

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλεκτροφυσιολογία και Ηλεκτροδιαγνωστικός

Έλεγχος της Όρασης

**Electrophysiology and Electrodiagnostic Testing of
Vision**

Μιχόπουλος Σπυρίδων Α.Μ. 651

Καραγιαννίδης Αλέξανδρος Α.Μ. 693

Τσίτσας Θωμάς Α.Μ. 673

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρικόπουλος Ανδρέας

Αίγιο - 2016

Θέμα:

Ηλεκτροφυσιολογία και ηλεκτροδιαγνωστικός έλεγχος της όρασης

Στοιχεία Φοιτητών:

Μιχόπουλος Σπυρίδων AM 652

Καραγιαννίδης Αλέξανδρος AM 693

Τσίτσας Θωμάς AM 673

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρικόπουλος Ανδρέας

Διμελής Επιτροπή:

1.ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

2.ΚΟΥΤΣΟΘΕΟΔΩΡΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

Ευχαριστίες

Αισθανόμαστε βαθύτατα την ανάγκη να ευχαριστήσουμε όσους βοήθησαν και συνέβαλλαν στην εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας και ιδιαίτερα τη Σχολή μας για όλη την εκπαιδευτική μας πορεία.

Τον Καθηγητή μας κ.Ανδρικόπουλο Ανδρέα , για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε με ένα τόσο σημαντικό θέμα, που ανταποκρίνεται απόλυτα στα επιστημονικά μας ενδιαφέροντα καθώς και για την επίβλεψη, την καθοδήγηση, τις επιστημονικές και συμβουλευτικές του υποδείξεις και την ιδιαίτερη τιμή της συμμετοχής του στο ερευνητικό αυτό έργο.

Τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, καθηγητές κ.Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο και κ.Κουτσοθεοδωρή Θεόδωρο για τη πρόθυμη συμμετοχή τους στην κρίση της πτυχιακής μας εργασίας.

Τέλος θα θέλαμε να εκφράσουμε τη βαθιά μας ευγνωμοσύνη στις οικογένειές μας για την κατανόηση, τη συμπαράσταση, τη ψυχολογική υποστήριξη και ενθάρρυνση όχι μόνο στην εκπόνηση της παρούσας, αλλά και σε όλα τα σημαντικά θέματα της ζωής μας.

Αλέξανδρος

Θωμάς

Σπυρίδων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Περίληψη	1
Abstract	2
Κεφάλαιο 1^ο	
Γενικές πληροφορίες για την ηλεκτροφυσιολογία.....	3
Κεφάλαιο 2^ο	
Χρήσεις της ηλεκτροφυσιολογίας	
2.1 Καρδιολογία	4
2.2 Ηλεκτροφυσιολογία της κυτταρικής μεμβράνης	6
Κεφάλαιο 3^ο	
Συνοπτική ανατομική θεώρηση του οφθαλμού	8
Κεφάλαιο 4^ο	
4.1 Ηλεκτροφυσιολογία της όρασης	14
4.2 Ηλεκτροαμφιβληστρογράφημα.....	17
4.3 Ηλεκτροοφθαλμογραφία.....	21
4.4 Προκλητά οπτικά δυναμικά (visually evoked response VER)	23
4.5 Περιγραφή της εξέτασης.....	28
4.6 Χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ηλεκτροαμφιβληστροειδογραφήματος.....	30
Κεφάλαιο 5^ο	
Σχετικές Μελέτες	34
Συμπεράσματα	37
Ξενόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές	38
Ελληνόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές.....	40
Διαδικτυακές αναφορές	41

Περίληψη

Μία ποικιλία in vitro ηλεκτροφυσιολογικές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί και ενισχυθεί τον τελευταίο μισό αιώνα που στόχο έχουν να μελετήσουν τις ιδιότητες της μεμβράνης των ιστών όπως οι σκελετικοί, οι οπτικοί ή καρδιακοί μύες. Κάθε τεχνική έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μεθοδολογικές απαιτήσεις, καθώς η σωστή χρήση των τεχνικών αυτών, μπορεί να οδηγήσει στην απόκτηση επακριβών στοιχείων για μία ολοκληρωμένη διάγνωση.

Η εξέλιξη στον τομέα της οφθαλμολογίας οδήγησε στη χρήση πολλών μη επεμβατικών τεχνικών για τη συλλογή πληροφοριών που αφορούν την υγεία και την ακεραιότητα των οφθαλμικών ιστών. Η ηλεκτροφυσιολογική μελέτη είναι μία διαγνωστική εξέταση που αποσκοπεί στη μελέτη της μη φυσιολογικής λειτουργίας της όρασης.

Κύριος σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή των συστημάτων ηλεκτροδιαγνωστικού ελέγχου που χρησιμοποιούνται στην οφθαλμολογία καθώς και η περιγραφή αυτών.

Abstract

A variety of in vitro electrophysiological techniques have been developed and strengthened over the past half century that aimed to study the properties of the membrane, and tissue such as skeletal, optical or cardiac muscles. Each technique has distinct advantages and methodological requirements, due to the fact that the correct use of these techniques can result in obtaining accurate data for a complete diagnosis.

Developments in ophthalmology led to the use of many non-invasive techniques to collect information on the health and integrity of ocular tissues. The electrophysiological study is a diagnostic test designed to study the abnormal functioning of vision.

The main purpose of this thesis is to record the electrodiagnostic control systems used in ophthalmology and provide an accurate description of them.

