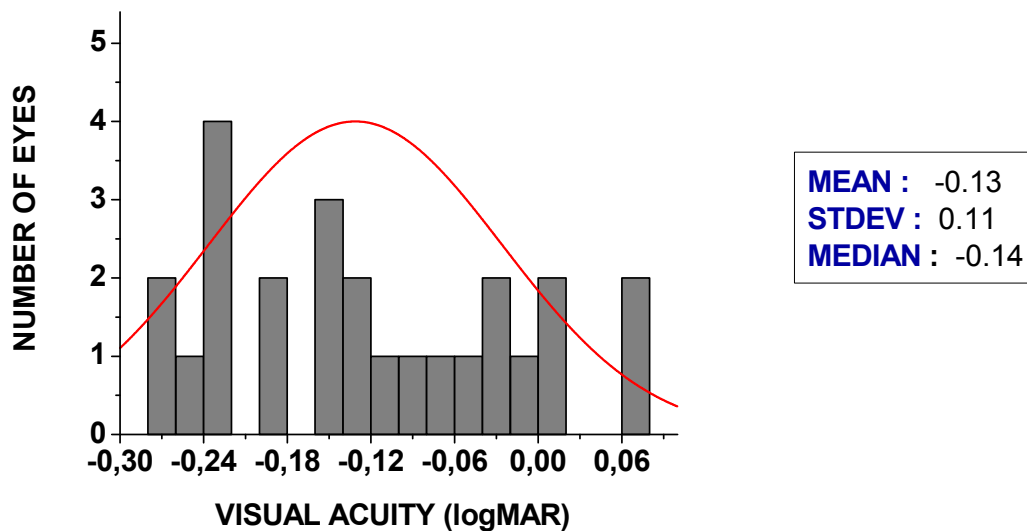
Σχήμα 31: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του τροποποιημένου ETDRS πίνακα (chart1)(δεύτερης ομάδας).



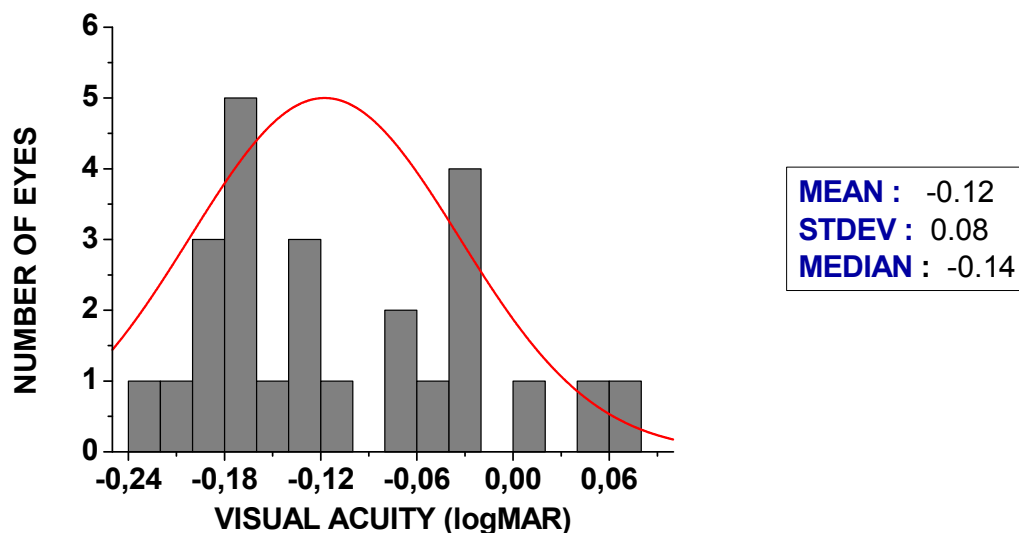
Σχήμα 32: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του τροποποιημένου ETDRS πίνακα (chart1) (δεύτερης ομάδας).

Πραγματοποιώντας την ίδια διαδικασία, παριστάνουμε γραφικά τα ιστογράμματα συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού οφθαλμού των εξεταζόμενων με χρήση του ειδικά διαμορφωμένου όσο και του πρότυπου ETDRS πίνακα, σχήματα 33 και 34 αντίστοιχα. Η διαφορά στην μέση οπτική οξύτητα είναι 0.01 logMAR μονάδες, δηλαδή διαφορά περίπου 0.5 γράμμα, με καλύτερη μέση

οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης. Επιπλέον δεν παρατηρείται καμία διαφορά ως προς την διάμεσο μεταξύ των δυο πινάκων.



Σχήμα 33: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του τροποποιημένου ETDRS πίνακα (chart2)(δεύτερης ομάδας).



Σχήμα 34: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του αριστερού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του τροποποιημένου ETDRS πίνακα (chart2)(δεύτερης ομάδας).

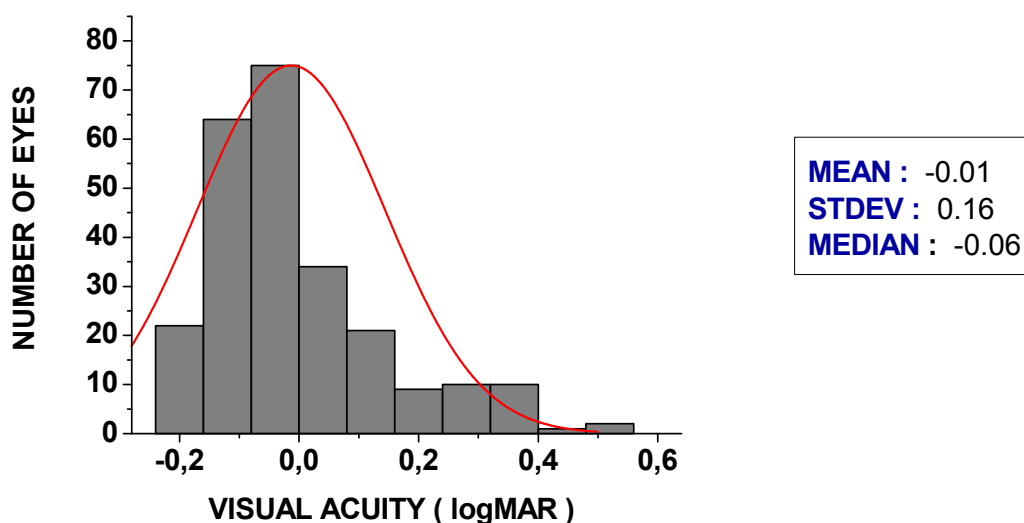
3.1.3 Συνολικά αποτελέσματα αξιολόγηση οπτικής οξύτητας

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα και από τις δύο ομάδες των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε η οπτική οξύτητα σε ένα εύρος ηλικίας 13-42 ετών. Ο πίνακας 13 περιλαμβάνει τους μέσους όρους, τις τυπικές αποκλίσεις και τις διαμέσους της ηλικίας και της οπτικής οξύτητας για κάθε οφθαλμό ξεχωριστά.

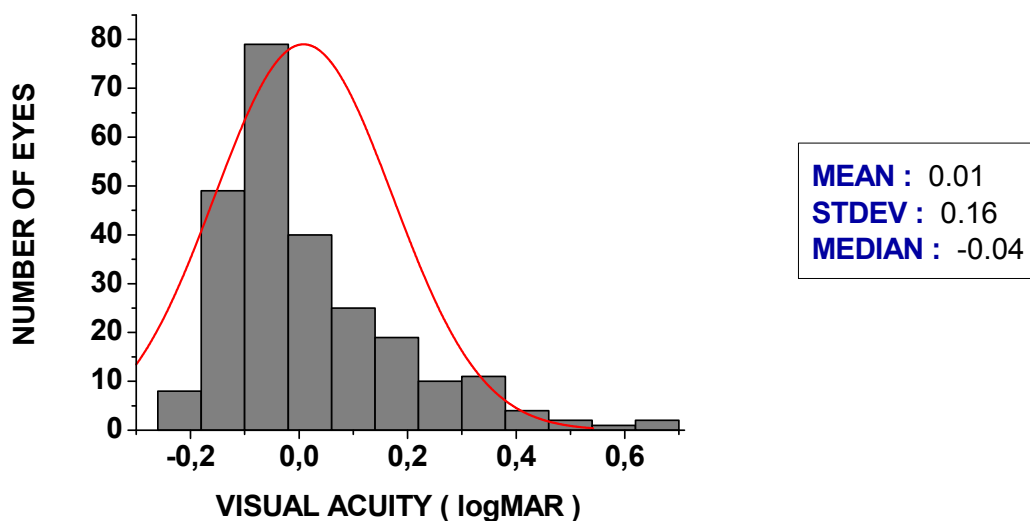
	ΗΛΙΚΙΑ	Ο.Ο (Δ.Ο)	Ο.Ο (Α.Ο)	Ο.Ο (R.E)	Ο.Ο (L.E)
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	15.55	-0.01	-0.02	0.01	0.01
ΤΥΠ.ΑΠΟΚΛΙΣΗ	4.60	0.16	0.15	0.16	0.15
ΔΙΑΜΕΣΟΣ	14	-0.06	-0.04	-0.04	-0.02

Πίνακας 13: Μέση τιμή, τυπική απόκλιση και διάμεσος των διαφόρων μεγεθών (οπτική οξύτητα, σε LogMAR, ηλικία σε έτη) για όλους τους εξεταζόμενους.

Ενδεικτικά παραθέτουμε τα ιστογράμματα συχνότητας για την εξέταση του δεξιού οφθαλμού των εξεταζόμενων με χρήση και των δυο διαφορετικών πινάκων (πρότυπου και ειδικά διαμορφωμένου), σχήματα 35 και 36 αντίστοιχα. Η διαφορά στην μέση οπτική οξύτητα είναι 0.01 logMAR μονάδες, δηλαδή διαφορά περίπου 0.5 γράμμα, με καλύτερη μέση οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους ειδικά διαμορφωμένους πίνακες. Επιπλέον παρατηρείται διαφορά ως προς την διάμεσο μεταξύ των δυο πινάκων 0.02 logMAR μονάδες που ισοδυναμεί με διαφορά ενός γράμματος.

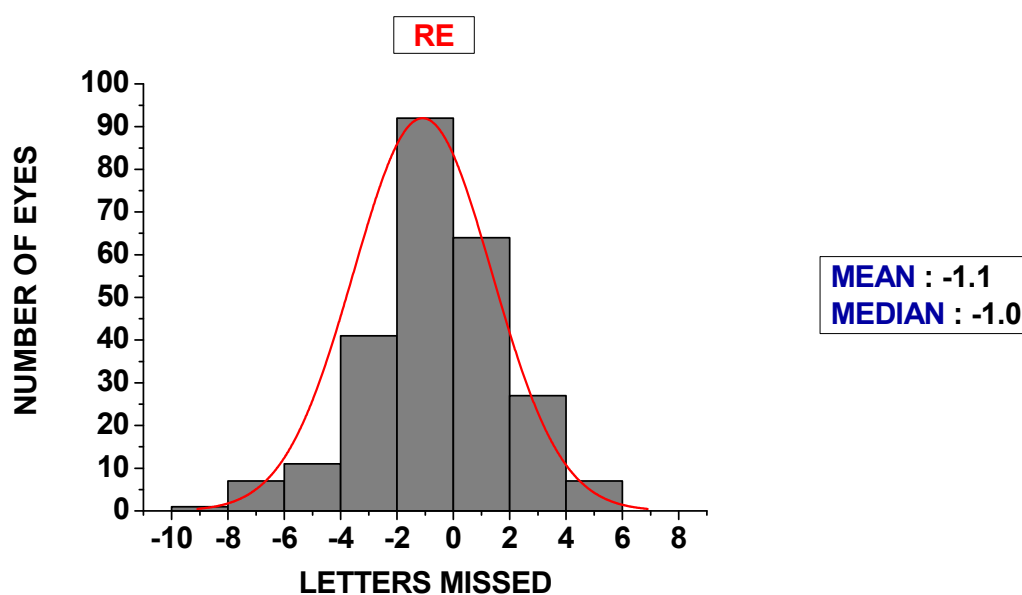


Σχήμα 35: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα (όλοι).



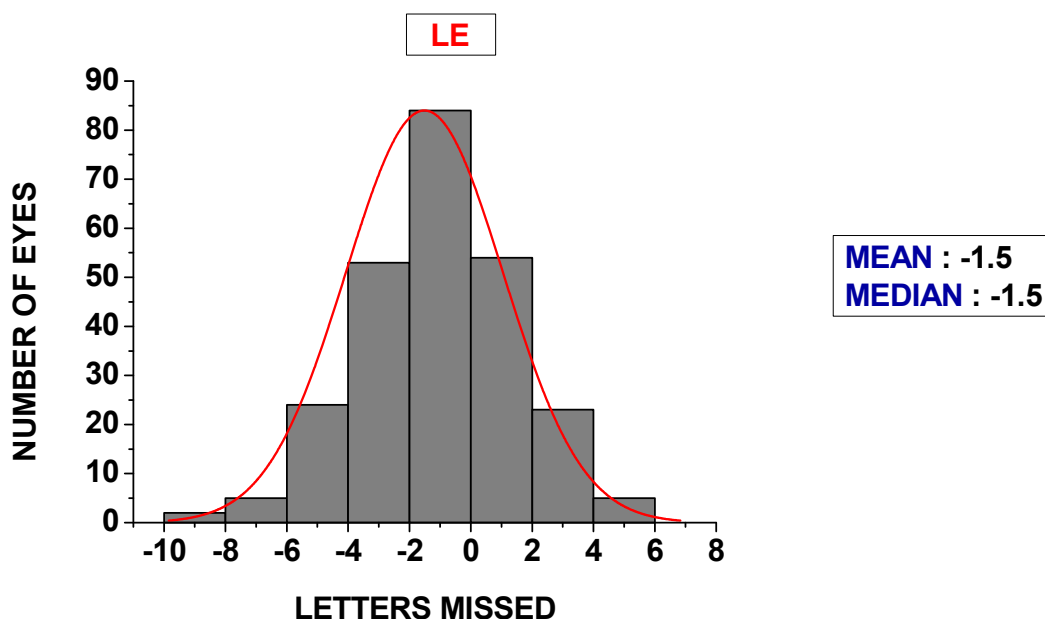
Σχήμα 36: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της οπτικής οξύτητας του δεξιού ματιού των εξεταζόμενων με χρήση του πρότυπου ETDRS πίνακα (όλοι).

Για την πιο έγκυρη αξιολόγηση της τελευταίας μέσω των δυο διαφορετικών ομάδων των πινάκων πραγματοποιήθηκαν τα ιστογράμματα συχνότητας των διαφορών στις τιμές της οπτικής οξύτητας (ή αλλιώς τα γράμματα που δεν διαβάστηκαν σωστά) για τους δυο πίνακες και για κάθε οφθαλμό ξεχωριστά. Χρησιμοποιήθηκαν τα charts 1 για την πραγματοποίηση της εξέτασης του δεξιού οφθαλμού και τα charts 2 για του αριστερού.



Σχήμα 37: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της διαφοράς οπτικής οξύτητας (γράμματα

που χάθηκαν) μεταξύ του πρότυπου και του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα, για το δεξιό οφθαλμό.



Σχήμα 38: Γράφημα ιστογράμματος συχνότητας της διαφοράς οπτικής οξύτητας (γράμματα που χάθηκαν) μεταξύ του πρότυπου και του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα, για τον αριστερό οφθαλμό.

Από τα παραπάνω γραφήματα συμπεραίνουμε ότι η μέση διαφορά της οπτικής οξύτητας ή αλλιώς η διαφορά στον αριθμό των γραμμάτων που χάθηκαν μεταξύ των πρότυπων και των ETDRS πινάκων του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι 1.1 γράμμα για το δεξιό οφθαλμό και 1.5 γράμμα για τον αριστερό οφθαλμό που ισοδυναμεί με διαφορά 0.022 και 0.03 σε logMAR κλίμακα, αντίστοιχα. Είναι εμφανές από τη σύγκριση και της διαμέσου ότι οι εξεταζόμενοι πραγματοποίησαν λιγότερα λάθη με τους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε λάθος αναγνώριση γράμματος, σημειωνόταν σε μια ειδικά σχεδιασμένη φόρμα δεδομένων. Υπολογίζοντας τις φορές που διαβάστηκε λάθος το εκάστοτε γράμμα για όλους τους εξεταζόμενους κατασκευάζουμε τον ακόλουθο πίνακα 14. Η πρώτη και η τρίτη στήλη περιλαμβάνει τα γράμματα που χρησιμοποιούνται τόσο στους πρότυπους όσο και στους ειδικά διαμορφωμένους ETDRS πίνακες αντίστοιχα, ενώ η δεύτερη και η τέταρτη στήλη δείχνει τις φορές που το κάθε γράμμα δεν αναγνωρίστηκε σωστά. Στην τελευταία στήλη υπολογίζεται η διαφορά των λαθών μεταξύ των δυο διαφορετικών ομάδων πινάκων. Η αρνητική τιμή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

υποδηλώνει ότι τα γράμματα του τροποποιημένου πίνακα ήταν πιο εύκολα αναγνωρίσιμα από αυτά του πρότυπου, ενώ η θετική τιμή το αντίστροφο.