Κεφάλαιο 1^ο

Γενικές πληροφορίες για την ηλεκτροφυσιολογία

Ως ηλεκτροφυσιολογία ορίζεται το πεδίο έρευνας που ασχολείται με τις σχέσεις των σωματικών λειτουργιών με τα ηλεκτρικά φαινόμενα (πχ. τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής διέγερσης στους ιστούς, την παραγωγή ηλεκτρικών ρευμάτων από όργανα και ιστούς, και τη θεραπευτική χρήση των ηλεκτρικών ρευμάτων). (iatronet.gr)

Κάθε κύτταρο δέχεται ποικίλα εξωκυττάρια σήματα τα οποία μεταφέρουν πληροφορίες. Η διαβίβαση του σήματος και η μετάδοση πληροφοριών μέσω των ιοντικών διαύλων έχει ως αποτέλεσμα διάφορες διαμεμβρανικές αλλαγές του ηλεκτρικού δυναμικού. Ειδικότερα η ηλεκτροφυσιολογία είναι μία καθιερωμένη επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη των ενδογενών ηλεκτρικών ρευμάτων στα κύτταρα καθώς και με τα αποτελέσματα των ρευμάτων αυτών.

Ο όρος Ηλεκτροφυσιολογία (αγγλιστί electrophysiology) ετυμολογικά είναι σύνθετος καθώς αποτελείται από τις λέξεις ήλεκτρων και φύσις και του επιθήματος της αρχαίας ελληνικής -λογία.

Η γέννηση της ηλεκτροφυσιολογίας συνδυάζεται στενά με την ανακάλυψη των τεχνικών μετρήσεων και οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη συσχέτιση των ηλεκτρικών φαινομένων και τη βιολογική τους πρακτική ήταν οι Sauvages (1706-1767), ο Hales (1677-1761) και ο JA Nollet (1700-1770). (Wikipedia.org)

Το 1895 ο W Einthoven ανέπτυξε την τεχνική της ηλεκτροκαρδιογραφίας με στόχο την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών της καρδιάς και τη συσχέτιση αυτής της καταγραφής με διάφορα παθολογικά καρδιολογικά φαινόμενα, γεγονός που το χάρισε το Νόμπελ Ιατρικής το 1924. Το 1934 εν συνεχεία ο H Berger ανέπτυξε τη μέθοδο του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος με στόχο τη συσχέτιση διαφόρων βιολογικών φαινομένων με τις διαφοροποιήσεις της ηλεκτρικής αντίστασης του δέρματος στο πλαίσιο της ηλεκτροφυσιολογίας. (Wikipedia.org)

Τα επιτεύγματα στον τομέα της ηλεκτροφυσιολογίας από το 1934 μέχρι σήμερα είναι ποικίλα με κυριότερα την ανάπτυξη της τεχνολογίας των μηχανημάτων και την προαγωγή της μη επεμβατικότητας της τεχνικής. Η κύρια πρόοδος συντελέστηκε στη μηχανολογική εξέλιξη καθώς και στο γεγονός ότι οι συσκευές έχουν γίνει περισσότερο ευέλικτες και προσιτές όχι μόνο για τον ασθενή, αλλά και το χρήστη-ιατρό.

Κεφάλαιο 2^ο

Χρήσεις της ηλεκτροφυσιολογίας

2.1 Καρδιολογία

Μία ηλεκτροφυσιολογική δοκιμασία είναι μία διαδικασία που παρέχει πληροφορίες στο ιατρονοσηλευτικό προσωπικό, σχετικά με το ηλεκτρικό σύστημα της καρδιάς. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, λεπτοί καθετήρες εισέρχονται στο αιμοφόρο αγγείο και προσεκτικά οδηγούνται εντός της καρδιάς με τη βοήθεια ακτινογραφιών. Η ηλεκτρική δραστηριότητα και οι ηλεκτρικοί οδοί εντός της καρδιάς καταγράφονται και χαρτογραφούνται. Τα αποτελέσματα μπορεί να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της αιτίας του προβλήματος καρδιακού ρυθμού και μπορεί να οδηγήσουν στη λύση. (veteranshealthlibrary.org)

Ο καρδιακός μυς παρουσιάζει σημαντικές αναλογίες με τους γραμμωτούς μύες του υπολοίπου σώματος, η βασική διαφορά του όμως που τον κάνει να ξεχωρίζει από αυτούς είναι ότι οι κυτταρικές μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων που τον αποτελούν συγχωνεύονται και δημιουργούν ένα ενιαίο μόρφωμα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο καρδιακός μυς να αποτελεί ένα λειτουργικό σύνολο, γίνεται δηλαδή συστολή ενός μεγάλου αριθμού ινών.

Στα εργαστήρια Ηλεκτροφυσιολογίας διενεργούνται μη επεμβατικές διαγνωστικές θεραπευτικές πράξεις που αφορούν τις διαταραχές της παραγωγής και αγωγής του ηλεκτρικού συστήματος της καρδιάς. Οι ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες που διενεργούνται σκοπό έχουν την τεκμηρίωση παθολογικών βραδυκαρδιών ή ταχυκαρδιών. (veteranshealthlibrary.org)

Οι ενδείξεις για την ηλεκτροφυσιολογική μελέτη στην καρδιολογία αφορούν το χαρακτηρισμό μίας αρρυθμίας με την πρόθεση να εκτελεστεί η αντίστοιχη θεραπεία εκτομής. Το χαρακτηρισμό του συστήματος αγωγιμότητας για να προσδιοριστεί η ανάγκη τοποθέτησης μόνιμου βηματοδότη, την κατηγοριοποίηση του κινδύνου του ασθενούς να αναπτύξει μία συμπτωματική ή απειλητική για τη ζωή αρρυθμία και το χαρακτηρισμό της αποτελεσματικότητας της θεραπείας. (GCIE, 1995)

Οι κύριοι λόγοι διεξαγωγής μίας ηλεκτροφυσιολογικής μελέτης της καρδιάς είναι η ανίχνευση των αιτιών ασυνήθιστα αργού καρδιακού ρυθμού, η ανίχνευση ενός γρήγορου καρδιακού ρυθμού, δηλαδή ταχυκαρδία, η διάγνωση καρδιακής αρρυθμίας και την αξιολόγηση του κινδύνου αιφνίδιου θανάτου του υποκειμένου. (omedicine.info)