ETDRS	ERRORS	MODIFIED ETDRS	ERRORS	DIFFERENCE
C	257	E	176	-81
S	220	T	53	-167
D	197	P	80	-117
R	160	B	162	2
V	153	Y	242	89
H	131	H	173	42
K	114	K	135	21
O	87	O	63	-24
N	74	X	115	41
Z	65	A	155	90

Πίνακας 14: Πίνακας που δείχνει πόσες φορές δεν αναγνωρίστηκε σωστά το κάθε γράμμα που χρησιμοποιείται στους πίνακες. Η πρώτη και η τρίτη στήλη περιλαμβάνει τα γράμματα που χρησιμοποιούνται στον πρότυπο και ειδικά διαμορφωμένο ETDRS πίνακα αντίστοιχα ενώ η δεύτερη και η τέταρτη στήλη δείχνει τις φορές που το εκάστοτε γράμμα διαβάστηκε λάθος αντίστοιχα.

Υπολογίζοντας το συνολικό αριθμό των λαθών όλων των γραμμάτων για κάθε πίνακα χωριστά καταλήγουμε ότι κατά μέσο όρο σημειώθηκαν 146 και 135 λάθη με τον πρότυπο και με τον πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης, αντίστοιχα. Επομένως, η εκατοστιαία διαφορά των λαθών μεταξύ των δυο πινάκων είναι 7 %.

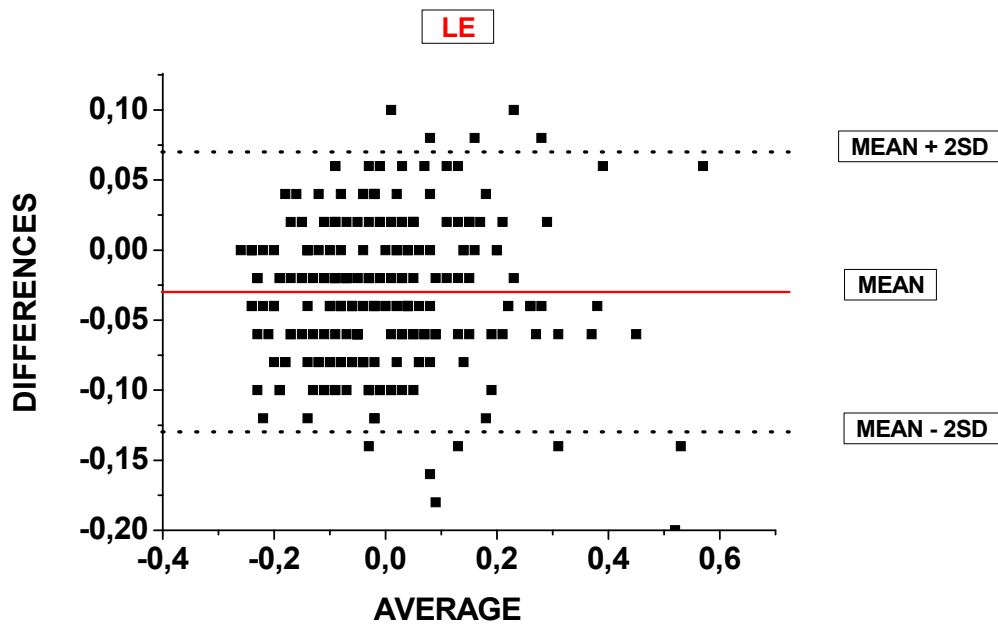
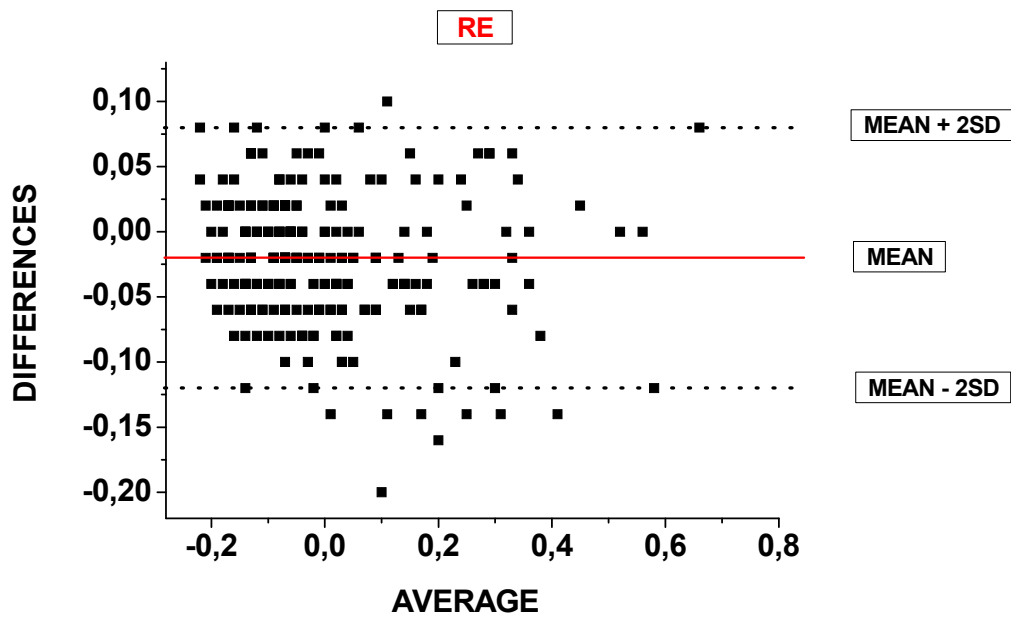
Τρία γράμματα με καμπύλες (C, S, D) που εμφανίζονται στον πρότυπο πίνακα κρίθηκαν πιο δύσκολα σε σχέση με τα αντίστοιχα με τα οποία αντικαταστάθηκαν (E, T, P). Τέσσερα γράμματα (V, R, N, Z) του πρότυπου πίνακα βρέθηκαν ότι είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα σε σχέση με αυτά (Y, B, X, A) του τροποποιημένου που αντικαταστάθηκαν αντίστοιχα. Για τα τρία κοινά γράμματα (H, K, O) παρατηρήθηκε ότι ήταν πιο δύσκολα να αναγνωριστούν με τη χρήση των πινάκων του Πανεπιστημίου Κρήτης, με εξαίρεση να αποτελεί το γράμμα O. Αυτή η διαφορά μεταξύ των όμοιων γραμμάτων μπορεί να φανερώνει τη διακύμανση των μετρήσεων. Είναι εμφανές επομένως ότι τα γράμματα του πίνακα που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης είναι ελαφρώς πιο εύκολο να αναγνωριστούν.

Για την καλύτερη στατιστική επαλήθευση και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μας, πραγματοποιήθηκε η στατιστική Bland-Altman. Σύμφωνα με την συγκεκριμένη στατιστική ανάλυση γίνεται σύγκριση δυο μεθόδων με απώτερο σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την «ομοιότητα» της πρότυπης με τη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

διαμορφωμένη μέθοδο. Στην συγκεκριμένη μελέτη, αυτή η ανάλυση μας βοηθάει στο να εξακριβώσουμε αν παρουσιάζονται διαφορές ώστε να επιτευχθεί παράλληλη χρήση του ειδικά διαμορφωμένου ETDRS πίνακα που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Κρήτης με τον πρότυπο.

Σύμφωνα με τη στατιστική Bland-Altman σχεδιάζεται το γράφημα της διαφοράς της οπτικής οξύτητας μεταξύ των δυο διαφορετικών πινάκων συναρτήσει της μέσης οπτικής οξύτητας για τον κάθε οφθαλμό ξεχωριστά (σχήμα 39).



Σχήμα 39: Διαγράμματα στατιστικής ανάλυσης Bland-Altman για τον δεξιό (επάνω) και τον αριστερό (κάτω) οφθαλμό. Για τον δεξιό οφθαλμό, το 96.4% των τιμών βρίσκεται μεταξύ του $\pm 2SD$ και το 95.2% για τον αριστερό. Η solid γραμμή παριστάνει τον μέσο όρο ενώ οι διακεκομμένες γραμμές την απόκλιση του μέσου όρου κατά 2 τυπικές αποκλίσεις (όρια εμπιστοσύνης).

Βρέθηκε ότι για το δεξιό οφθαλμό το 96.4% των τιμών είναι μεταξύ των δυο τυπικών αποκλίσεων ($\pm 2SD$) (ορίων εμπιστοσύνης) ενώ για τον αριστερό οφθαλμό το 95.2% των τιμών. Εφόσον πάνω από το 95% των τιμών για τον αριστερό και για το δεξιό οφθαλμό είναι μεταξύ αυτών των ορίων, αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορούμε να κάνουμε παράλληλη χρήση των υπαρχόντων πινάκων με αυτούς που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης.

3.2 Χρήση υπολογιστικού προγράμματος για έλεγχο δυσκολίας αναγνωρισιμότητας των γραμμάτων

Η οφθαλμική εξέταση των συμμετεχόντων σε αυτό το μέρος του πειράματος περιλάμβανε αρχικά την μέτρηση της οπτικής τους οξύτητας μέσω των πινάκων. Σκοπός της αξιολόγησης της οπτικής οξύτητας ήταν η επιλογή των logMAR βημάτων και του εύρους των μεγεθών που θα χρησιμοποιηθούν για τις ψυχομετρικές συναρτήσεις. Ο κάτωθι πίνακας 15 περιλαμβάνει όλους τους εξεταζόμενους που χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο μέρος του πειράματος. Για κάθε έναν, καταγράφεται η ηλικία του, το φύλο του, ο κυρίαρχος οφθαλμός καθώς και η οπτική οξύτητα (σε κλίμακα logMAR).

ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝ	ΦΥΛΟ	ΔΙΟΡΘΩΣΗ (ΓΥΑΛΙΑ)	ΗΛΙΚΙΑ	ΚΥΡΙΑΡΧΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ	ΟΠΤΙΚΗ ΟΞΥΤΗΤΑ (logMAR)
SP	M	ΝΑΙ	36	LE	-0.24
TG	F	ΟΧΙ	26	RE	-0.18
GS	M	ΝΑΙ	25	RE	-0.18
TP	M	ΟΧΙ	27	RE	-0.22
VT	F	ΝΑΙ	25	RE	-0.16

Πίνακας 15: Περιλαμβάνει στοιχεία του κάθε εξεταζόμενου, όπως το φύλο, την ηλικία, τον κυρίαρχο οφθαλμό και την οπτική οξύτητα μετρημένη σε logMAR κλίμακα.

3.2.1 Κατώφλι ψυχομετρικής καμπύλης

Προκειμένου να αξιολογηθεί η δυσκολία αναγνωρισιμότητας των 17 γραμμμάτων που χρησιμοποιούνται και στις δυο ομάδες πινάκων καθώς και του γράμματος M (ένα ακόμη κοινό γράμμα όλων των Ευρωπαϊκών χωρών) έγινε χρήση ενός υπολογιστικού προγράμματος που πρόβαλλε τα γράμματα αυτά σε τυχαίο logMAR μέγεθος και σε τυχαία σειρά. Για κάθε εξεταζόμενο υπολογίσαμε το ποσοστό σωστών αποκρίσεων συναρτήσει του logMAR μεγέθους για κάθε γράμμα ξεχωριστά.

Οι ψυχομετρικές συναρτήσεις για την αναγνώριση των ποικίλων Sloan γραμμμάτων παρουσιάζονται ξεχωριστά για τον κάθε εξεταζόμενο και επιπλέον υπολογίστηκε για κάθε γράμμα το κατώφλι καθώς και η κλίση της ψυχομετρικής καμπύλης μέσω της Weibull συνάρτησης. Τα γραφήματα όλων των εξεταζόμενων παρατίθενται στο παράρτημα.

Συγκρίνοντας τις τιμές του κατωφλίου κάθε γράμματος για όλους τους εξεταζόμενους παρατηρούμε ότι και για τους πέντε συμμετέχοντες τα γράμματα B, S παρουσίασαν τις υψηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου γεγονός που φανερώνει ότι τα γράμματα κυρίως με καμπύλα χαρακτηριστικά ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν κοντά στο κατώφλι. Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι τα γράμματα A, P παρουσίασαν τις χαμηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου για όλους τους συμμετέχοντες. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα γράμματα αυτά τείνουν να είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα.

SP	Threshold	TG	Threshold	GS	Threshold	TP	Threshold	VT	Threshold
B	-0,13	B	0,01	K	-0,03	S	-0,10	B	-0,08
S	-0,17	Y	-0,03	S	-0,05	K	-0,12	S	-0,10
K	-0,23	K	-0,15	B	-0,06	B	-0,12	O	-0,10
O	-0,24	S	-0,18	X	-0,06	X	-0,18	M	-0,10
H	-0,24	M	-0,19	R	-0,09	H	-0,18	R	-0,11
C	-0,24	R	-0,19	D	-0,10	Y	-0,19	T	-0,12
Y	-0,25	H	-0,21	E	-0,12	E	-0,19	D	-0,12
R	-0,25	X	-0,22	Y	-0,13	O	-0,19	Y	-0,13
X	-0,26	E	-0,23	Z	-0,16	M	-0,21	K	-0,13
T	-0,26	C	-0,23	N	-0,16	R	-0,21	X	-0,15
E	-0,27	N	-0,27	C	-0,17	V	-0,23	E	-0,15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

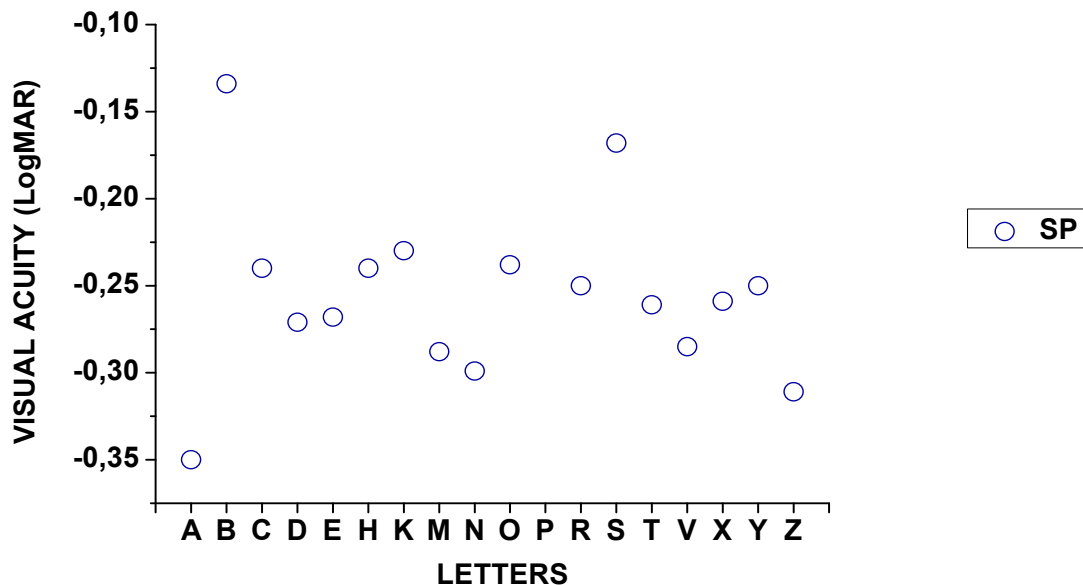
D	-0,27	D	-0,28	O	-0,18	Z	-0,25	H	-0,17
V	-0,29	Z	-0,29	H	-0,20	D	-0,25	Z	-0,18
M	-0,29	V	-0,32	T	-0,21	C	-0,26	N	-0,18
N	-0,30	T	-0,32	M	-0,22	T	-0,27	C	-0,18
Z	-0,31	O	-0,32	V	-0,23	P	-0,27	V	-0,21
A	-0,35	P	-0,33	P	-0,27	N	-0,27	P	-0,22
P	-0,61	A	-0,33	A	-0,28	A	-0,32	A	-0,26

Πίνακας 16: Περιλαμβάνει σε φθίνουσα σειρά τις τιμές κατωφλίου κάθε γράμματος για κάθε συμμετέχοντα. Τα γράμματα B, S παρουσίασαν τις υψηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου γεγονός που φανερώνει ότι τα γράμματα κυρίως με καμπύλα χαρακτηριστικά ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν κοντά στο κατώφλι. Τα γράμματα A, P παρουσίασαν τις χαμηλότερες log MAR τιμές κατωφλίου, γεγονός που υποδεικνύει ότι ήταν πιο εύκολα να αναγνωριστούν.

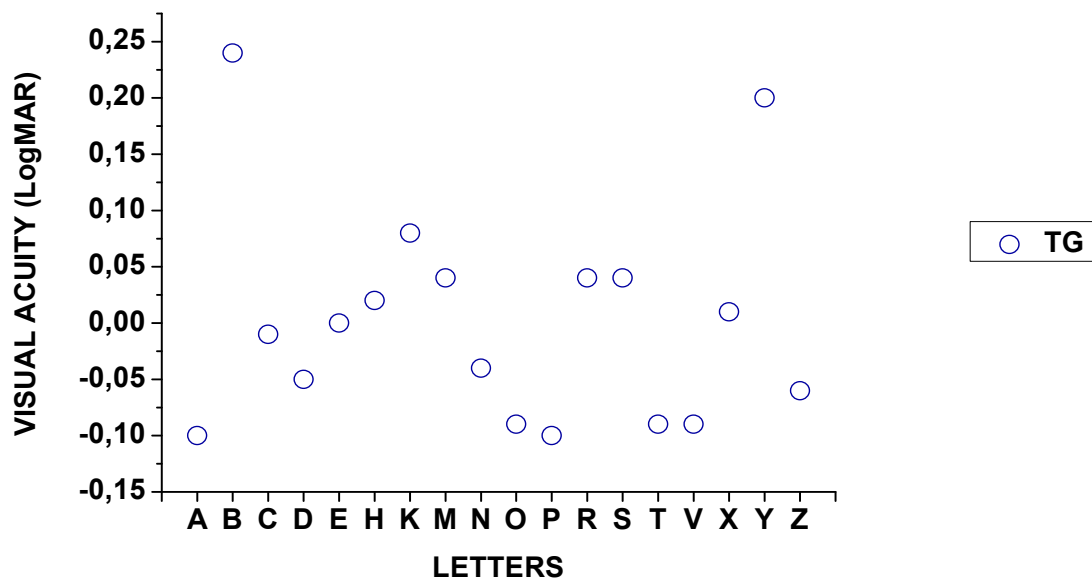
	SP	TG	GS	TP	VT
Mean	-0,28	-0,23	-0,15	-0,21	-0,15
St.Deviaion	0,10	0,10	0,08	0,06	0,05

Πίνακας 17: Περιλαμβάνει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του κατωφλίου όλων των γραμμάτων για τους πέντε συμμετέχοντες.