Οι πιθανές επιπλοκές της μελέτης της ηλεκτροφυσιολογίας είναι αιμορραγία, επιμόλυνση, σχηματισμός θρόμβων στο αίμα, βλάβη στα αιμοφόρα αγγεία ή την καρδιά, ανωμαλία του καρδιακού ρυθμού και ακόμη και έμφραγμα. (omedicine.info)

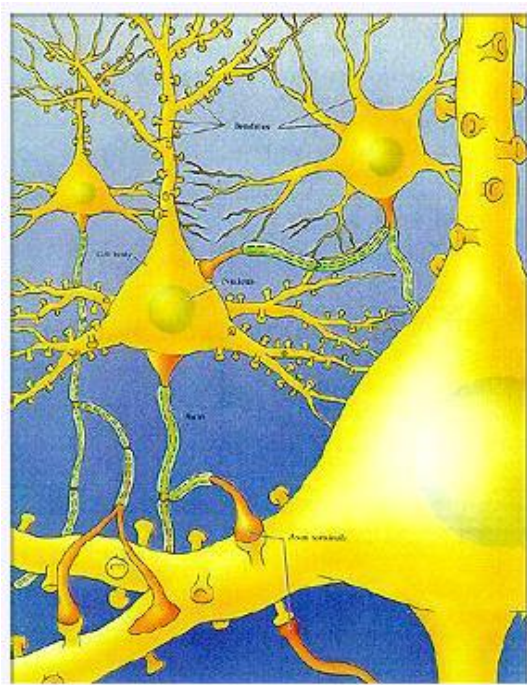


Εικόνα 1: Απεικόνιση θέσης καρδιάς (omedicine.info)

2.2 Ηλεκτροφυσιολογία της κυτταρικής μεμβράνης

Η λειτουργία του κυττάρου και η οργάνωση των λειτουργιών του οργανισμού σε επίπεδο ιστών και οργάνων αποτελεί μία σημαντική πτυχή μελέτης καθώς βασίζεται στην κατανόηση της λειτουργίας του οργανισμού και του τρόπου που η φυσιολογική λειτουργία μπορεί να μετατραπεί σε παθολογική. (Παπαθεοδωρόπουλος Κ, 2015)

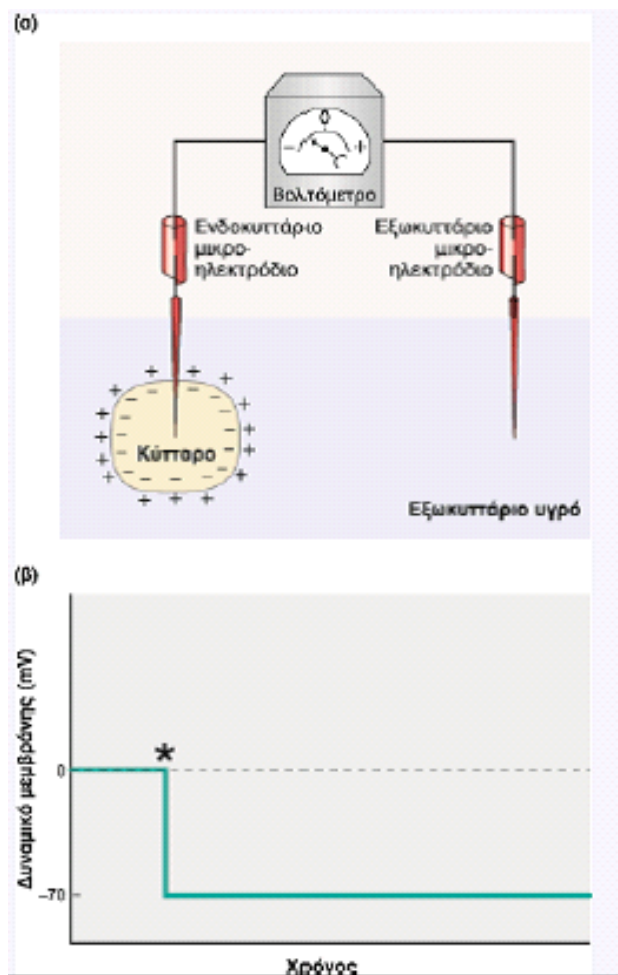
Η μελέτη της ηλεκτροφυσιολογίας της κυτταρικής μεμβράνης είναι σημαντική γιατί αρχικά η ηλεκτρική συμπεριφορά της μεμβράνης αποτελεί τη βάση της λειτουργίας των κυττάρων στο νευρικό και μυϊκό σύστημα και αποτελεί τη βάση της δημιουργίας και μετάδοσης «σήματος» κατά μήκος καθενός νευρικού κυττάρου. Η επικοινωνία στο νευρικό σύστημα περιλαμβάνει τη δημιουργία και τη διάδοση του σήματος σε κάθε νευρικό κύτταρο αλλά και τη χημική επικοινωνία των νευρικών κυττάρων. (Παπαθεοδωρόπουλος Κ, 2015)



Εικόνα 2: Απεικόνιση νευρικού συστήματος (Παπαθεοδωρόπουλος Κ, 2015)

Συγκεκριμένα το δυναμικό ηρεμίας του κυττάρου ορίζεται ως η διαφορά δυναμικού του ενδοκυττάρου και του εξωκυττάρου χώρου όταν το κύτταρο έγκειται σε κατάσταση ηρεμίας,