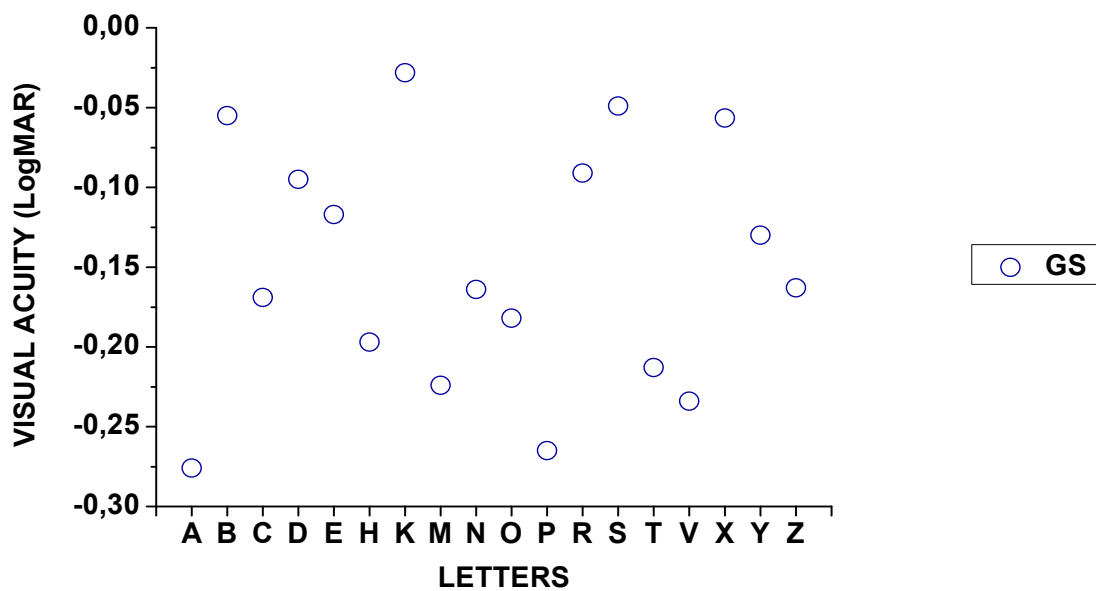
Στα σχήματα 40α, β, γ, δ και ε παριστάνουμε γραφικά την τιμή του κατωφλίου συναρτήσεως όλων των γραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε εξεταζόμενο χωριστά, ενώ στο σχήμα 41 παρουσιάζεται η τιμή κατωφλίου για όλους τους εξεταζόμενους.



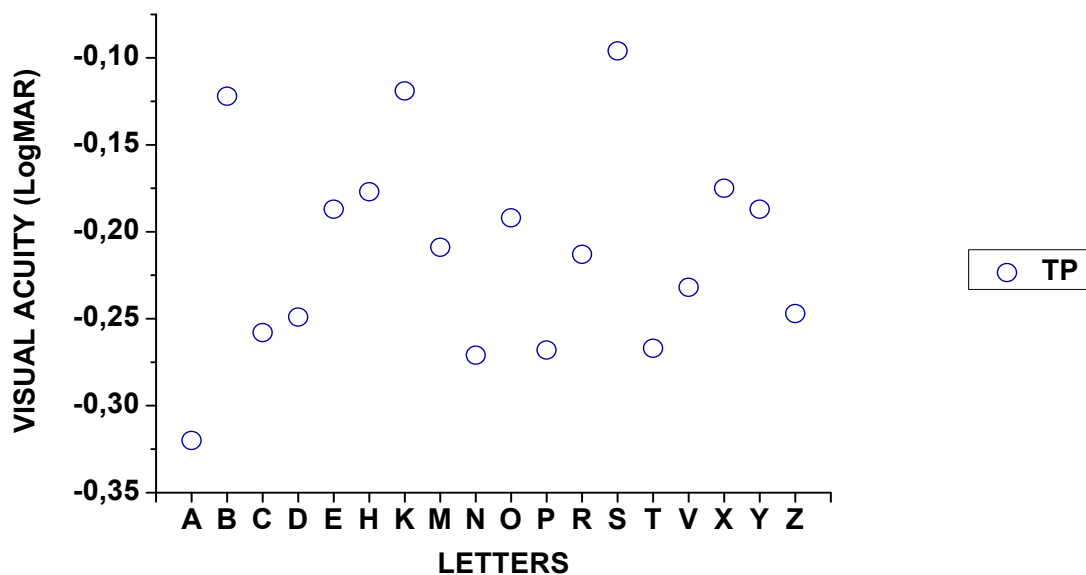
Σχήμα 40 α): Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για τον SP συμμετέχοντα.



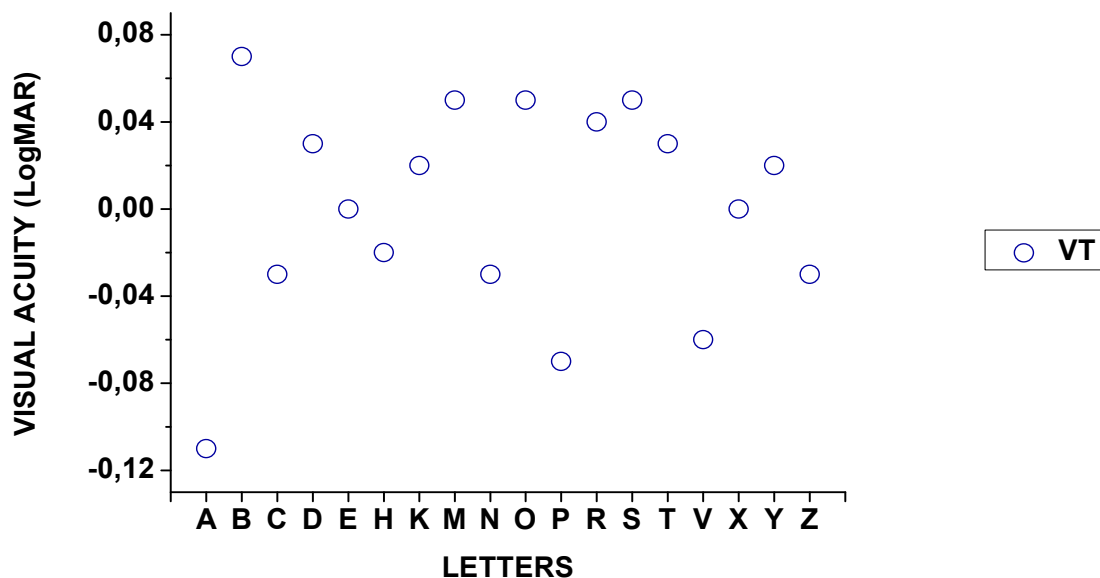
Σχήμα 40 β): Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για τον TG συμμετέχοντα.



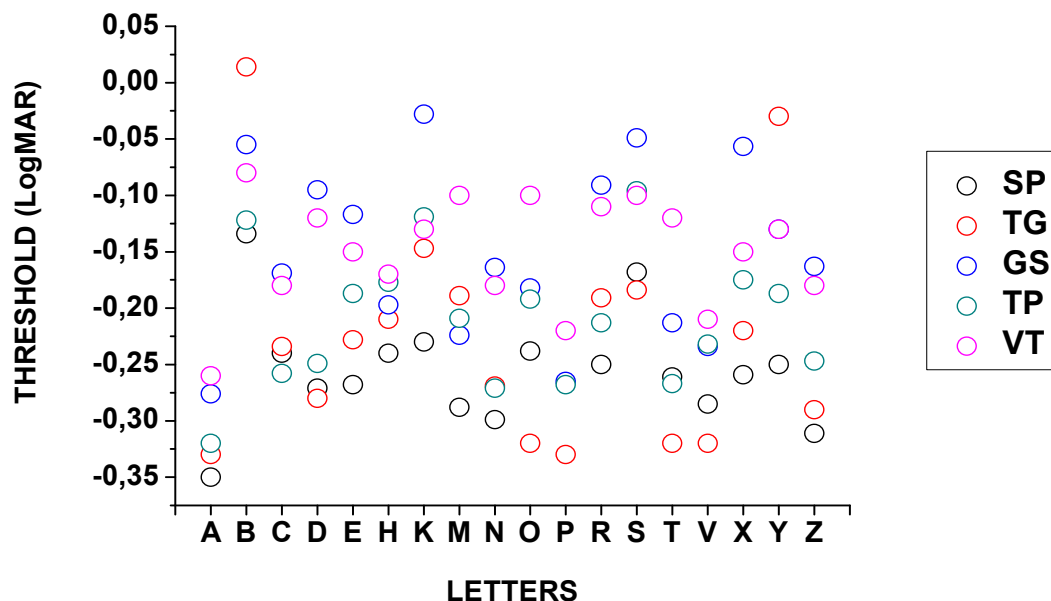
Σχήμα 40 γ): Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για τον GS συμμετέχοντα.



Σχήμα 40 δ): Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για τον TP συμμετέχοντα.



Σχήμα 40 ε): Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για τον VT συμμετέχοντα.



Σχήμα 41: Διάγραμμα τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για κάθε συμμετέχοντα χωριστά.

Κατόπιν κρίθηκε απαραίτητη η **κανονικοποίηση** των τιμών του κατωφλίου κάθε γράμματος, η οποία πραγματοποιήθηκε ως προς τη μέση τιμή των τιμών του κατωφλίου κάθε ενός συμμετέχοντος. Με βάση την κανονικοποίηση, η μέση τιμή λαμβάνεται ως μηδέν και οποιαδήποτε τιμή μεγαλύτερη του μηδενός σημαίνει ότι το συγκεκριμένο γράμμα ήταν πιο δύσκολο να αναγνωρισθεί. Επομένως κάθε 0.1 τιμή μεγαλύτερη του μηδενός ισοδυναμεί με δυσκολία του γράμματος κατά μια ολόκληρη γραμμή, αφού η βαρύτητα κάθε γράμματος είναι 0.02 logMAR μονάδες. Για παράδειγμα, το γράμμα S για τον SP εξεταζόμενο ήταν περίπου κατά μια γραμμή δυσκολότερο από το D. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 18.

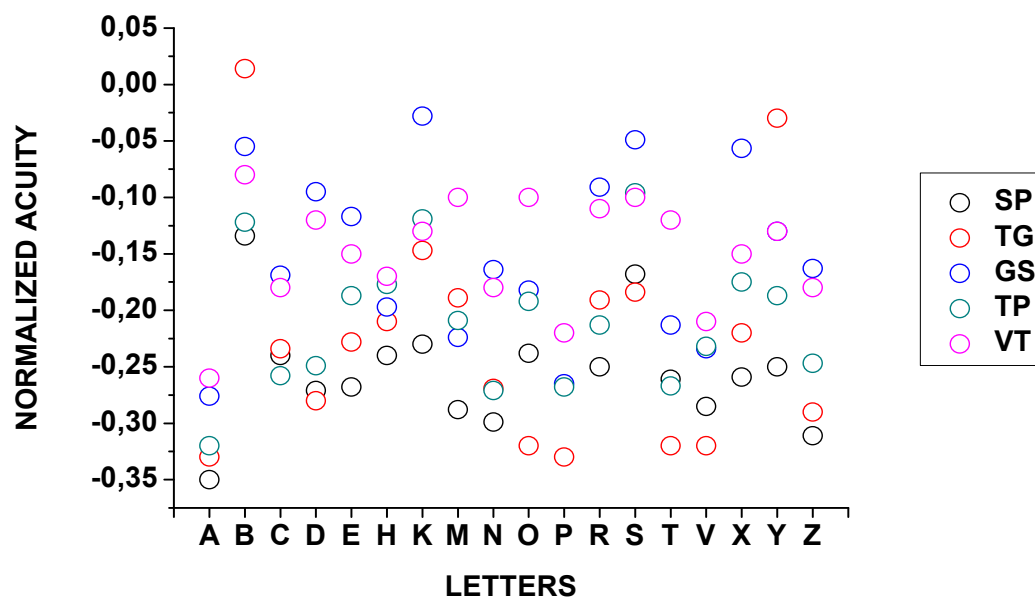
SP	Threshold	TG	Threshold	GS	Threshold	TP	Threshold	VT	Threshold
P	-0,34	A	-0,10	A	-0,13	A	-0,11	A	-0,11
A	-0,07	P	-0,10	P	-0,11	N	-0,06	P	-0,07
Z	-0,04	O	-0,09	V	-0,08	P	-0,06	V	-0,06
N	-0,02	T	-0,09	M	-0,07	T	-0,06	C	-0,03
M	-0,01	V	-0,09	T	-0,06	C	-0,05	N	-0,03
V	-0,01	Z	-0,06	H	-0,05	D	-0,04	Z	-0,03
D	0,00	D	-0,05	O	-0,03	Z	-0,04	H	-0,02

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

E	0,01	N	-0,04	C	-0,02	V	-0,02	E	0,00
T	0,01	C	-0,01	N	-0,01	R	0,00	X	0,00
X	0,02	E	0,00	Z	-0,01	M	0,00	K	0,02
R	0,03	X	0,01	Y	0,02	O	0,02	Y	0,02
Y	0,03	H	0,02	E	0,03	E	0,02	D	0,03
C	0,04	R	0,04	D	0,06	Y	0,02	T	0,03
H	0,04	M	0,04	R	0,06	H	0,03	R	0,04
O	0,04	S	0,04	X	0,09	X	0,04	M	0,05
K	0,05	K	0,08	B	0,10	B	0,09	O	0,05
S	0,11	Y	0,20	S	0,10	K	0,09	S	0,05
B	0,14	B	0,24	K	0,12	S	0,11	B	0,07

Πίνακας 18: Περιλαμβάνει σε αύξουσα σειρά τις τιμές κατωφλίου κάθε γράμματος για κάθε συμμετέχοντα. Τα γράμματα B, S, K παρουσίασαν τις υψηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου γεγονός που φανερώνει ότι τα γράμματα κυρίως με καμπύλα χαρακτηριστικά ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν κοντά στο κατώφλι. Τα γράμματα A, P παρουσίασαν τις χαμηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου, γεγονός που υποδεικνύει ότι ήταν πιο εύκολα να αναγνωριστούν.

Για όλους τους συμμετέχοντες παριστάνουμε γραφικά την κανονικοποιημένη τιμή του κατωφλίου κάθε γράμματος συναρτήσει όλων των γραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν (σχήμα 42).



Σχήμα 42: Διάγραμμα κανονικοποιημένων τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων για κάθε συμμετέχοντα χωριστά.

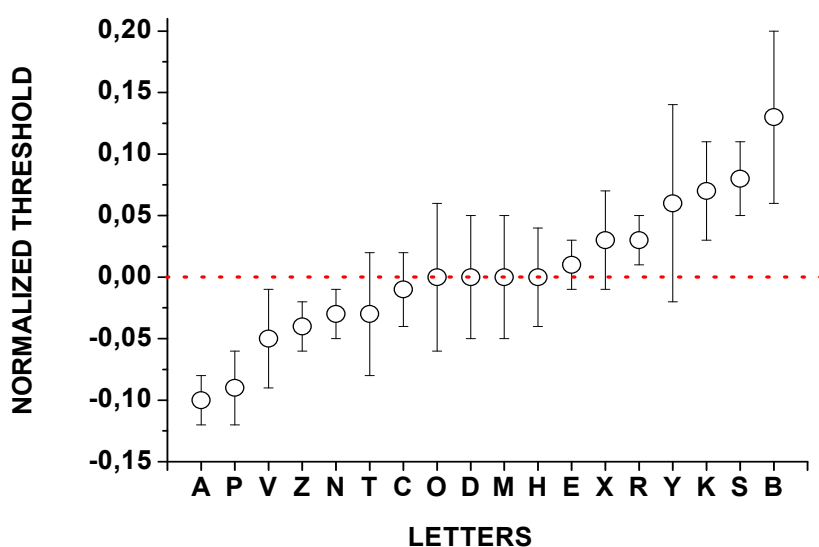
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 18, κατασκευάζουμε τον πίνακα που περιλαμβάνει την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των τιμών του κατωφλίου για κάθε ένα γράμμα.

	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
A	-0,10	0,02
B	0,13	0,07
C	-0,01	0,03
D	0,00	0,05
E	0,01	0,02
H	0,00	0,04
K	0,07	0,04
M	0,00	0,05
N	-0,03	0,02
O	0,00	0,06
P	-0,14	0,11
R	0,03	0,02
S	0,08	0,03
T	-0,03	0,05
V	-0,05	0,04
X	0,03	0,04
Y	0,06	0,08
Z	-0,04	0,02

Πίνακας 19: Περιλαμβάνει την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των κανονικοποιημένων τιμών των κατωφλίων.

Στο σχήμα 43 παρουσιάζεται το γράφημα των ταξινομημένων κανονικοποιημένων μέσων τιμών των κατωφλίων των γραμμάτων.



Σχήμα 43: Διάγραμμα ταξινομημένων κανονικοποιημένων μέσων τιμών των κατωφλίων όλων των γραμμάτων. Η αρνητική τιμή φανερώνει ότι το γράμμα ήταν πιο εύκολο να αναγνωρισθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μέση τιμή των κανονικοποιημένων τιμών κατωφλίου κυμαίνεται από -0.10 έως 0.13 logMAR μονάδες. Το γράμμα B παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή κατωφλίου ενώ τα γράμματα A και P τις χαμηλότερες. Αυτό υποδεικνύει ότι το B, ακολουθούμενο από τα K και S, ήταν τα πιο δύσκολα αναγνωρίσιμα γράμματα και για τους τέσσερις εξεταζόμενους ενώ τα P και A γράμματα αποτέλεσαν τα πιο εύκολα.

Κατόπιν, κατηγοριοποιούμε τα γράμματα που χρησιμοποιούνται και στους δυο ειδών πίνακες ως εξής: 1) γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά (A, E, H, K, M, N, T, V, X, Y, Z), 2) γράμματα με καμπύλα χαρακτηριστικά (C, O, S) και 3) γράμματα που περιέχουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών (B, D, P, R). Με ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 18, καταλήγουμε ότι τα γράμματα που περιέχουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών και τα γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά τείνουν να έχουν τις ίδιες μέσες τιμές κατωφλίου, ενώ τα γράμματα με καμπύλα γνωρίσματα παρουσιάζουν λίγο μικρότερη μέση τιμή κατωφλίου. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία έχει κατά μέσο όρο -0.21 ± 0.05 logMAR, η δεύτερη κατηγορία -0.18 ± 0.05 logMAR και η τρίτη κατηγορία -0.20 ± 0.11 logMAR. Αν και τα δεδομένα μας δεν είναι επαρκή έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ένα βέβαιο συμπέρασμα, φαίνεται ότι όλα τα γράμματα εμφανίζουν σχεδόν την ίδια δυσκολία αναγνώρισης, λαμβάνοντας υπόψη τη μέση τιμή κατωφλίου.

3.2.2 Κλίση ψυχομετρικής καμπύλης

Μέσω της Weibull συνάρτησης, υπολογίστηκε εκτός από το κατώφλι κάθε ενός γράμματος και η κλίση της ψυχομετρικής καμπύλης. Τα δεδομένα αυτά για κάθε έναν εξεταζόμενο παρουσιάζονται στον πίνακα 20.

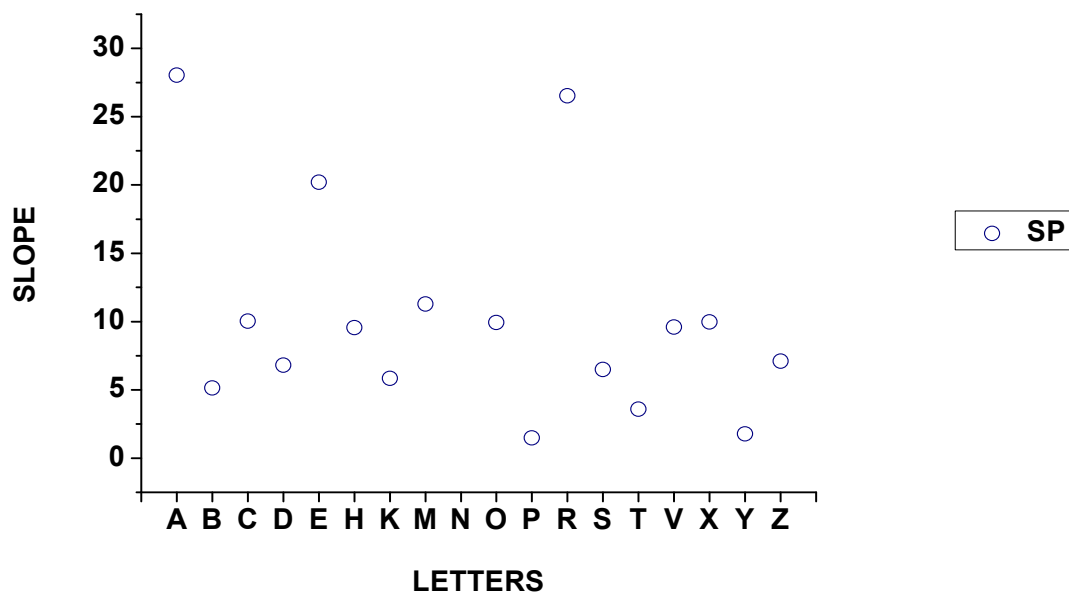
SP	Slope	TG	Slope	GS	Slope	TP	Slope	VT	Slope
P	1,48	Y	1,93	N	2,97	Y	2,22	A	1,65
Y	1,79	O	3,22	T	3,10	T	4,47	Z	2,06
T	3,59	B	4,02	K	3,39	V	4,54	V	2,10
B	5,15	H	5,03	V	3,56	S	4,88	K	2,14
K	5,85	V	5,21	X	4,51	A	5,17	M	2,18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

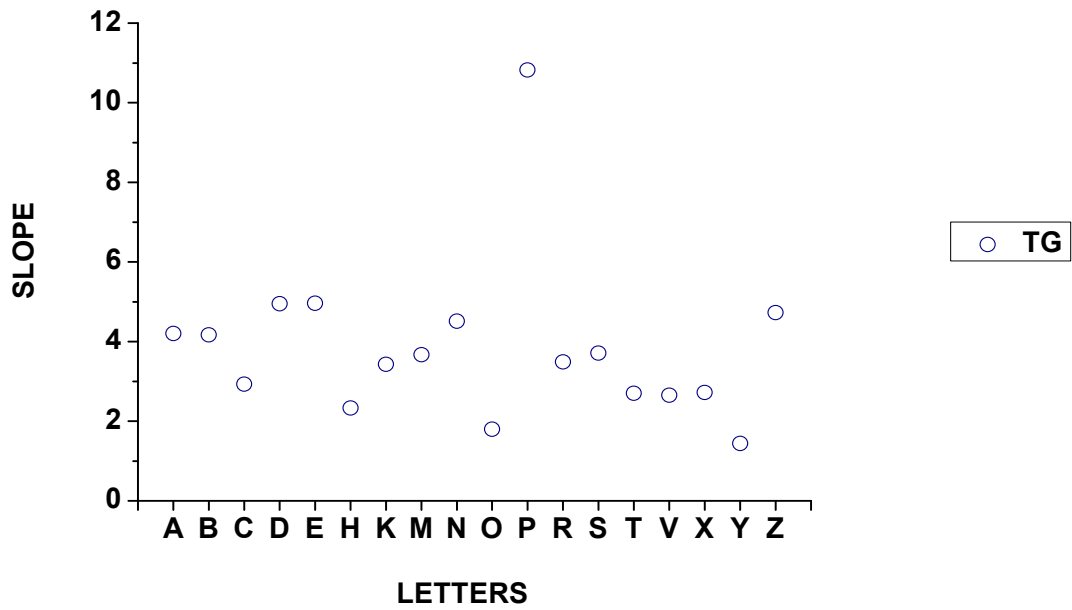
S	6,50	T	5,29	D	4,80	M	5,49	P	2,29
D	6,81	M	5,45	Y	4,99	P	7,53	T	2,29
Z	7,11	S	5,63	A	5,23	O	7,74	Y	2,56
H	9,56	X	5,67	M	5,31	H	8,29	S	2,76
V	9,60	K	6,56	E	5,35	Z	8,38	O	3,05
O	9,93	R	6,70	B	5,85	K	8,49	D	3,17
X	9,98	A	8,83	O	6,28	E	8,93	H	3,46
C	10,03	C	10,09	S	6,57	D	9,03	N	3,46
M	11,29	E	10,19	R	6,78	X	10,41	E	3,63
E	20,20	D	11,74	C	7,23	B	12,59	R	3,68
R	26,52	Z	13,15	H	7,32	R	14,82	B	3,69
A	28,05	N	15,75	Z	7,76	C	16,88	C	4,47
N	241,96	P	33,44	P	14,75	N	20,79	X	5,18

Πίνακας 20: Περιλαμβάνει σε αύξουσα σειρά τις τιμές της κλίσης όλων των γραμμάτων και για κάθε έναν εξεταζόμενο χωριστά.

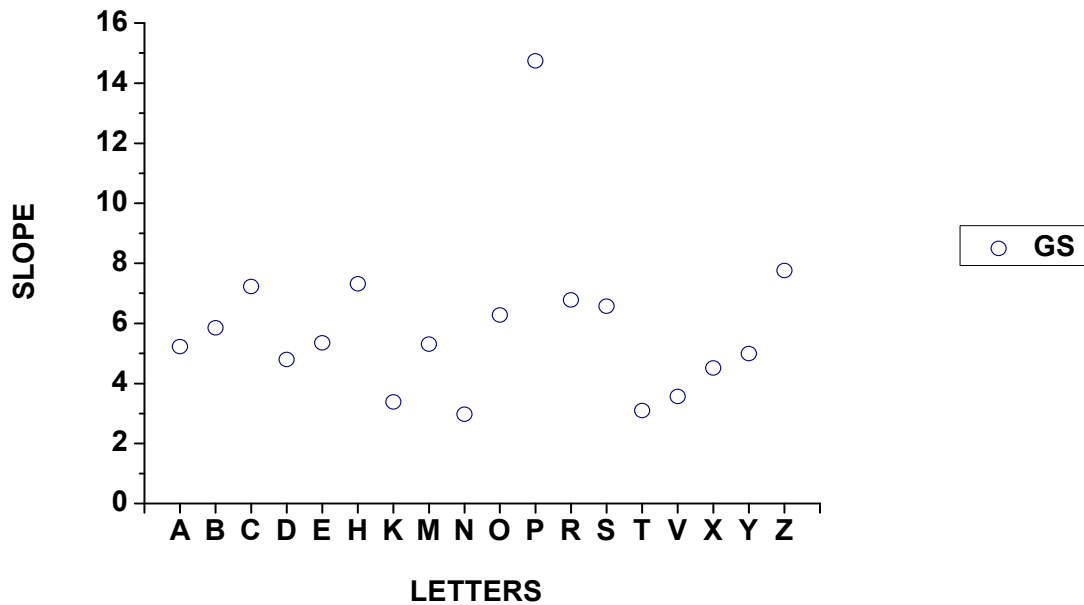
Στα σχήματα 44 και 45 παριστάνονται γραφικά οι κλίσεις των γραμμάτων που ελήφθησαν μέσω της Weibull συνάρτησης για κάθε εξεταζόμενο χωριστά καθώς και για τους πέντε μαζί, αντίστοιχα. Στο σχήμα 46 παριστάνονται οι ταξινομημένες μέσες τιμές κλίσεως για τους πέντε εξεταζόμενους. Να σημειωθεί ότι στην ανάλυση των δεδομένων δεν έχει συμπεριληφθεί η τιμή της κλίσεως του γράμματος N για τον SP εξεταζόμενο.



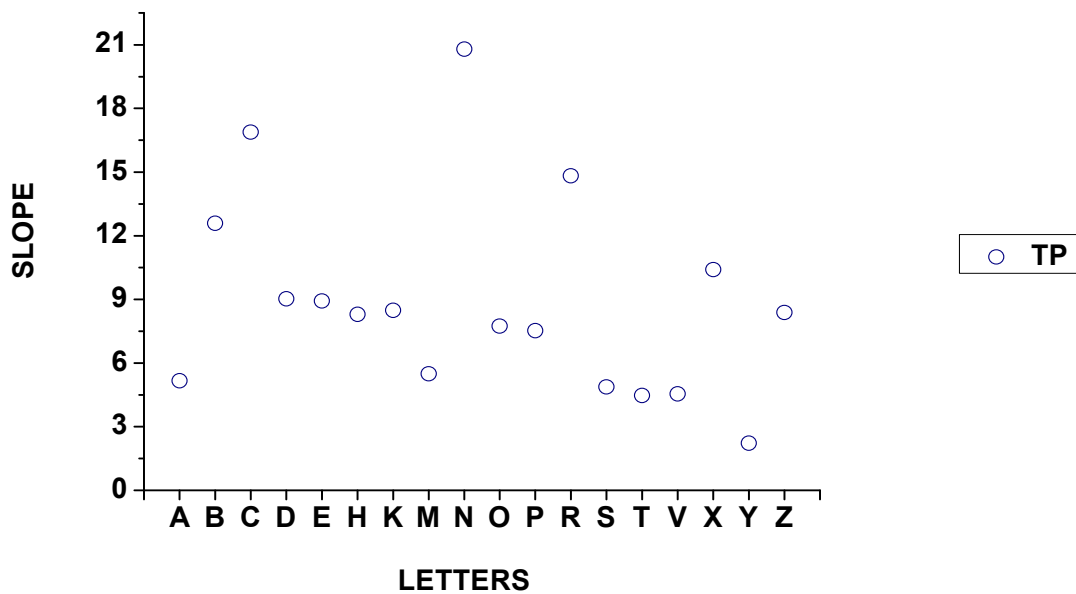
Σχήμα 44 α): Διάγραμμα τιμών των κλίσεων όλων των γραμμάτων για τον SP συμμετέχοντα.



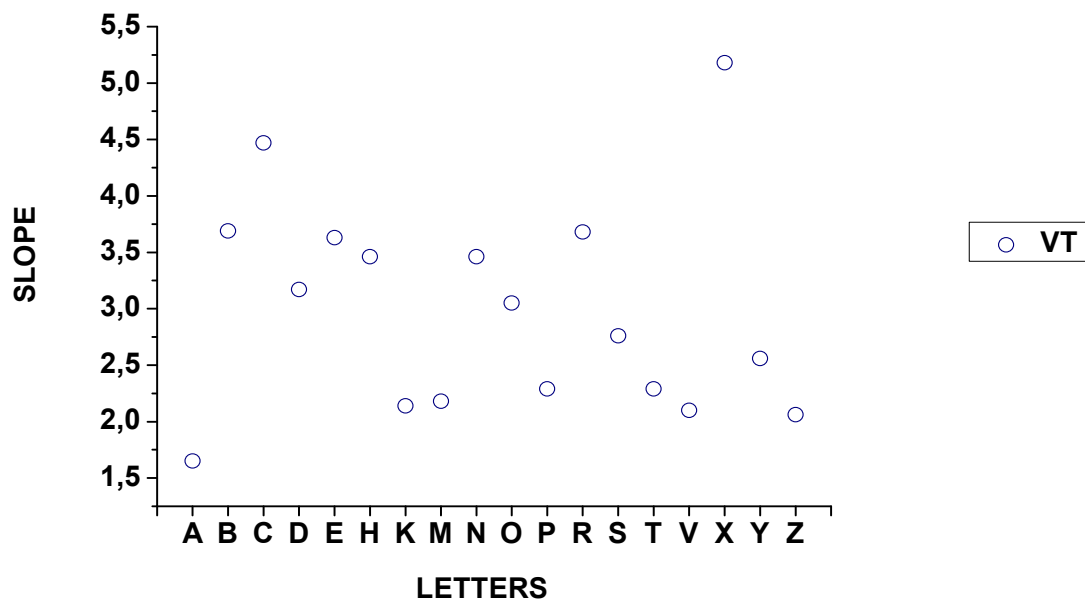
Σχήμα 44 β): Διάγραμμα τιμών των κλίσεων όλων των γραμμάτων για τον TG συμμετέχοντα.



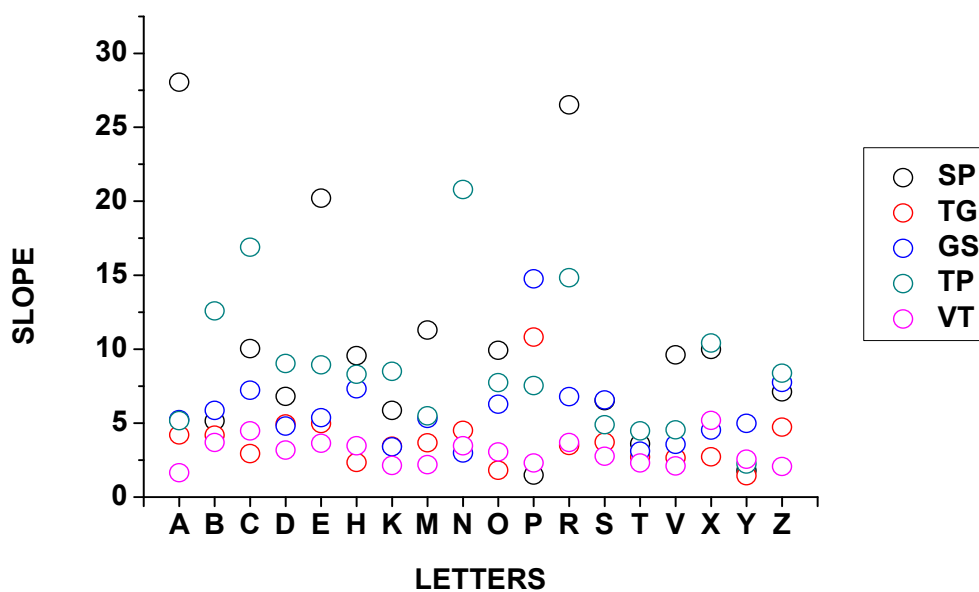
Σχήμα 44 γ): Διάγραμμα τιμών των κλίσεων όλων των γραμμάτων για τον GS συμμετέχοντα.