δηλαδή χωρίς την παρουσία κάποιου ερεθίσματος. Η δράση της αντλίας νατρίου/καλίου καθορίζει το δυναμικό ηρεμίας στα κύτταρα. Άλλος παράγοντας καθορισμού είναι οι διάλυτοι διαρροής IRK. Πειραματικά η μέτρηση του δυναμικού ηρεμίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τοποθέτηση ενός ηλεκτροδίου στο εσωτερικό του κυττάρου και ενός ηλεκτροδίου αναφοράς στο εξωτερικό του. Όταν το ηλεκτρόδιο βρίσκεται στο εξωκυττάριο υγρό, η διαφορά δυναμικού που καταγράφεται από το ηλεκτρόδιο αναφοράς είναι 0mV, καθώς και το ηλεκτρόδιο αναφοράς βρίσκεται επίσης στο εξωκυττάριο υγρό. Μόλις το ηλεκτρόδιο εισέλθει στο εσωτερικό του κυττάρου, ο παλμογράφος άμεσα καταγράφει μια αρνητική διαφορά δυναμικού μεταξύ του ενδοκυττάρου χώρου και του εξωκυττάρου υγρού. (Παπαθεοδωρόπουλος Κ, 2015)



Εικόνα 3: Μέτρηση του μεμβρανικού δυναμικού ηρεμίας (Παπαθεοδωρόπουλος Κ, 2015)

Κεφάλαιο 3^ο

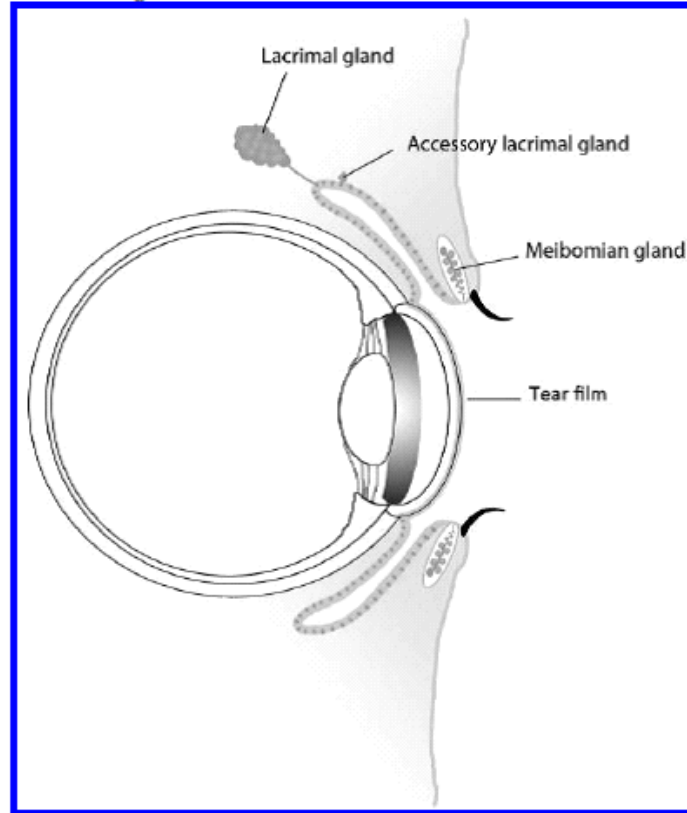
Συνοπτική ανατομική θεώρηση του οφθαλμού

Η όραση αποτελεί μία από τις βασικότερες αισθήσεις του ατόμου. Χάρη σε αυτή επιτυγχάνεται η επαφή και η επικοινωνία με το γύρω κόσμο και η συνειδητοποίηση της θέσης και της κίνησης μέσα στο χώρο. Η λειτουργία της όρασης μπορεί να παρομοιαστεί με τη λειτουργία του φιλμ της φωτογραφικής μηχανής. (Δημητράκος Σ & Οικονομίδης Π, 2013)

Συγκεκριμένα οι αρχές δημιουργίας ειδώλου μέσω του ανθρώπινου οφθαλμού είναι παρόμοιες με τις τεχνικές των οπτικών συστημάτων. Το φως που είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή εισέρχεται μέσω του κερατοειδούς στον οφθαλμό, διαθλάται και εστιάζεται στον αμφιβληστροειδή. Ο οφθαλμός μπορεί να εστιάσει σε διαφορετικές αποστάσεις με τη διαδικασία της προσαρμογής, καθώς ο φακός έχει τη δυνατότητα να αλλάζει τη διαθλαστική του ισχύ. (Movassat M, 2012)

Η κύρια λειτουργία του οφθαλμού είναι η μετατροπή της ληφθείσας φωτεινής ενέργειας σε νευρωνικές ωθήσεις μέσω χημικών αλληλεπιδράσεων στο οπίσθιο τμήμα. Στη συνέχεια αυτά τα ερεθίσματα μετά από συγκεκριμένη επεξεργασία μεταφέρονται στον οπτικό φλοιό μέσω της οπτικής οδού. Τα διπολικά και τα γαγγλιακά κύτταρα, σε συνδυασμό με τα οριζόντια κύτταρα Muller λαμβάνουν ερεθίσματα από τους φωτοϋποδοχείς και μετά από κάποια επεξεργασία μεταφέρουν αυτά τα ερεθίσματα στην οπτική οδό. (Movassat M, 2012)

Η οφθαλμική επιφάνεια, μία ολοκληρωμένη μονάδα που περιλαμβάνει τον κερατοειδή, τον επιπεφυκότα, τους δακρυϊκούς αδένες και τα βλέφαρα, περιγράφεται πρώτη φορά από τον Thoft το 1987. Ο Γκίπσον επέκτεινε την περιγραφή του συστήματος της οφθαλμικής επιφάνειας στη διάλεξη της Friedenwald το 2007: «η οφθαλμική επιφάνεια περιλαμβάνει την επιφάνεια και το αδενικό επιθήλιο του κερατοειδούς, τον επιπεφυκότα, τον δακρυϊκό αδένα, τα αξεσουάρ των δακρυϊκών αδένων, τους μείβομιανούς αδένες και ακραίο (δάκρυα) και τις βλεφαρίδες με τους σχετικούς αδένες των Moll και Zeis». Μαζί, αυτά τα τμήματα διασυνδέονται μέσω ενός συνεχούς επιθηλίου, καθώς και με το νευρικό, αγγειακό, ανοσοποιητικό και ενδοκρινικό σύστημα. Η εικόνα απεικονίζει μία εγκάρσια τομή που δείχνει μερικά από τα τμήματα του συστήματος της οφθαλμικής επιφάνειας. Η δακρυϊκή λειτουργική μονάδα ορίζεται από τη International Dry Eye Work Shop του 2007 ως «ένα ολοκληρωμένο σύστημα που περιλαμβάνει τους δακρυϊκούς αδένες, την οφθαλμική επιφάνεια (κερατοειδής χιτώνας, επιπεφυκότα και μείβομιανούς αδένες), καπάκια, και τα αισθητήρια και κινητικά νεύρα που τους συνδέουν. (Herranz R & Herran R, 2013)



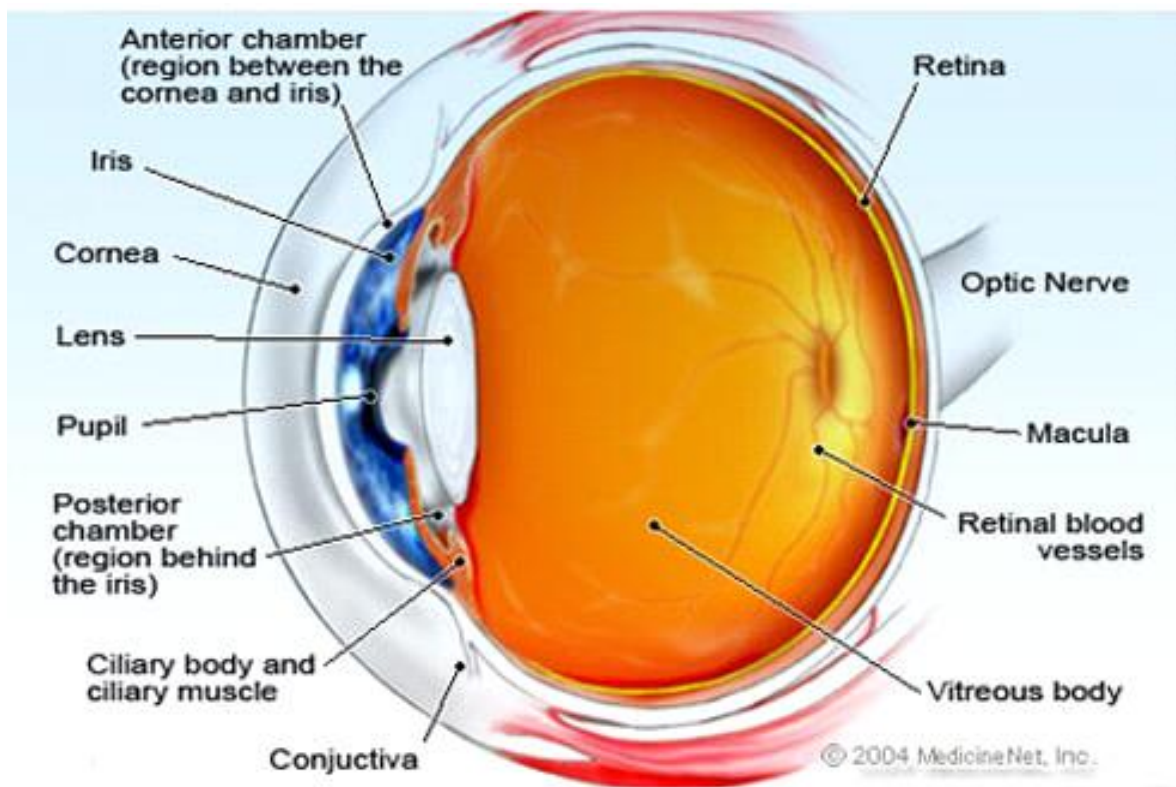
Εικόνα 4: Δείχνει μία εγκάρσια όψη του συστήματος οφθαλμικής επιφάνειας (Herranz R & Herran R, 2013)

Στην κανονική οφθαλμική επιφάνεια, ο κερατοειδής καταλαμβάνει το κατά προσέγγιση κέντρο της εκτεθειμένης επιφάνειας. Το εξωτερικό όριο του κερατοειδούς δίπλα στον προμήκη επιπεφυκότα είναι το χείλος. Και στις δύο πλευρές του χείλους είναι δύο τριγωνικές περιοχές του επιπεφυκότα, που οπτικοποιούνται ως το λευκό μέρος του σκληρού χιτώνα. Όταν ένα άτομο κοιτάζει ίσια μπροστά, το ύψος του κάτω βλεφάρου είναι συνήθως 1-2 mm υψηλότερα ή χαμηλότερα από το κατώτερο χείλος του κερατοειδούς, ενώ το ανώτερο βλέφαρο είναι συνήθως 1-2 mm υψηλότερα από τον οπτικό άξονα αλλά ακριβώς κάτω από την ανώτερη στεφάνη του κερατοειδούς. (Herranz R & Herran R, 2013)

Το βλέφαρο αναφέρεται σε μια κινητή πτυχή του δέρματος, των μυών και του χόνδρου που μπορεί να κλείσει ή να ανοίξει πάνω από το βολβό του ματιού. Οι άνω και κάτω βλεφαρίδες σχηματίζουν ένα κάλυμμα πάνω από τον βολβό για την προστασία του από το υπερβολικό φως ή από τραυματισμό. Όταν τα βλέφαρα είναι ανοιχτά, τα περιθώρια αποτελούν μία αμυγδαλωτή δομή. Η δομή του βλεφάρου αποτελείται από τέσσερα στρώματα. Το πρώτο ή εξόχως απόκεντρο στρώμα περιλαμβάνει το δέρμα, βλεφαρίδες και συνδέεται με αδένες. Το δεύτερο στρώμα περιλαμβάνει τη μυϊκή στοιβάδα, δηλαδή το μυ σφιγκτήρα, τον εγκύκλιο σφιγκτήρα όπως τους μυς υπεύθυνους για το κλείσιμο των βλεφάρων. Το τρίτο στρώμα, σημαντικό για τη μηχανική