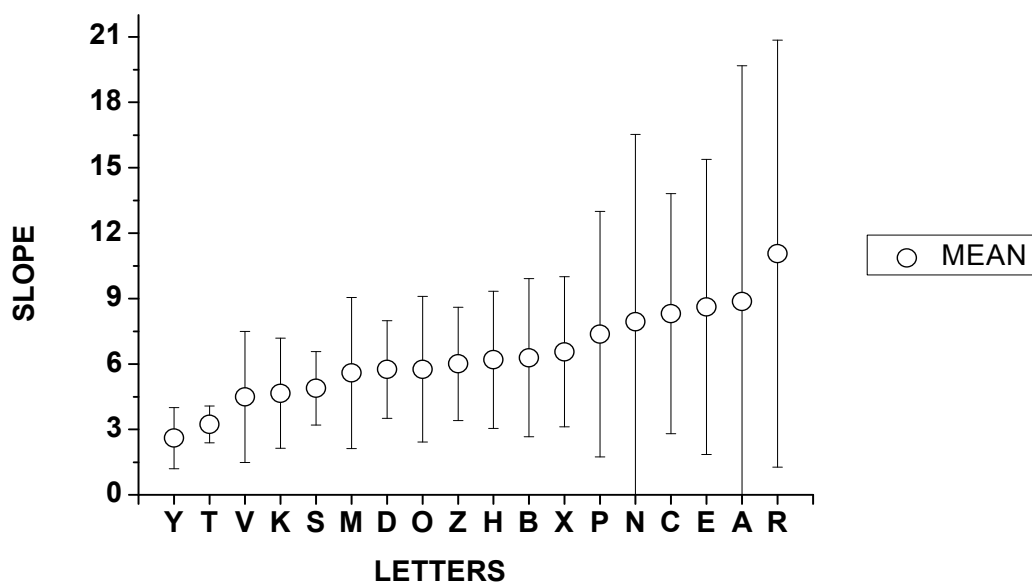
Σχήμα 44 δ): Διάγραμμα τιμών των κλίσεων όλων των γραμμάτων για τον TP συμμετέχοντα.



Σχήμα 44 ε): Διάγραμμα τιμών των κλίσεων όλων των γραμμάτων για τον VT συμμετέχοντα.



Σχήμα 45: Διάγραμμα των κλίσεων όλων των γραμμάτων και για τους πέντε εξεταζόμενους. Να σημειωθεί ότι στο διάγραμμα δεν συμπεριλαμβάνεται η τιμή της κλίσεως του Ν γράμματος για τον SP εξεταζόμενο.



Σχήμα 46: Διάγραμμα ταξινομημένων μέσων τιμών κλίσεων όλων των γραμμάτων και για τους πέντε εξεταζόμενους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα γράμματα που χρησιμοποιούνται και στους δυο ειδών πίνακες μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε ως εξής: 1) γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά (A, E, H, K, M, N, T, V, X, Y, Z), 2) γράμματα με καμπύλα χαρακτηριστικά (C, O, S) και 3) γράμματα που περιέχουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών (B, D, P, R). Με ανάλυση των δεδομένων του πίνακα 20, καταλήγουμε ότι σχεδόν όλα τα γράμματα παρουσιάζουν τις ίδιες μέσες τιμές κλίσεως, με τα γράμματα με καμπύλα και γωνιακά χαρακτηριστικά να τείνουν να έχουν τις ίδιες μέσες τιμές κλίσεων, ενώ τα γράμματα που περιέχουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων γνωρισμάτων παρουσιάζουν λίγο μεγαλύτερη μέση τιμή κλίσεως. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία έχει κατά μέσο όρο 5.88 ± 2.06 , η δεύτερη κατηγορία 6.32 ± 1.78 και η τρίτη κατηγορία 7.62 ± 2.39 . Αν και τα δεδομένα μας δεν είναι επαρκή έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ένα βέβαιο συμπέρασμα, φαίνεται ότι τα γράμματα που περιλαμβάνουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών εμφανίζουν λίγο πιο απότομες καμπύλες από ότι τα υπόλοιπα γράμματα.

4.1. Εισαγωγή

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 ETDRS εξέταση οξύτητας αναπτύχθηκε για να βοηθήσει στην αξιολόγηση των αλλαγών της όρασης που ακολουθούν την αμφιβληστροειδική φωτοπηξία σε ασθενείς με διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια και γίνεται με χρήση των ETDRS πινάκων (Rick Ferris et al.,1982)²⁵. Ο ETDRS πίνακας περιέχει 10 Sloan γράμματα, 5 ανά γραμμή και απόσταση εξέτασης στα 4 μέτρα, αλλά περιέχει λατινικούς χαρακτήρες που δεν χρησιμοποιούνται στα αλφάβητα όλων των Ευρωπαϊκών χωρών .

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η αξιολόγηση της οπτικής οξύτητας με χρήση μιας ομάδας ειδικά διαμορφωμένων πινάκων οι οποίοι περιέχουν λατινικούς χαρακτήρες που είναι κοινοί σε όλα τα Ευρωπαϊκά αλφάβητα, καθώς και ο υπολογισμός της μέγιστης οπτικής οξύτητας για την αναγνώριση κάθε γράμματος μέσω των ψυχομετρικών καμπύλων.

4.2 Αξιολόγηση οπτικής οξύτητας με χρήση πινάκων

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των αναλύσεων μας οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η οπτική οξύτητα μεταξύ των δυο διαφορετικών ομάδων πινάκων δεν διαφέρει αρκετά.

Συμπεριλαμβάνοντας τους 250 συμμετέχοντες, (παιδιά δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές του Ινστιτούτου Οπτικής και Όρασης) με μέσο όρο ηλικίας 15.55 ± 4.60 έτη, βρήκαμε ότι η μέση τιμή της οπτικής οξύτητας σε logMAR, για το **δεξιό οφθαλμό**, μετρούμενη με τον πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι -0.01 (1.02 σε δεκαδική κλίμακα) ενώ με τον πρότυπο πίνακα είναι 0.01 (0.98 σε δεκαδική κλίμακα). Διαπιστώνεται ότι η διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα είναι 0.02 logMAR

μονάδες, με καλύτερη μέση οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης. Είναι εμφανές ότι η διαφορά τους έγκειται σε διαφορά 1 γράμματος. Επιπλέον και η διαφορά στη διάμεσο εμφανίζεται να είναι με ένα γράμμα διαφορά (-0.06 logMAR μονάδες για τον πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης και -0.04 logMAR μονάδες για τον πρότυπο ETDRS πίνακα).

Ομοίως για τον **αριστερό οφθαλμό**, η μέση τιμή της οπτικής οξύτητας σε logMAR καθώς μετρήθηκε με τον πρότυπο πίνακα ήταν 0.01 (0.98 σε δεκαδική κλίμακα) ενώ με τον ειδικά διαμορφωμένο πίνακα βρέθηκε να είναι -0.02 (1.05 σε δεκαδική κλίμακα). Για τον αριστερό οφθαλμό η διαφορά στη μέση οπτική οξύτητα μεταξύ των δυο διαφορετικών πινάκων είναι 0.03 logMAR μονάδες, δηλαδή διαφορά 1.5 γράμματος, με καλύτερη μέση οπτική οξύτητα να λαμβάνεται με τους πίνακες του Πανεπιστημίου Κρήτης. Η διάμεσος εμφανίζεται στις -0.04 logMAR μονάδες για τον καινούργιο πίνακα και στις -0.02 logMAR μονάδες για τον πρότυπο ETDRS πίνακα, που αντιστοιχεί σε διαφορά 1.5 γράμματος.

Επιπλέον, μέσω της πραγματοποίησης ιστογραμμάτων συχνότητας των διαφορών στις τιμές της οπτικής οξύτητας (ή αλλιώς των γράμματα που δεν διαβάστηκαν σωστά), καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μέση διαφορά της οπτικής οξύτητας μεταξύ των πρότυπων και των τροποποιημένων ETDRS πινάκων είναι 1.1 γράμμα για το δεξιό οφθαλμό και 1.5 γράμμα για τον αριστερό οφθαλμό που ισοδυναμεί με διαφορά 0.022 και 0.03 σε logMAR κλίμακα, αντίστοιχα. Είναι εμφανές από τη σύγκριση και της διαμέσου ότι οι εξεταζόμενοι πραγματοποίησαν λιγότερα λάθη με τους τροποποιημένους πίνακες. Ωστόσο δεν είναι στατιστικά σημαντικό εξαιτίας της διακύμανσης μεταξύ των συμμετεχόντων.

Υπολογίζοντας τις φορές που διαβάστηκε λάθος το εκάστοτε γράμμα για όλους τους εξεταζόμενους καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τρία γράμματα με καμπύλες (C, S, D) που εμφανίζονται στον πρότυπο πίνακα κρίθηκαν πιο δύσκολα σε σχέση με τα αντίστοιχα με τα οποία αντικαταστάθηκαν (E, T, P). Τέσσερα γράμματα (V, R, N, Z) του πρότυπου πίνακα βρέθηκαν ότι είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα σε σχέση με αυτά (Y, B, X, A) του τροποποιημένου που αντικαταστάθηκαν αντίστοιχα. Τέλος για τα τρία κοινά γράμματα παρατηρήθηκε ότι ήταν πιο δύσκολα να αναγνωριστούν στους τροποποιημένους πίνακες, με εξαίρεση το O. Είναι εμφανές επομένως ότι τα γράμματα του πίνακα του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι ελαφρώς πιο εύκολο να αναγνωριστούν. Αυτό όμως δεν οφείλεται στην εξοικείωση των εξεταζόμενων μιας και υπήρχε τυχαία εναλλαγή των πινάκων.

Για την εγκυρότητα και ακρίβεια των αποτελεσμάτων μας πραγματοποιήθηκε η Bland-Altman στατιστική ανάλυση. Βρέθηκε ότι για το δεξιό οφθαλμό το 96.4% των τιμών είναι μεταξύ των δυο τυπικών αποκλίσεων ($\pm 2SD$), που αποτελούν τα όρια εμπιστοσύνης, ενώ για τον αριστερό οφθαλμό το 95.2% των τιμών. Εφόσον το 95% των τιμών τόσο για τον αριστερό όσο και για το δεξί οφθαλμό είναι μεταξύ αυτών των ορίων, αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παράλληλα τους υπάρχοντες πίνακες και αυτούς που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Κρήτης.

4.3 Έλεγχος δυσκολίας αναγνωρισιμότητας των γραμμάτων μέσω υπολογιστικού προγράμματος

Προκειμένου να αξιολογηθεί η δυσκολία αναγνωρισιμότητας των 18 γραμμάτων που χρησιμοποιούνται και στις δυο ομάδες πινάκων έγινε χρήση ενός υπολογιστικού προγράμματος. Με χρήση της Weibull συνάρτησης υπολογίσαμε τις τιμές κατωφλίου κάθε γράμματος καθώς και τις κλίσεις. Συγκρίνοντας τις τιμές του κατωφλίου κάθε γράμματος για όλους τους εξεταζόμενους παρατηρούμε ότι και για τους τέσσερις συμμετέχοντες τα γράμματα B και S παρουσίασαν τις υψηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου γεγονός που φανερώνει ότι τα γράμματα κυρίως με καμπύλα χαρακτηριστικά ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν κοντά στο κατώφλι. Αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη χωρική πληροφορία που έχει το γράμμα B συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα. Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι τα γράμματα A, P παρουσίασαν τις χαμηλότερες logMAR τιμές κατωφλίου για όλους τους συμμετέχοντες. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα γράμματα αυτά τείνουν να είναι πιο εύκολα αναγνωρίσιμα.

Κατόπιν κρίθηκε απαραίτητη η κανονικοποίηση των τιμών του κατωφλίου κάθε γράμματος, η οποία πραγματοποιήθηκε ως προς την μέση τιμή των τιμών του κατωφλίου κάθε ενός συμμετέχοντος. Με βάση την κανονικοποίηση, η μέση τιμή λαμβάνεται ως μηδέν και οποιαδήποτε τιμή μεγαλύτερη του μηδενός σημαίνει ότι το συγκεκριμένο γράμμα ήταν πιο δύσκολο να αναγνωρισθεί. Επομένως κάθε 0.1 τιμή μεγαλύτερη του μηδενός ισοδυναμεί με δυσκολία του γράμματος κατά μια ολόκληρη γραμμή, αφού η βαρύτητα κάθε γράμματος είναι 0.02 logMAR μονάδες. Για

παράδειγμα, το γράμμα S για τον SP εξεταζόμενο ήταν περίπου κατά μια γραμμή δυσκολότερο από το D.

Η μέση τιμή των κανονικοποιημένων τιμών κατωφλίου κυμαίνεται από -0.10 έως 0.13 logMAR μονάδες. Το γράμμα B παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή κατωφλίου ενώ τα γράμματα A και P τις χαμηλότερες. Αυτό υποδεικνύει ότι το B, ακολουθούμενο από τα K και S, ήταν τα πιο δύσκολα αναγνωρίσιμα γράμματα και για τους πέντε εξεταζόμενους ενώ τα P και A γράμματα αποτέλεσαν τα πιο εύκολα.

Κατηγοριοποιώντας τα γράμματα που χρησιμοποιούνται και στους δυο ειδών πίνακες με βάση τα χαρακτηριστικά τους φαίνεται ότι όλα τα γράμματα εμφανίζουν σχεδόν την ίδια δυσκολία αναγνώρισης, λαμβάνοντας υπόψη τη μέση τιμή κατωφλίου. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα που περιλαμβάνει γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά (A, E, H, K, M, N, T, V, X, Y, Z) έχει κατά μέσο όρο -0.21 ± 0.05 logMAR, η ομάδα που περιλαμβάνει γράμματα με καμπύλα χαρακτηριστικά (C, O, S) έχει κατά μέσο όρο -0.18 ± 0.05 logMAR και η ομάδα που περιέχει γράμματα με συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών (B, D, P, R) έχει κατά μέσο όρο -0.20 ± 0.11 logMAR.

Κατόπιν, χρησιμοποιώντας την ίδια κατηγοριοποίηση των γραμμάτων φαίνεται ότι τα γράμματα με καμπύλα και γωνιακά χαρακτηριστικά τείνουν να έχουν τις ίδιες μέσες τιμές κλίσεων, ενώ τα γράμματα που περιέχουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων γνωρισμάτων παρουσιάζουν λίγο μεγαλύτερη μέση τιμή κλίσεως. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα που περιλαμβάνει γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά έχει κατά μέσο όρο τιμή κλίσης 5.88 ± 2.06 μονάδες, η ομάδα που περιλαμβάνει γράμματα με καμπύλα χαρακτηριστικά έχει κατά μέσο όρο τιμή κλίσης 6.32 ± 1.78 μονάδες και η ομάδα που περιέχει γράμματα με συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών έχει κατά μέσο όρο τιμή κλίσης 7.62 ± 2.39 μονάδες. Αν και τα δεδομένα μας δεν είναι επαρκή αν λάβουμε υπόψη τον αριθμό εξεταζόμενων, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ένα ακριβές συμπέρασμα, φαίνεται ότι τα γράμματα που περιλαμβάνουν συνδυασμό γωνιακών και καμπύλων χαρακτηριστικών εμφανίζουν ελαφρά πιο απότομες καμπύλες από ότι τα υπόλοιπα γράμματα.

Στις μέχρι τώρα δημοσιεύσεις, έχουν χρησιμοποιηθεί τα δεδομένα από τα ETDRS subjects για να διερευνηθεί η σχετική δυσκολία των 10 Sloan γραμμάτων και να αξιολογηθεί εάν η θέση ενός γράμματος σε μια σειρά επιδρά σε αυτή τη σχετική δυσκολία. Αν και τα γράμματα της Sloan έχουν επιλεγεί για να παρέχουν σχεδόν ισοδύναμο ποσοστό σωστών τιμών για την οπτική οξύτητα, υπάρχει γενική συμφωνία

ότι τα τέσσερα γράμματα με τα καμπύλα περιγράμματα (C, S, O, D) είναι πιο δύσκολα να διακριθούν στο κατώφλι, σε σχέση με τα άλλα έξι γράμματα (Z, N, H, V, R, K) που αποτελούνται από ευθείες γραμμές. Επίσης, σύμφωνα με τους **Frederic L. Ferris III et al. (1993)**²⁶ τα γράμματα στο τέλος της γραμμής είναι πιο πιθανό να διαβαστούν λανθασμένα από τα γράμματα που βρίσκονται στην αρχή της γραμμής. Ενώ είχε αναφερθεί ότι τα γράμματα που βρίσκονται στην μέση είναι πιο δύσκολο να διευκρινιστούν σε σχέση με αυτά που βρίσκονται στην αρχή ή το τέλος μιας γραμμής, τα δεδομένα τους δεν έδειξαν κάτι ανάλογο. Τα δεδομένα αυτής της μελέτης παρέχουν λίγες πληροφορίες για την δυσκολία θέσης, επειδή μοιάζει πιθανόν ότι αυτά τα αποτελέσματα είναι πιο πιθανά να συσχετίζονται με τους ασθενείς και την προσπάθεια των εξεταστών παρά με τις πραγματικές διαφορές που σχετίζονται με την θέση των γραμμάτων.