σταθερότητα του βλεφάρου, αποτελείται κυρίως από την ταρσική πλάκα. Το εσώτατο στρώμα του βλεφάρου είναι ο βλεφαρικός επιπεφυκότας. (Herranz R & Herran R, 2013)

Ο βολβός του οφθαλμού έχει βάρος 6.5-7.5 gr και στην προσθοπίσθια διάμετρο διαστάσεις 24mm, στην κάθετη διάμετρο 23mm και στην οριζόντια διάμετρο 23.5 mm. Εμφανίζει σχήμα σφαιρικό και περιγραφικά αναφέρεται με δύο πόλους, τον πρόσθιο και τον οπίσθιο. Ο γεωμετρικός άξονας που ενώνει τους δύο πόλους είναι ο ίδιος με τον οπτικό άξονα. Ο οφθαλμός αποτελείται από τρεις χιτώνες και τρεις θαλάμους. Η μέση διαθλαστική ισχύς του ανθρώπινου οφθαλμού είναι περίπου 60 διοπτρίες. (Bye L et al, 2013)



Εικόνα 5: Ανατομία οφθαλμού (medicinenet,inc, 2004)

Οι τρεις χιτώνες περιλαμβάνουν:

- Τον έξω ή ινώδη που περιλαμβάνουν τον κερατοειδή και το σκληρό χιτώνα
- Τον μέσο ή αγγειώδη που περιλαμβάνει την ίριδα, το ακτινωτό σώμα και τον χοριοειδή χιτώνα
- Τον έσω ή νευρικό που περιλαμβάνει το επιθήλιο του ακτινωτού σώματος και τον αμφιβληστροειδή.

Οι τρεις χώροι περιλαμβάνουν:

- Τον πρόσθιο θάλαμο και τη γωνία αυτού, που διοχετεύεται το υδατοειδές υγρό
- Τον οπίσθιο θάλαμο και το ακτινωτό σώμα που παράγεται το υδατοειδές υγρό
- Το υαλώδες σώμα που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του βολβού (Kaufman P, 2003)

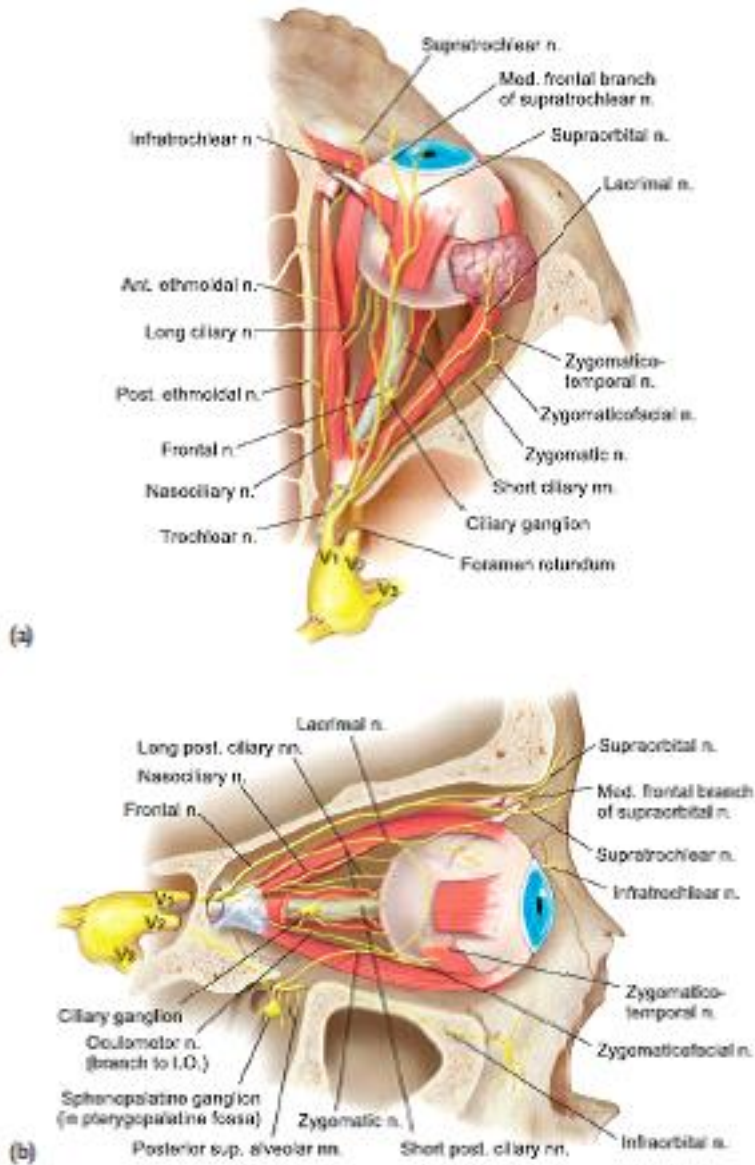
Τα υπόλοιπα τμήματα του οφθαλμού είναι:

- Τα προστατευτικά τμήματα, δηλαδή το άνω και κάτω βλέφαρο και οι βλεφαρίδες
- Οι δακρυϊκοί αδένες, που στόχο έχουν τη διατήρηση του επιθηλίου του κερατοειδούς υγρού και διαυγές
- Οι αποχετευτικές δακρυϊκοί οδοί
- Η οφθαλμική κοιλότητα που περιλαμβάνει τους οφθαλμικούς μύες, τα αγγεία και τα νεύρα, το λιπώδες υπόστρωμα και το σύστημα του συνδετικού ιστού. (Κολιόπουλος Ι, 1995)