Οι **Elliott et al. (1990)** κατέληξαν ότι υπήρχαν έντονες διαφορές στον προσδιορισμό των Sloan γραμμάτων στον πίνακα, με το C να είναι το πιο δύσκολο γράμμα που αναγνωρίζεται σωστά. Οι **Fredlin et al.** θεώρησαν πιθανό ότι η αναγνώριση μεμονωμένων Sloan γραμμάτων εξαρτάται από το γωνιακό άνοιγμα των γραμμάτων. Υπέθεσαν ότι η αναγνώριση του γράμματος βασίζεται σε ένα σταθερό εύρος χωρικών συχνοτήτων του αντικειμένου, 1-3 κύκλοι ανά γράμμα, ανεξαρτήτως του μεγέθους του γράμματος. Βασιζόμενοι σε αυτές τις υποθέσεις, οι ιδιότητες της αναγνώρισης ενός γράμματος πρέπει να είναι οι ίδιες πέρα από το γωνιακό άνοιγμα των γραμμάτων, αφού η ίδια ζώνη των χωρικών συχνοτήτων του αντικειμένου πρέπει να περιλαμβάνεται σε όλα τα μεγέθη των γραμμάτων. Ωστόσο, έχει δειχθεί ότι οι χωρικές συχνότητες του αντικειμένου που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των γραμμάτων, τείνουν να ποικίλλουν με το γωνιακό άνοιγμα των γραμμάτων, και μετατοπίζονται σε χαμηλότερες χωρικές συχνότητες αντικειμένου όσο το γωνιακό άνοιγμα των γραμμάτων μειώνεται προς το όριο της οξύτητας.

Οι **Kenneth R. Alexander et al.**²⁷ έδειξαν ότι οι ψυχομετρικές συναρτήσεις ήταν πιο απότομες στην περίπτωση του ποσοστού καταφατικών αποκρίσεων σε σύγκριση με το log contrast για μεγάλα γράμματα και στην περίπτωση του ποσοστού καταφατικών αποκρίσεων σε σύγκριση με το logMAR, και τα δεδομένα ήταν πιο στενά συνδεδεμένα κάτω από αυτές τις δυο τελευταίες συνθήκες. Επιπλέον, γράμματα με γωνιακά χαρακτηριστικά (συγκεκριμένα K, N, V και Z) τείνουν να έχουν τις χαμηλότερες τιμές logMAR κατωφλίου, ενώ γράμματα με καμπύλα χαρακτηριστικά (συγκεκριμένα O και C) τείνουν να έχουν υψηλότερες τιμές logMAR

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

κατωφλίου. Επιπλέον, όπως το γωνιακό άνοιγμα των γραμμάτων μειώνεται προς το όριο οξύτητας, η αναγνώριση των γραμμάτων τείνει να στηρίζεται σε χαμηλότερες χωρικές συχνότητες του αντικειμένου. Οι εκτιμήσεις του κατωφλίου για κάθε γράμμα αποκτήθηκαν σύμφωνα με τους Kenneth R.Alexander et al. από τις καλύτερες προσαρμογές των ελαχίστων τετραγώνων από τη συνάρτηση του Weibull.

Μελλοντικές Εργασίες: Συμπληρωματικές εργασίες θα μπορούσε να ελέγξουν το φαινόμενο “crowding”, δηλαδή το κατά πόσο επηρεάζεται η οπτική οξύτητα όταν ο εξεταζόμενος θα πρέπει να αναγνωρίσει ένα γράμμα όταν αυτό περιβάλλεται από ένα πλήθος γραμμάτων, όπως συμβαίνει στην πραγματικότητα με τους πίνακες. Επίσης, θα μπορούσε να αξιολογηθεί σε έναν πίνακα, η αναγνωρισιμότητα ανάλογα με την θέση των γραμμάτων, το κατά πόσο δηλαδή επηρεάζεται η οπτική οξύτητα από το εάν το γράμμα βρίσκεται στην αρχή, στην μέση ή στο τέλος του πίνακα^[25].

Από την ανάλυση των δεδομένων μας, φάνηκε ότι το γράμμα Β που χρησιμοποιείται στους ειδικά διαμορφωμένους πίνακες παρουσίαζε χαμηλή αναγνωρισιμότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα γράμματα. Αντιθέτως, το γράμμα Μ που δεν χρησιμοποιείται σε κανένα πίνακα, παρουσιάζει αναγνωρισιμότητα ίση με τον μέσο όρο για αυτό αποτελεί καλή επιλογή και θα μπορούσε να αντικαταστήσει το Β.

Επιπλέον, θα μπορούσε να αξιολογηθεί η επίδραση του διαθλαστικού σφάλματος (μυωπικού ή αστιγματικού) στην αναγνωρισιμότητα των γραμμάτων και να ελεγχθεί η υπόθεση αν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των γραμμάτων, αν δηλαδή κάποια γράμματα γίνονται πιο δύσκολα αναγνωρίσιμα όταν παρουσιάζονται «θολά». Έχει βρεθεί ότι με χρήση φακών για την εξομοίωση του διαθλαστικού σφάλματος, τα γράμματα που χρησιμοποιούνται στους πίνακες είναι πιο εύκολο να αναγνωριστούν αν συγκριθούν με το Landolt C και το γράμμα E, τα οποία αλλάζουν ως προς προσανατολισμό (Reich L.N., Ekabutr M., 2002)²⁸. Έχει επίσης βρεθεί ότι με την ύπαρξη διαθλαστικού σφάλματος προκαλείται επιπέδωση της frequency-of-seeing καμπύλης. Επιπλέον, ακόμη και μικροί βαθμοί διαθλαστικού σφάλματος μπορούν να δημιουργήσουν μια σημαντική αύξηση στη διακύμανση της επανεξέτασης TRV (test-retest variability) των μετρήσεων της οπτικής οξύτητας (Rosser D.A., Murdoch I.E. Cousens S.N., 2004.)²⁹.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

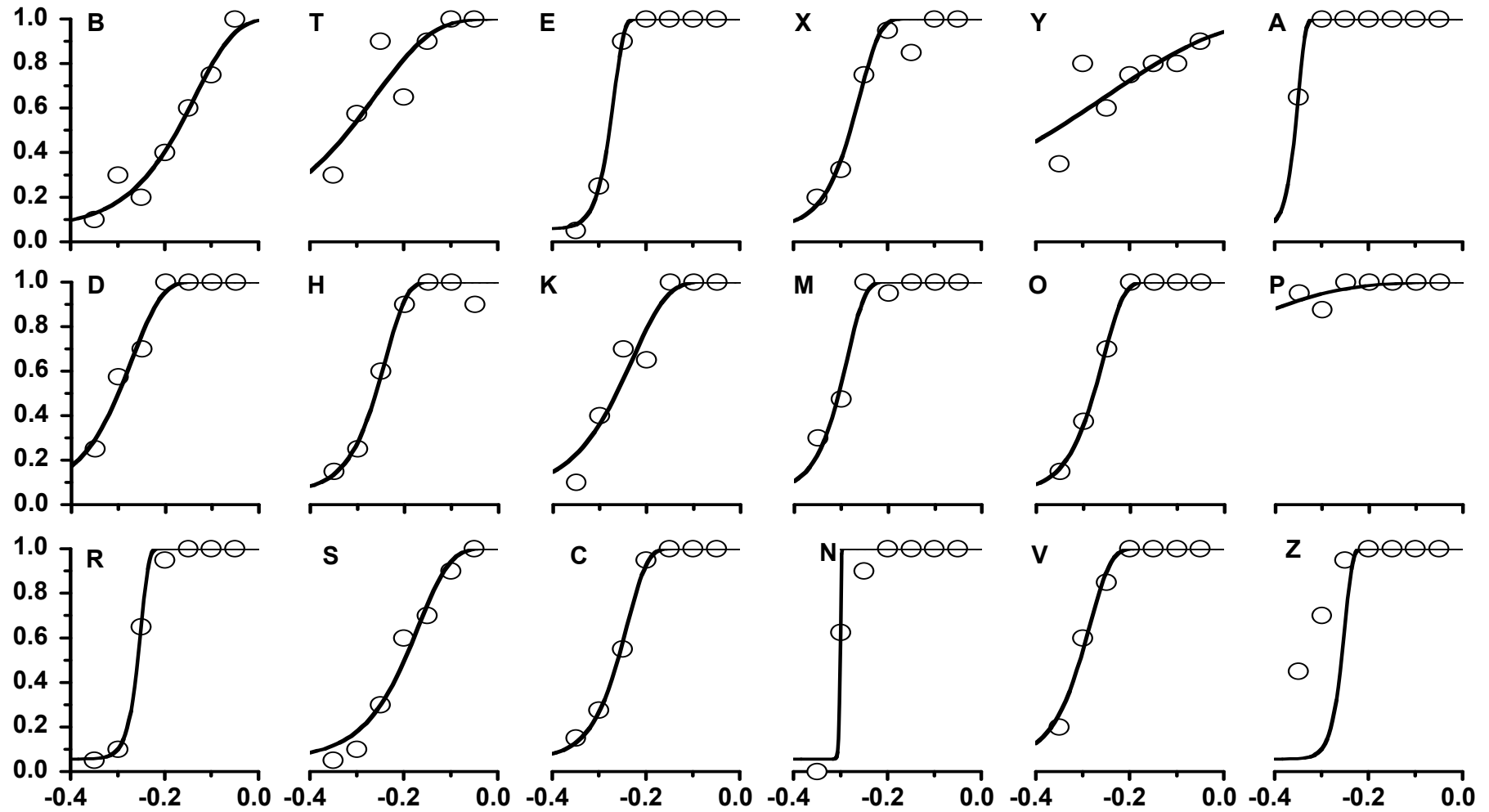
Για τον SP εξεταζόμενο έχουμε:

	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05
A	0.65	1	1	1	1	1	1
B	0.1	0.3	0.2	0.4	0.6	0.75	1
C	0.15	0.275	0.55	0.95	1	1	1
D	0.25	0.575	0.7	1	1	1	1
E	0.05	0.25	0.9	1	1	1	1
H	0.15	0.25	0.6	0.9	1	1	0.9
K	0.1	0.4	0.7	0.65	1	1	1
M	0.3	0.475	1	0.95	1	1	1
N	0	0.625	0.9	1	1	1	1
O	0.15	0.375	0.7	1	1	1	1
P	0.95	0.875	1	1	1	1	1
R	0.05	0.1	0.65	0.95	1	1	1
S	0.05	0.1	0.3	0.6	0.7	0.9	1
T	0.3	0.575	0.9	0.65	0.9	1	1
V	0.2	0.6	0.85	1	1	1	1
X	0.2	0.325	0.75	0.95	0.85	1	1
Y	0.35	0.8	0.6	0.75	0.8	0.8	0.9
Z	0.45	0.7	0.95	1	1	1	1

	A	B	C	D	E	H	K	M	N
Threshold	-0.35	-0.134	-0.24	-0.271	-0.268	-0.24	-0.23	-0.288	-0.299
Slope	28.05	5.15	10.034	6.811	20.2	9.562	5.846	11.291	241.96
	O	P	R	S	T	V	X	Y	Z
Threshold	-0.238	-0.613	-0.25	-0.168	-0.261	-0.285	-0.259	-0.25	-0.311
Slope	9.925	1.48	26.52	6.503	3.588	9.604	9.981	1.786	7.109

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

SP



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

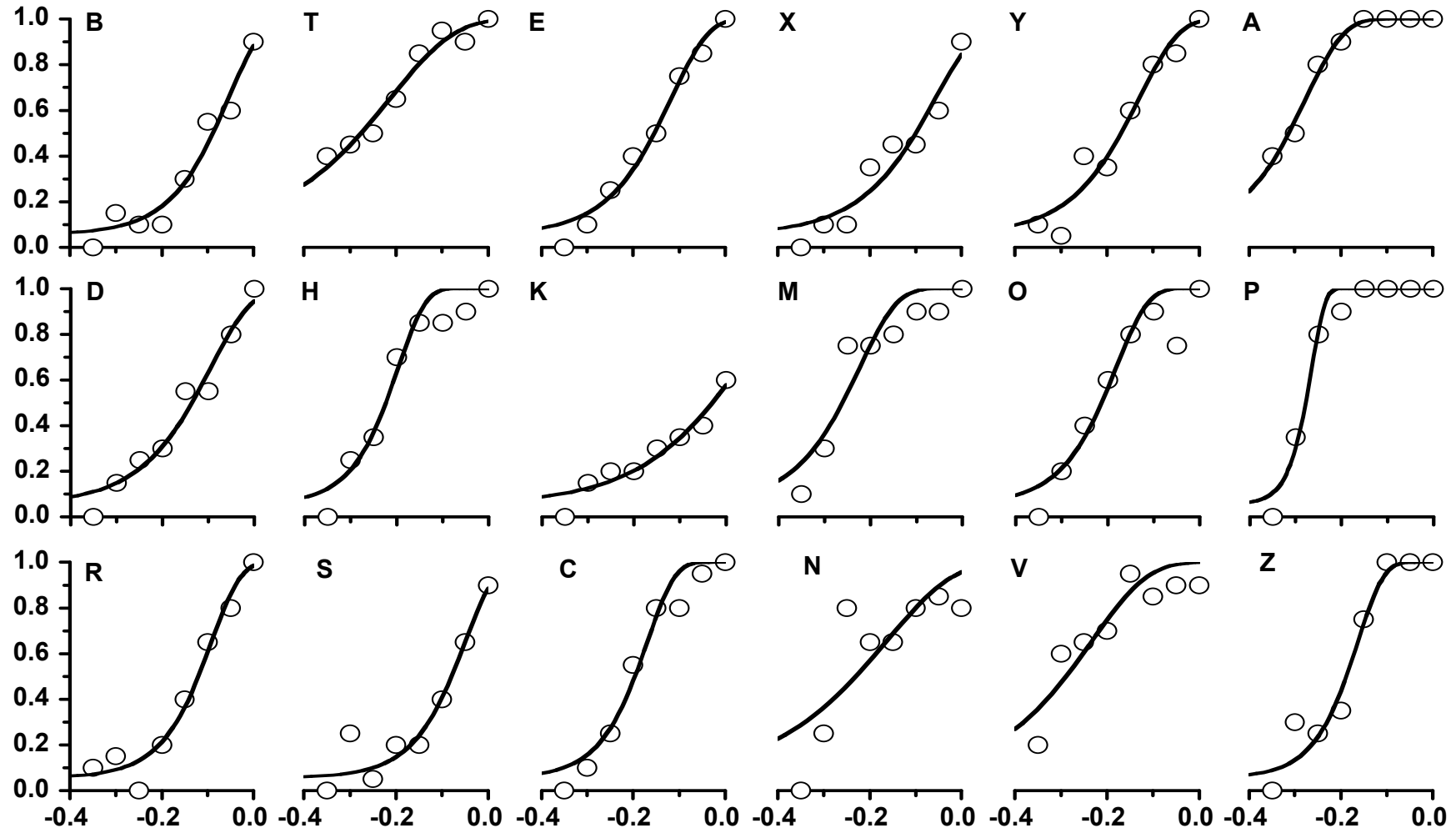
Για τον GS εξεταζόμενο έχουμε:

	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	0.00
A	0.4	0.5	0.8	0.9	1	1	1	1
B	0	0.15	0.1	0.1	0.3	0.55	0.6	0.9
C	0	0.1	0.25	0.55	0.8	0.8	0.95	1
D	0	0.15	0.25	0.3	0.55	0.55	0.8	1
E	0	0.1	0.25	0.4	0.5	0.75	0.85	1
H	0	0.25	0.35	0.7	0.85	0.85	0.9	1
K	0	0.15	0.2	0.2	0.3	0.35	0.4	0.6
M	0.1	0.3	0.75	0.75	0.8	0.9	0.9	1
N	0	0.25	0.8	0.65	0.65	0.8	0.85	0.8
O	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.75	1
P	0	0.35	0.8	0.9	1	1	1	1
R	0.1	0.15	0	0.2	0.4	0.65	0.8	1
S	0	0.25	0.05	0.2	0.2	0.4	0.65	0.9
T	0.4	0.45	0.5	0.65	0.85	0.95	0.9	1
V	0.2	0.6	0.65	0.7	0.95	0.85	0.9	0.9
X	0	0.1	0.1	0.35	0.45	0.45	0.6	0.9
Y	0.1	0.05	0.4	0.35	0.6	0.8	0.85	1
Z	0	0.3	0.25	0.35	0.75	1	1	1

	A	B	C	D	E	H	K	M	N
Threshold	-0.276	-0.055	-0.169	-0.095	-0.117	-0.197	-0.028	-0.224	-0.164
Slope	5.226	5.85	7.23	4.796	5.354	7.318	3.388	5.31	2.971
	O	P	R	S	T	V	X	Y	Z
Threshold	-0.182	-0.265	-0.091	-0.049	-0.213	-0.234	-0.057	-0.13	-0.163
Slope	6.279	14.747	6.777	6.572	3.101	3.562	4.514	4.988	7.755

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

GS



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

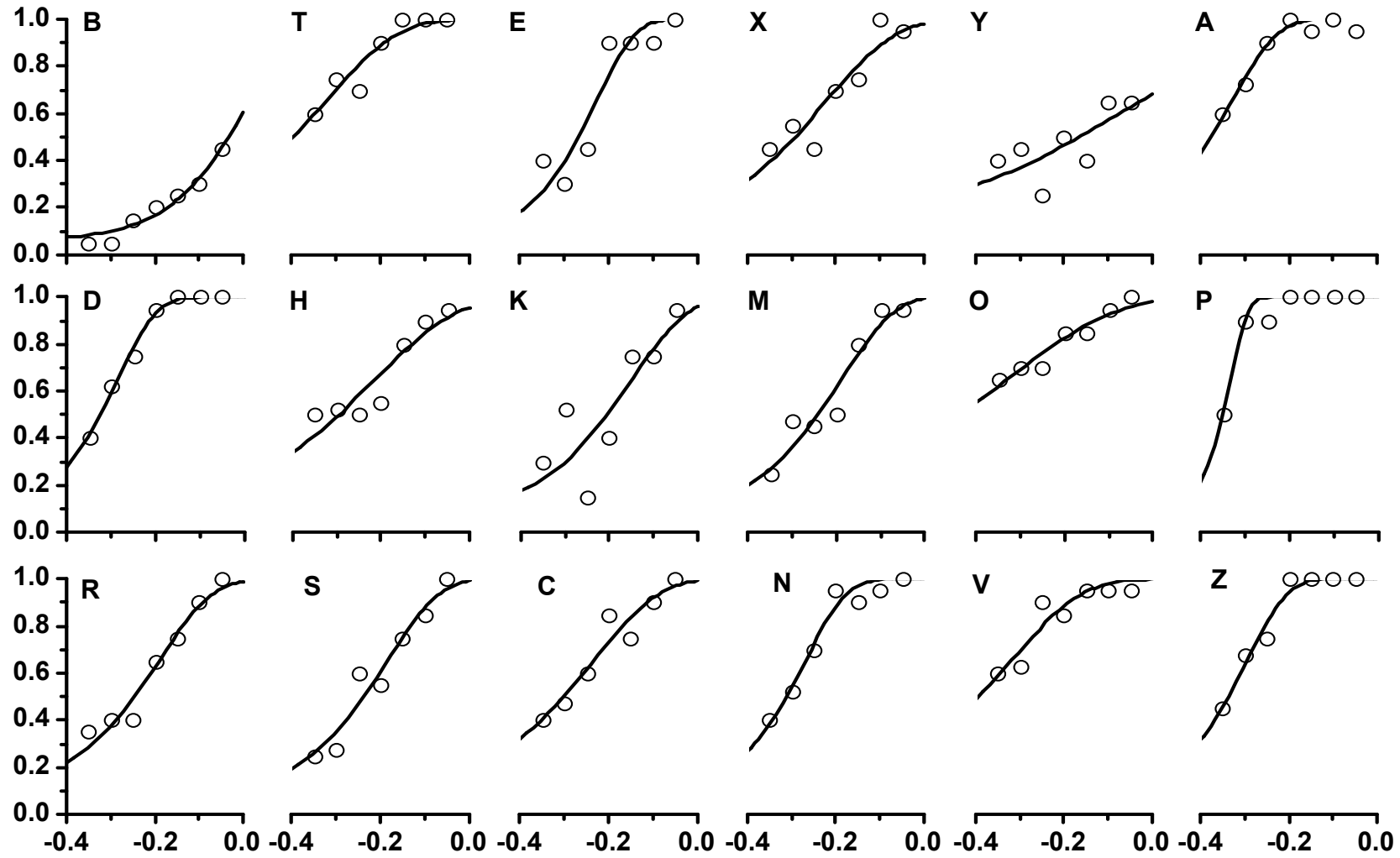
Για τον TG εξεταζόμενο έχουμε:

	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05
A	0.6	0.725	0.9	1.00	0.95	1	0.95
B	0.05	0.05	0.15	0.20	0.25	0.3	0.45
C	0.4	0.475	0.6	0.85	0.75	0.9	1
D	0.4	0.625	0.75	0.95	1.00	1	1
E	0.4	0.3	0.45	0.90	0.90	0.9	1
H	0.5	0.525	0.5	0.55	0.80	0.9	0.95
K	0.3	0.525	0.15	0.40	0.75	0.75	0.95
M	0.25	0.475	0.45	0.50	0.80	0.95	0.95
N	0.4	0.525	0.7	0.95	0.90	0.95	1
O	0.65	0.7	0.7	0.85	0.85	0.95	1
P	0.5	0.9	0.9	1.00	1.00	1	1
R	0.35	0.4	0.4	0.65	0.75	0.9	1
S	0.25	0.275	0.6	0.55	0.75	0.85	1
T	0.6	0.75	0.7	0.90	1.00	1	1
V	0.6	0.625	0.9	0.85	0.95	0.95	0.95
X	0.45	0.55	0.45	0.7	0.75	1	0.95
Y	0.4	0.45	0.25	0.5	0.4	0.65	0.65
Z	0.45	0.675	0.75	1	1	1	1

	A	B	C	D	E	H	K	M	N
Threshold	-0.33	0.014	-0.234	-0.28	-0.228	-0.21	-0.147	-0.189	-0.269
Slope	4.2	4.17	2.93	4.95	4.96	2.33	3.43	3.67	4.51
	O	P	R	S	T	V	X	Y	Z
Threshold	-0.32	-0.33	-0.191	-0.184	-0.32	-0.32	-0.22	-0.03	-0.29
Slope	1.8	10.82	3.49	3.71	2.7	2.65	2.72	1.44	4.73

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

TG



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

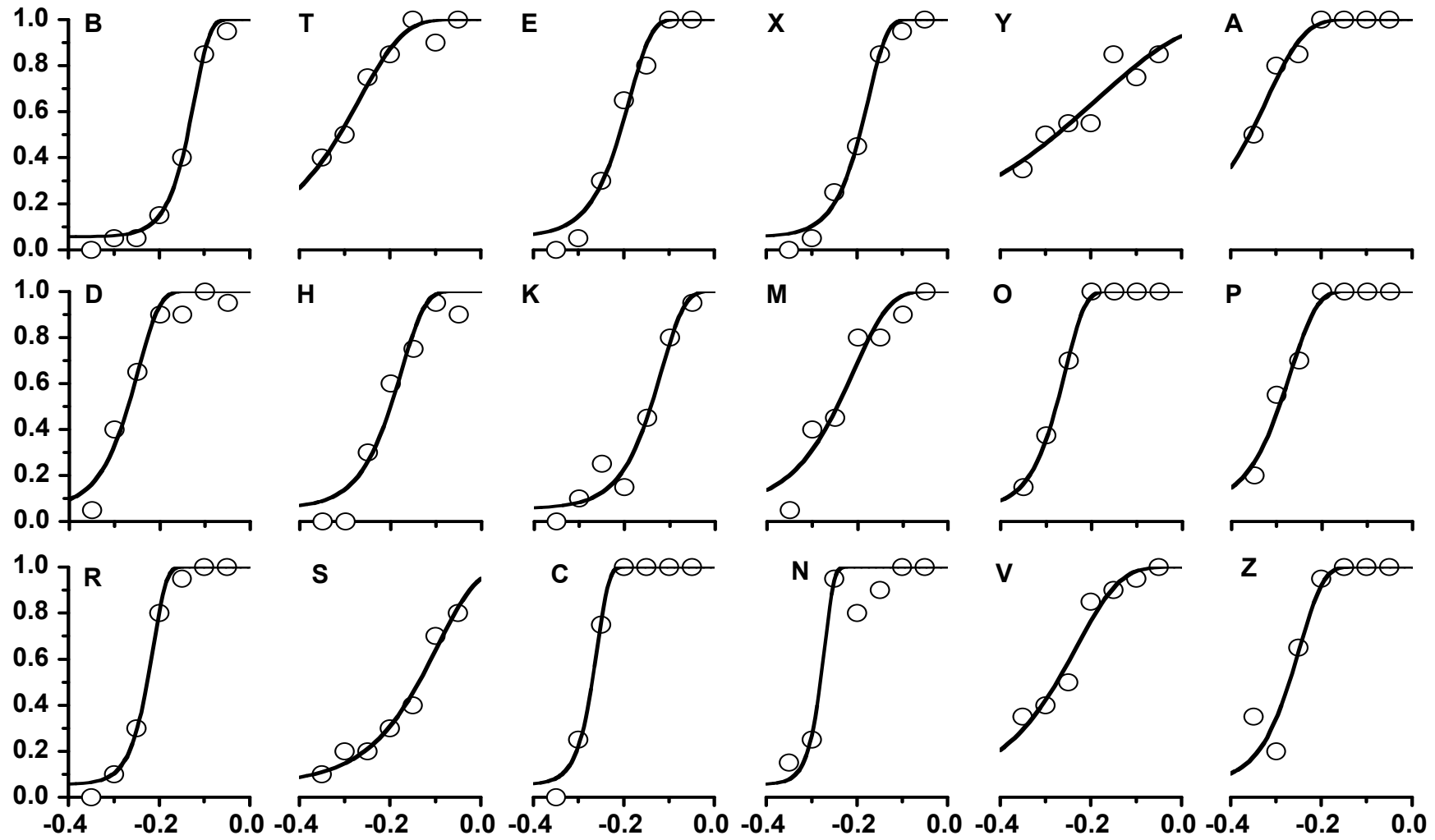
Για τον TP εξεταζόμενο έχουμε:

	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05
A	0.5	0.8	0.85	1	1	1	1
B	0	0.05	0.05	0.15	0.4	0.85	0.95
C	0	0.25	0.75	1	1	1	1
D	0.05	0.4	0.65	0.9	0.9	1	0.95
E	0	0.05	0.3	0.65	0.8	1	1
H	0	0	0.3	0.6	0.75	0.95	0.9
K	0	0.1	0.25	0.15	0.45	0.8	0.95
M	0.05	0.4	0.45	0.8	0.8	0.9	1
N	0.15	0.25	0.95	0.8	0.9	1	1
O	0	0.1	0.45	0.6	0.85	0.95	1
P	0.2	0.55	0.7	1	1	1	1
R	0	0.1	0.3	0.8	0.95	1	1
S	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8
T	0.4	0.5	0.75	0.85	1	0.9	1
V	0.35	0.4	0.5	0.85	0.9	0.95	1
X	0	0.05	0.25	0.45	0.85	0.95	1
Y	0.35	0.5	0.55	0.55	0.85	0.75	0.85
Z	0.35	0.2	0.65	0.95	1	1	1

	A	B	C	D	E	H	K	M	N
Threshold	-0.32	-0.122	-0.258	-0.249	-0.187	-0.177	-0.119	-0.209	-0.271
Slope	5.17	12.59	16.88	9.03	8.93	8.29	8.49	5.49	20.79
	O	P	R	S	T	V	X	Y	Z
Threshold	-0.192	-0.268	-0.213	-0.096	-0.267	-0.232	-0.175	-0.187	-0.247
Slope	7.74	7.53	14.82	4.88	4.47	4.54	10.41	2.22	8.38

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

TP



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

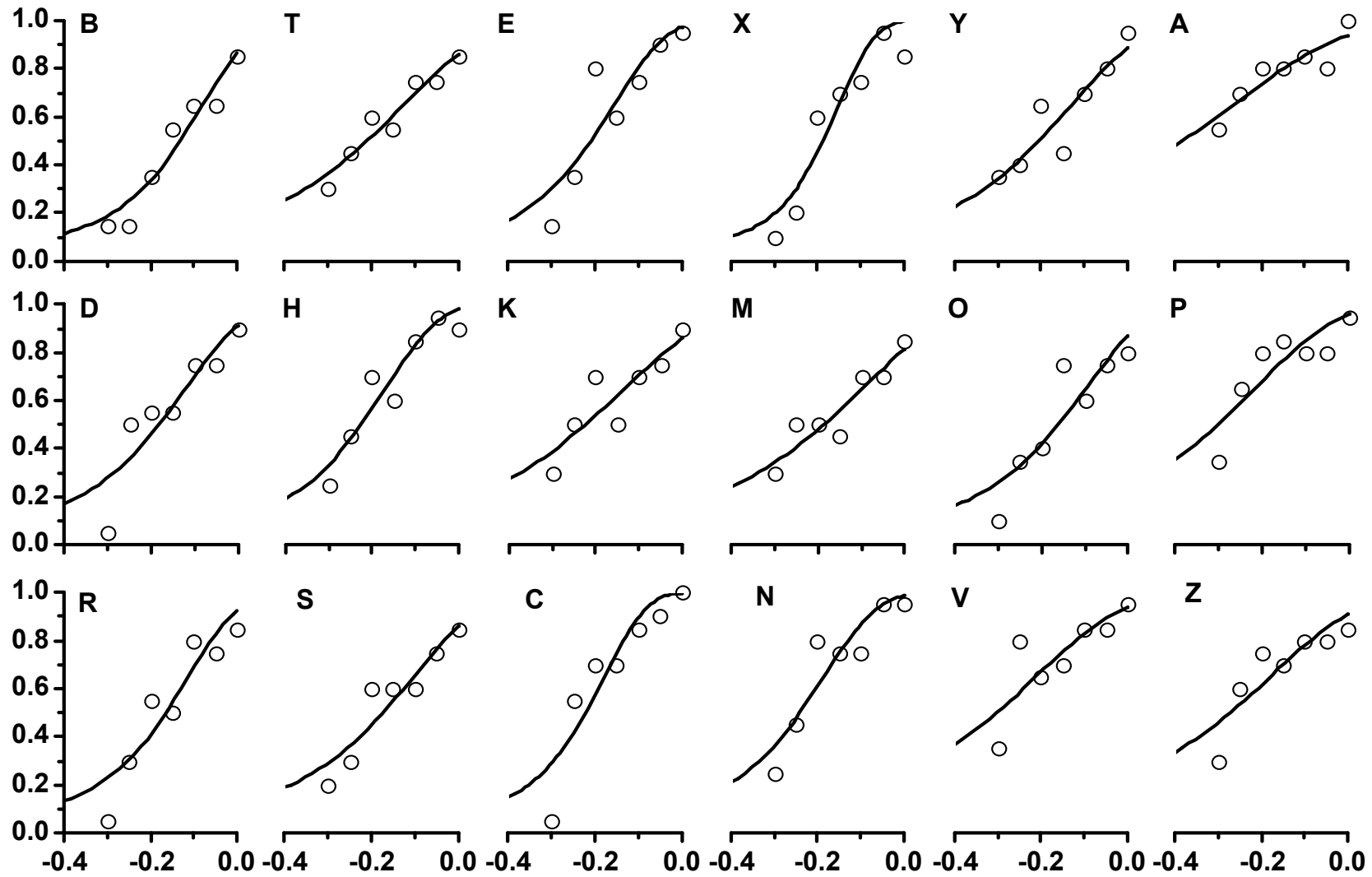
Για τον VT εξεταζόμενο έχουμε:

	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	0.00
A	0.55	0.7	0.8	0.8	0.85	0.8	1
B	0.15	0.15	0.35	0.55	0.65	0.65	0.85
C	0.05	0.55	0.7	0.7	0.85	0.9	1
D	0.05	0.5	0.55	0.55	0.75	0.75	0.9
E	0.15	0.35	0.8	0.6	0.75	0.9	0.95
H	0.25	0.45	0.7	0.6	0.85	0.95	0.9
K	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.75	0.9
M	0.3	0.5	0.5	0.45	0.7	0.7	0.85
N	0.25	0.45	0.8	0.75	0.75	0.95	0.95
O	0.1	0.35	0.4	0.75	0.6	0.75	0.8
P	0.35	0.65	0.8	0.85	0.8	0.8	0.95
R	0.05	0.3	0.55	0.5	0.8	0.75	0.85
S	0.2	0.3	0.6	0.6	0.6	0.75	0.85
T	0.3	0.45	0.6	0.55	0.75	0.75	0.85
V	0.35	0.8	0.65	0.7	0.85	0.85	0.95
X	0.1	0.2	0.6	0.7	0.75	0.95	0.85
Y	0.35	0.4	0.65	0.45	0.7	0.8	0.95
Z	0.3	0.6	0.75	0.7	0.8	0.8	0.85

	A	B	C	D	E	H	K	M	N
Threshold	-0.26	-0.08	-0.18	-0.12	-0.15	-0.17	-0.13	-0.1	-0.18
Slope	1.65	3.69	4.47	3.17	3.63	3.46	2.14	2.18	3.46
	O	P	R	S	T	V	X	Y	Z
Threshold	-0.1	-0.22	-0.11	-0.1	-0.12	-0.21	-0.15	-0.13	-0.18
Slope	3.05	2.29	3.68	2.76	2.29	2.1	5.18	2.56	2.06


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

VT



Η παρούσα μελέτη παρουσιάστηκε με τη μορφή poster σε δυο συνέδρια (Arvo (Φλώρινα, 2006) και City (Λονδίνο, 2006)). Επιπλέον, έγινε παρουσίαση της, στο “5th Aegean Summer School in Visual optics” (Ιούλιος 2006).

ARVO 2006



Evaluation of a modified ETDRS visual acuity chart which contains a set of Sloan Roman letters used in all European alphabets

P Tzatzala, S Plainis, HS Ginis, Y Orphanos, M Tsilimbaris
Institute of Vision and Optics (IVO), School of Health Sciences, University of Crete, Greece

5360

1. INTRODUCTION

The logMAR visual acuity charts, developed for use in the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), contain ten Sloan letters, with nearly equivalent probability of correct identification and ultimate homogeneity per line (Frisvold et al., 1992, 1993). However, the set is composed of Roman letters, which are not used in Greek, Cyrillic and Central European alphabets.

The main purpose of this study was to evaluate a modified logMAR chart, which contains Roman letters used in all European alphabets.

2. METHODS

In the modified logMAR/ETDRS chart, the Roman letters C, D, N, R, S, V and Z were substituted with the Greek letters P, X, B, T, Y and A, respectively. The legibility of the letters in the modified charts was evaluated using two procedures.