Στα κινητικά όργανα του ματιού συγκαταλέγονται:

- Ο άνω ορθός και κάτω ορθός μυς για την επίτευξη της οριζόντιας κίνησης
- Ο έξω ορθός και έσω ορθός μυς για την επίτευξη της κατακόρυφης κίνησης
- Ο κάτω λοξός και άνω λοξός μυς για την επίτευξη διαφόρων κινήσεων. (Bye L et al, 2013)

Οι κυριότερες ενδείξεις βασικών προβλημάτων όρασης περιλαμβάνουν το στραβισμό, το νυσταγμό, την ευαισθησία σε έντονο φως, το τρίψιμο των ματιών, της έλλειψη φυσιολογικής περιέργειας για επαφή με τα αντικείμενα, τη μερική ή ολική δυσκολία στο διάβασμα, την αδεξιότητα σε παιχνίδια που απαιτούν συντονισμό ματιού-χειριού κλπ. (Bye L et al, 2013)



Εικόνα 6: Ανατομία των νεύρων του οφθαλμού (Bye L et al, 2013)

Η φυσιολογία της όρασης είναι ένα σύνθετο φαινόμενο το οποίο δεν έχει κατανοηθεί επαρκώς. Οι κύριοι μηχανισμοί που εμπλέκονται στη φυσιολογία της όρασης είναι η έναρξη της όρασης (φωτομετατροπή), η λειτουργία των φωτοϋποδοχέων, η επεξεργασία και η διαβίβαση των οπτικών ερεθισμάτων και η οπτική αντίληψη, μία λειτουργία του οπτικού φλοιού και συναφών τομών του εγκεφαλικού φλοιού. (Khurana A, 2007)

Κεφάλαιο 4^ο

4.1 Ηλεκτροφυσιολογία της όρασης

Η ηλεκτροδιάγνωση στην οφθαλμολογία είναι μία μέθοδος που διερευνά τη λειτουργική διαδικασία της μεταφοράς ερεθισμάτων στον οπτικό φλοιό μέσω της οπτικής οδού και μπορεί να βοηθήσει σε πολλές περίπλοκες καταστάσεις. Υπάρχουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά τα οποία διαφοροποιούν αυτή τη μέθοδο από άλλες διαγνωστικές μεθόδους, είναι και λειτουργική και αντικειμενική. Πολλές οφθαλμικές δοκιμασίες όπως η αγγειογραφία, το υπερηχογράφημα και η OCT είναι αντικειμενικές, αλλά δεν είναι τόσο λειτουργικές όσο η ηλεκτροδιάγνωση. Επιπρόσθετα οι περιμετρικές δοκιμασίες και οι δοκιμασίες ευαισθησίας είναι λειτουργικές, αλλά δε θεωρούνται αντικειμενικές. (Movassat M, 2012)

Αυτός είναι ο λόγος που οι ηλεκτροδιαγνωστικές δοκιμασίες θεωρούνται ότι επιλύουν πολλά προβλήματα σε αρκετές διφορούμενες διαγνωστικές περιπτώσεις. Η ηλεκτροδιάγνωση στην οφθαλμολογία περιλαμβάνει το ηλεκτροαμφιβληστρογράφημα (ERG), την ηλεκτροοφθαλμογραφία (EOG) και την Οπτικά Προκλητά Δυναμικά δοκιμασία (VEP). Υπενθυμίζεται ότι οι δοκιμασίες αυτές θα πρέπει να διατάσσονται με τις κατάλληλες ενδείξεις και τα αποτελέσματά τους να ερμηνεύονται από ιατρό εξοικειωμένο στην παθολογία των οφθαλμικών παθήσεων. (Movassat M, 2012)

Η ιστορία της καταγραφής του ηλεκτροαμφιβληστροειδογραφήματος αναφέρεται στους Einthoven και Jolly το 1908 και στη συνέχεια στους Kahn και Lowenstein το 1924, με τα έργα τους σε ότι αφορά τα τροποποιημένα ηλεκτρόδια. Αλλά οι κυριότερες είναι οι έρευνες του Granit κατά τη διάρκεια των ετών 1933-1947 που διαφοροποίησε τα ERG συστατικά στον άνθρωπο. Το έργο των Noell, Tomita, Brindly και Brown έδειξε την προέλευση αυτών των συστατικών και άνοιξε το δρόμο για την κλινική χρήση των ERG. Σε μία ξεχωριστή έρευνα η ομάδα του Brown μπλόκαρε την κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδούς σε πειραματόζωα γάτας κατά την εγγραφή ERG και απέδειξε τη σχέση μεταξύ του κύματος α και των φωτοϋποδοχέων. Η σχέση μεταξύ του κύματος β και των κυττάρων Muller αποδείχθηκε από τον Miller και τον Dowling και ο Riggs εισήγαγε τα ηλεκτρόδια φακών επαφής το 1941 και διάνοιξε την προοπτική πρακτικής χρήσης της ERG στην οφθαλμολογία. (Movassat M, 2012)

Στη συνέχεια ο Karpe έδωσε έμφαση στη διαγνωστική αξία της ERG ακόμη και σε οφθαλμούς με θολό μέσο. Σε ότι αφορά την ηλεκτροοφθαλμογραφία, το έργο του Kris βοήθησε να βρεθούν οι αργές ηλεκτρικές αλλαγές του οφθαλμού σε κατάσταση χαλάρωσης προκαλούμενες από ένα προσθιοπίσθιο ηλεκτρικό φορέα και έδειξε ότι οι πιθανές αλλαγές διαφέρουν σε κατάσταση συσκότισης κατά την προσαρμογή του οφθαλμού. Στη συνέχεια ο Arden συνέκρινε αυτές τις δυνατότητες της προσαρμογής στο φως και το σκότος και βασίστηκε