EXPERIMENT #1

Visual acuity of 174 (348 eyes) English-speaking Greek students (age range: 15 to 26), with normal vision was assessed using a set of two standard ETDRS charts and another set of two modified charts (chart 1 for RE and chart 2 for LE (see Figure 1)). The charts were installed in the standard light box at 4m distance. All subjects were asked to read each letter on the chart starting from the upper left-hand letter and to proceed by row until they could no longer read letters. The end point for each chart was defined as an entire line of letters being missed. Visual acuity scores were derived from the calculation of missed letters up to the last readable line. The charts were viewed in random order and the missed letters were circled on specially designed data form. Subjects were tested with the habitual spectacle correction.

EXPERIMENT #2

Letter identification for a range of pre-determined logMAR sizes was measured at maximum letter contrast (90%). The letters were projected on a Sony GDM-F-520 CRT monitor (background luminance of 50 cd/m², frame rate of 120 Hz) by means of a VSG25 stimulus generator card (CRS, UK) and a purposely written software. The display monitor was the only source of illumination in the test area. Data were obtained from the dominant eye of two subjects (SP, 15), aged 26 and 28 yr, respectively, with normal (corrected for distance) vision and considerable experience in psychophysical experiments. Subjects were instructed to identify verbally which letter had been presented, and to guess if they were uncertain.

The 17 Sloan letters (used in both ETDRS charts) were presented 20 times at seven logMAR sizes in random order, resulting to total of 1330 presentations. The experiments were conducted at two sessions. At 4m distance, the smallest letters (logMAR = 0.35) tested were reconstructed from a 6x6 pixel array. The inter-stimulus interval was set to 0.4 sec. Threshold estimates for each letter were obtained from least-squares best fits of Weibull function.

3. RESULTS - VISUAL ACUITY

Figure 2 illustrates frequency histograms of the visual acuity of right eyes as evaluated using the modified and the original ETDRS chart. It is evident that the average LogMAR visual acuity, measured with the modified chart, is 0.00 (1.0 decimal acuity), while the median acuity is -0.00 (-1.5 decimal acuity).

Figure 3 plots the difference in VA scores (letters missed) between the two charts. The mean difference is 1.1 for the RE (charts 1) and 1.6 for the LE (charts 2), corresponding to a difference 0.022 and 0.032 in the logMAR scale. This suggests that there less errors are made with the modified chart. However, this is not statistically significant due to their inter-subject variability.

Table 1 shows identification errors for all the letters used in the charts. It is clear that the letters used in the modified chart were slightly easier to identify.

Letter	Original ETDRS	Modified Chart
P	160	154
X	142	144
B	110	108
T	98	98
Y	96	101
A	82	79
C	78	81
D	70	69
N	60	61
R	56	57
S	56	57
V	56	57
Z	56	57

4. RESULTS - LETTER IDENTIFICATION

Psychometric functions for the identification of Sloan letters are depicted for one subject (SP) in Figure 5. The psychometric functions were shallower in the case of letters with angular features in comparison with curved-feature letters which showed steeper functions.

Figure 6 illustrates the values of threshold logMAR derived for each letter from the best-fitted Weibull functions depicted in Figure 5. Threshold logMAR of letters for subject SP ranged from -0.352 to -0.122 logMAR. The Sloan letters with angular features (particularly A, Z, N and V) tended to have lower threshold logMAR values, while letters with curves (i.e. B and C) tended to have higher thresholds. This is in agreement with the results of the first experiment, in which Sloan letters as C, S, D and B were more difficult to be identified compared to A, N, T and Z.

5. CONCLUSIONS

The overall pattern of results suggests that the evaluation of visual acuity with the modified chart leads to similar results with the original ETDRS chart. In total, the letters used for substituting the original characters were equally identifiable.

It is concluded that the modified logMAR/ETDRS charts form an alternative way for assessing visual acuity, offering the advantage of containing letters recognizable by all European citizens.

REFERENCES

Acoumatis, G. B., Xie, W. and Cavonius, C. J. (1997) Visual acuity and contrast sensitivity for individual Sloan letters. *Visual acuities of 18-48 years* (Ed. by M. J. Mullen), pp. 115-130. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

Frisvold, D. E., Jones, A., Berman, J. and Bailey, I. (1992) The use of the ETDRS charts for the assessment of visual acuity in the early treatment diabetic retinopathy study. *Journal of Optometric Vision Science*, **69**, 115-120.

He, C. H., Packer, M. and Sheehan, J. (1996) The impact of a new letter chart on reading time and error rates. *Journal of Vision*, **16**, 157-166.

Paraskevas, Tzatzala has received a grant to conduct the MSc course in “Optics and Vision” from the National Research Foundation.

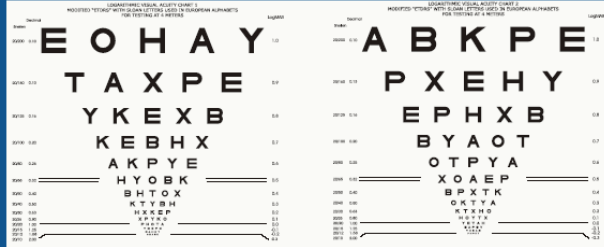


Figure 1. The two modified ETDRS charts: Chart 1 - used for right eyes (RE), Chart 2 - used for left eyes (LE).

108

Evaluation of a modified ETDRS visual acuity chart which contains a set of Sloan Roman letters used in all European alphabets

S Plainis, P Tzatzala, Y Orphanos, M Tsilimbaris

Institute of Vision and Optics (IVO), School of Health Sciences, University of Crete, Greece



1. INTRODUCTION

The logMAR visual acuity charts, developed for use in the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS), contain ten Sloan optotypes with nearly equivalent probability of correct identification and ultimate homogeneity per line (Ferris III et al., 1982, 1993). However, the set is composed of Roman letters, which are not used in Greek, Cyrillic and Central European alphabets.

The main purpose of this study was to evaluate modified logMAR charts, which contain Roman letters used in all European alphabets.

2. METHODS

In the modified logMAR / ETDRS chart, the Roman letters C, D, N, R, S, V and Z were substituted with E, P, X, B, T, Y and A, respectively. The legibility of the letters of the modified charts was evaluated by the following two experiments:

EXPERIMENT #1

Visual acuity of 225 (450 eyes) English - speaking Greek students (age range: 13 to 16), with normal vision was assessed using the standard and the modified ETDRS charts (chart 1 for RE and chart 2 for LE, see figure 1). The charts were installed in the standard light box at 4m distance. Visual acuity score was derived from the calculation of missed letters up to the last readable line. The charts were viewed in random order. Subjects were tested with the habitual spectacle correction.

EXPERIMENT #2

Letter identification for a range of pre-determined logMAR sizes was measured at maximum letter contrast (90%). The letters were projected on a Sony GDM F-520 CRT monitor (background luminance of 100cd/m²) by means of a VSG2/5 stimulus generator card (CRS, UK) and a purposely-written software. Data were obtained from the dominant eye of four subjects (age range: 26-36 yr) with normal vision and considerable experience in psychophysical experiments. The 17 Sloan letters (used in both ETDRS charts) were presented 20 times at seven logMAR sizes in random order, resulting to a total of 3380 presentations. The inter-stimulus interval was set to 4 sec. Threshold estimates for each letter were obtained from least-squares best fits of a Weibull function.

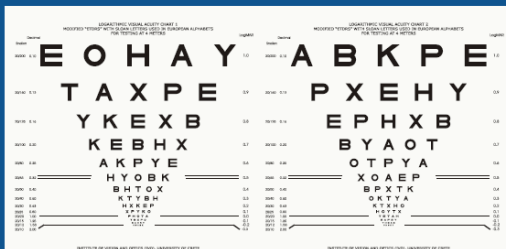


Figure 1: The two modified ETDRS charts: Chart 1-used for right eyes (left), Chart 2- used for left eyes (right).

3. RESULTS - VISUAL ACUITY

Figure 2 illustrates frequency histograms of the visual acuity of the RE evaluated using the modified and the original ETDRS charts. It is evident that the average LogMAR acuity, measured with the modified chart, is -0.01 (1.02 decimal acuity) and with the original chart is 0.01 (0.98 decimal acuity).

Figure 3 shows plots of the difference in VA between the two sets of charts against their mean value (i.e. Bland-Altman statistics, Bland and Altman, 1986). 94.1% of the values for the RE and 96.3% for the LE lie between mean \pm 2 s.d.

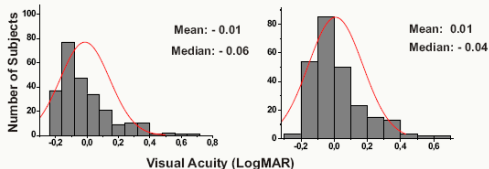


Figure 2: Plots of frequency histograms of VA of the subjects' RE as evaluated with the modified (left) and the original (right) ETDRS charts.

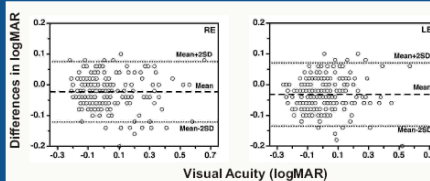


Figure 3: Plots of the difference in visual acuity between the modified and the ETDRS chart against the mean value (Bland-Altman statistics).

4. RESULTS - LETTER IDENTIFICATION

Psychometric (best-fitted Weibull) functions for the identification of Sloan letters are depicted for one subject (TP) in figure 4. The functions are shallowest in the case of letters with angular features in comparison with curved-feature letters which show steeper functions.

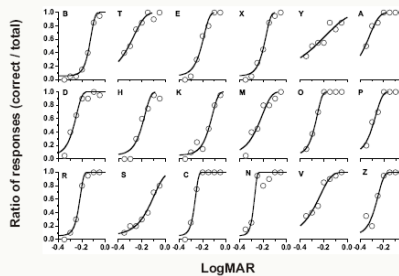


Figure 4: Psychometric functions for letter identification for one subject (TP). Graphs show the eighteen letters used in the original chart and modified charts. Solid curves represent least-squares best fits of Weibull functions.

Fig. 5 illustrates average normalised logMAR threshold values derived for each letter from four subjects. The mean normalised threshold ranges between -0.154 and 0.141 logMAR, with letter B (followed by S and K) showing the highest thresholds and letters A and P the lowest thresholds. This is in agreement with the results of the first experiment, in which optotypes C, S, D and B were more difficult to be identified compared to A, N, T and Z.

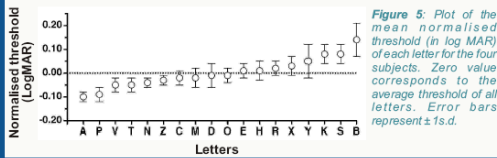


Figure 5: Plot of the mean normalised threshold (in log MAR) of each letter for the four subjects. Zero value corresponds to the average threshold of all letters. Error bars represent \pm 1 s.d.

5. CONCLUSIONS

The overall pattern of results suggests that the evaluation of visual acuity with the modified charts lead to similar results with the original ETDRS charts. In total, the letters used for substituting the original characters were equally identifiable. It is concluded that the modified logMAR ETDRS chart forms an alternative way for assessing visual acuity, offering the advantage of containing letters recognisable by all European citizens.

REFERENCES

Alexander, KR Xei W, and Derlacki DJ (1997). Visual acuity and contrast sensitivity for individual Sloan letters. Vision Res., 37: 813-819.
 Ferris III FL, Kassoff A, Bresnick GH and Bailey I. (1982). New visual acuity charts for clinical research. American Journal of Ophthalmology 94:1-96.
 Ferris III FL, Fredlin V, Kassoff A, Green SB and Milton RC (1983). Relative letter and position difficulty on visual acuity charts from the early treatment diabetic retinopathy study. American Journal of Ophthalmology 116:735-740.
 Pelli DG, Robson JG and Wilkins AJ (1988). The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. Clinical Vision Science, 2: 187-199.
 Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. LANCET, 3, 307-310.

-
1. Atchison et al. "The effect of pupil size on visual acuity in uncorrected and corrected myopia". *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 56:315-323, 1979.
 2. Graham, C.H. (ed) "Vision and Visual Perception. New York: John Wiley and Sons", Inc., 1965.
 3. Green D.G. "Regional variations in the visual acuity for interference fringes on the retina." *J Physiol.* 207:351-356, 1970.
 4. Donders F.C. "On the Anomalies of accommodation and Refraction". New Sydenham Society, London, 1864.
 5. August Colenbrander "Measuring Vision and Loss". MD – San Francisco, 2001.
 6. De Haan V "Research on the influence of age on visual acuity" (Onderzoekingen naar de invloed van de leeftijd op de gezichtsscherpte)– Doctoral Dissertation, Utrecht, 1862.
 7. Elliott D.B., Yang K.CH., Whitaker D. "Visual Acuity changes throughout adulthood in Normal Eyes: Seeing beyond 6/6". *Optom. Vision Sci.* 72:186-191, 1995.
 8. Haegerstrom-Portnoy G., Schneck M.E, Brabyn J.A. "Seeing into Old Age: Vision Function Beyond Acuity". *Optom. And Vision Sci.* 76(3): 141-158, 1999.
 9. Taylor H.R. "Racial Variations in Vision". *Am. J. Epidemiol.* 113 (1): 62-80.
 10. Bennet A.G. "Ophthalmic test types". *Br.J. Physiol. Optics*, 22:238-271, 1965.
 11. "British Standard – Test Charts for Determining Distance Visual Acuity" BS 4274. London, British Standards Institution, 1968.
 12. Green J. "On a new series of test-letters for determining the acuteness of vision". *Transact Amer. Opth.Soc.* 4th meeting, p68-71, 1868.
 13. Sloan L.L.: "New test chart for the measurement of visual acuity at far and near distance". *Am.J.Ophthalmol* 48: 807-813, 1959.
 14. Sloan L.L., Habel A. "Reading Aids for the Partially Blind". *Am. J. Ophth.* 42:863-872, 1963.
 15. Bailey I.L, Lovie J.E. "New design principles for visual acuity letter charts". *Am J Optom & Physiol Opt* 53:740-745, 1976.
 16. Taylor H.R. "Applying new design principles to the construction of an illiterate E chart". *Am J Optom Physiol Optics* 55:348-351, 1978.
 17. Ferris F.L., Kassov A., Bresnick G.H., Bailey I. "New visual acuity charts for clinical research". *Am J Ophthalmol* 94:91-96, 1982.
 18. McGraw P.V., Winn B. "Glasgow Acuity Cards: a new test for the measurement of letter acuity in children". *Ophthalmic Physiol. Opt.* Oct;13(4):400-4, 1993.

-
19. Hyvarinen L, Nasanen R, Laurien P. “New visual acuity test for pre-school children”. *Acta Ophthalmol.* 58:507-511, 1980.
20. “Visual acuity measurements ” *J Cataract Refract Surg*-Vol 30, February 2004 Guest Editorial
21. Ricci F., Cedrone C., Cerulli L. “Standardized measurement of visual acuity” *Ophthalmic Epidemiology* – 1998, Vol.5, pp.41-53, 1997
22. Bland J.M. , Altman D.G. “Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement”. *Lancett*, 8,307-10, 1986.
23. Stanley A. Klein “Measuring, estimating, and understanding the psychometric function: A commentary”. *Perception & Psychophysics* 63(8),1421-1455, 2001.
24. Raasch T.W., Bailey I.L., Bullimore M.A. “Repeatability of Visual acuity Measurement”. *Optom. And Vision Sci.* 75(5): 342-348, 1998.
25. Ferris III F.L., Kassoff A., Bresnick G.H. and Bailey I. “New visual acuity charts for clinical research” *American Journal of Ophthalmology* 94: 1-96, 1982.
26. Ferris III F.L., Fredlin V., Kassoff A., Green S.B, Milton R.C “Relative letter and position difficulty on visual acuity charts from the early treatment diabetic retinopathy study” *American Journal of Ophthalmology* 116:735-740, December 1993
27. Alexander K.R, Xei W., Derlacki D.J. “Visual acuity and contrast sensitivity for individual Sloan letters” *Vision Res.*, Vol. 37, No.6, pp.813-819, 1997
28. Reich L.N., Ekabutr M. “The effects of Optical Defocus on the Legibility of the Tumbling-E and Landolt-C” *Optometry and Vision Science*, 2002
29. Rosser D.A., Murdoch I.E. Cousens S.N. “The effect of optical defocus on the Test-Retest Variability of Visual Acuity Measurements”. *Investigate Opth. & Visual Science*, Vol.45, No.4, 2004.
30. “Visual standards- Aspects and ranges of vision loss”. *ICO report- Sydney*, April 2002
31. Pelli D.G., Robson J.G. and Wilkins A.J. “The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity” *Clin. Vision Sci.* Vol.2, No.3 , pp.187-199, 1988
32. Ψύλλας Κωνσταντίνος Γ. “Εισαγωγή στην Οφθαλμολογία και στη Νευροφθαλμολογία”. *University Studio Press*.
33. Thomas T. Norton-David, A. Corliss, James E. Bailey “The Psychophysics Measurement of Visual Function”
34. “Διακριτική ικανότητα του οφθαλμού-Οπτική οξύτητα”. (Σημειώσεις μαθήματος “Φυσιολογική Οπτική και Εφαρμογές I ” από Σ.Πλαϊνή).

- 35.** “Ευαισθησία φωτεινής αντίθεσης (contrast sensitivity)”. (Σημειώσεις μαθήματος “Φυσιολογική Οπτική και Εφαρμογές Ι” από **Σ.Πλαϊνή**).
- 36.** “Εισαγωγή στις ψυχοφυσικές μεθόδους”. (Σημειώσεις μαθήματος “Φυσιολογική Οπτική και Εφαρμογές Ι” από **Σ.Πλαϊνή**).
- 37.** “Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και της οπτικής οδού”. (Σημειώσεις μαθήματος “Όραση και φυσιολογική οπτική” από **Σ.Πλαϊνή**).