σε ένα διαγνωστικό δείκτη, που σήμερα είναι γνωστός ως Arden ratio. Η ιστορία των οπτικών προκλητών δυναμικών δοκιμασιών πηγάζει από τον Arden και Matthews οι οποίοι το 1934 εξήγησαν τις αποκρίσεις των ινιακών λοβιακών σε ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Στη συνέχεια ο Monnier, το 1952, με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής κατέγραψε κύματα σε λανθάνοντα χρόνο περίπου 90-120msec. Ο Ciganek αργότερα το 1961 περιέγραψε τα συστατικά στοιχεία του VEP και οι Gastaut και Regis περιέγραψαν ότι η πιο αμετάβλητη συνιστώσα του VEP είναι το κύμα P2. Οι Harding και συν σχεδίασαν ένα μοτίβο διέγερσης για VEP και απέκλεισαν την υπόθεση ισχυριζόμενοι ότι ορισμένα στοιχεία του VEP είναι κύματα ERG. Τέλος ο Halliday πραγματοποίησε πειραματικά έργα VEP σε κλινική χρήση το 1972. (Movassat M, 2012)

Αξίζει να αναφερθεί ότι από την επίδραση της φωτεινής ακτινοβολίας παρατηρούνται διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές και φωτοχημικές αντιδράσεις στον οφθαλμό, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ηλεκτρικής δραστηριότητάς του.

Οι μεταβολές της ηλεκτρικής δραστηριότητας του αμφιβληστροειδούς μπορούν να καταγραφούν και η γραφική απεικόνισή τους αποτελεί το ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (HAF). Το πρώτο στάδιο της ηλεκτρικής αυτής αντίδρασης εντοπίζεται το εξωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων και αποτελεί το πρώιμο ηλεκτρικό δυναμικό. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η εμφάνιση του κύματος α και ακολουθεί το κύμα β. Έχει βρεθεί ότι οι μηχανισμοί της γένεσης του κύματος α εντοπίζονται στον πυρήνα των φωτοϋποδοχέων, δηλαδή τα κωνία και τα ραβδία, ενώ του κύματος β στα δίπλα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. (ophthalmica.gr)

Διάφορες ειδικές εξετάσεις για την αντικειμενική αξιολόγηση της οπτικής λειτουργίας πραγματοποιούνται σήμερα. Αυτές οι ηλεκτροφυσιολογικές δοκιμασίες θα πρέπει να διεξάγονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Διεθνούς Εταιρείας Κλινικής Ηλεκτροφυσιολογίας της Όρασης (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision -ISCEV) από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό και διαγιγνώσκονται σε συνδυασμό με περαιτέρω κλινική εικόνα από οφθαλμίατρο που ειδικεύεται σε αυτόν τον τομέα. (athenseyehospital.gr)

Οι ηλεκτροφυσιολογικές εξετάσεις παρέχουν αντικειμενικές πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της οπτικής οδού από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο (οπτική οδός ονομάζεται η οδός που διασχίζει ένα φωτεινό ερέθισμα από τον οφθαλμό για να φθάσει από το κέντρο της όρασης στον εγκέφαλο). Η λειτουργία της όρασης προκειμένου να είναι πλήρης, απαιτεί μία ακολουθία των δομών και της φυσιολογικής λειτουργίας που είναι άρρηκτα συνδεδεμένες και αρχίζουν από τον ίδιο τον οφθαλμό και καταλήγουν στον εγκεφαλικό φλοιό δηλαδή το κέντρο του εγκεφάλου, που είναι υπεύθυνος για την όραση. (athenseyehospital.gr)

Η πλήρης ηλεκτροφυσιολογική δοκιμασία απαιτείται για την ανίχνευση αλλοιώσεων σε οποιοδήποτε τμήμα της οπτικής οδού. Επιπλέον υπάρχουν πολλές ασθένειες σύμφωνα με τις οποίες ο οφθαλμός εμφανίζεται φυσιολογικός κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ενώ η λειτουργία των οπτικών κυττάρων είναι μειωμένη, που αυτό μπορεί να ανιχνευθεί μόνο από την ηλεκτροφυσιολογική εξέταση. Επίσης μικρά παιδιά ή άτομα με δυσκολία στην επικοινωνία, όπου η καταγραφή της οπτικής λειτουργίας είναι δύσκολη, οι ηλεκτροδιαγνωστικές δοκιμασίες παρέχουν σαφείς πληροφορίες σχετικά με την οπτική λειτουργία αυτών των ασθενών, γεγονός που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν αδύνατο να συμβεί. (athenseyehospital.gr)

Ενδεικτικές παθήσεις των οφθαλμών όπου οι ηλεκτροδιαγνωστικές δοκιμασίες είναι σημαντικές κατά την κλινική προσέγγιση είναι: δυστροφίες του αμφιβληστροειδούς, όπως

μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια, συγγενή αμαύρωση από Leber, χοριοοιδερεμία, συγγενής ρετινόσχιση, σύνδρομο των κώνων S, δυστροφία των κώνων, νόσος του Stargardt, σύνδρομο Usher, συγγενής νυκταλωπία, νόσος του Best, νόσοι της ωχράς και σύνδρομο του Bardet-Biedl. Επιπλέον η ηλεκτροφυσιολογική εξέταση είναι σημαντική για τη διάγνωση ασθενειών των οφθαλμών που δεν είναι γενετικά καθορισμένες όπως τοξική αμφιβληστροειδοπάθεια, παρανεοπλασματικά σύνδρομα, μη οργανική απώλεια της όρασης, ραγοειδίτιδα με αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς και σκιάσεις στη διάθλαση του μέσου και τέλος περιπτώσεις νεογνών με πιθανή βλάβη του αμφιβληστροειδούς. (athenseyehospital.gr)

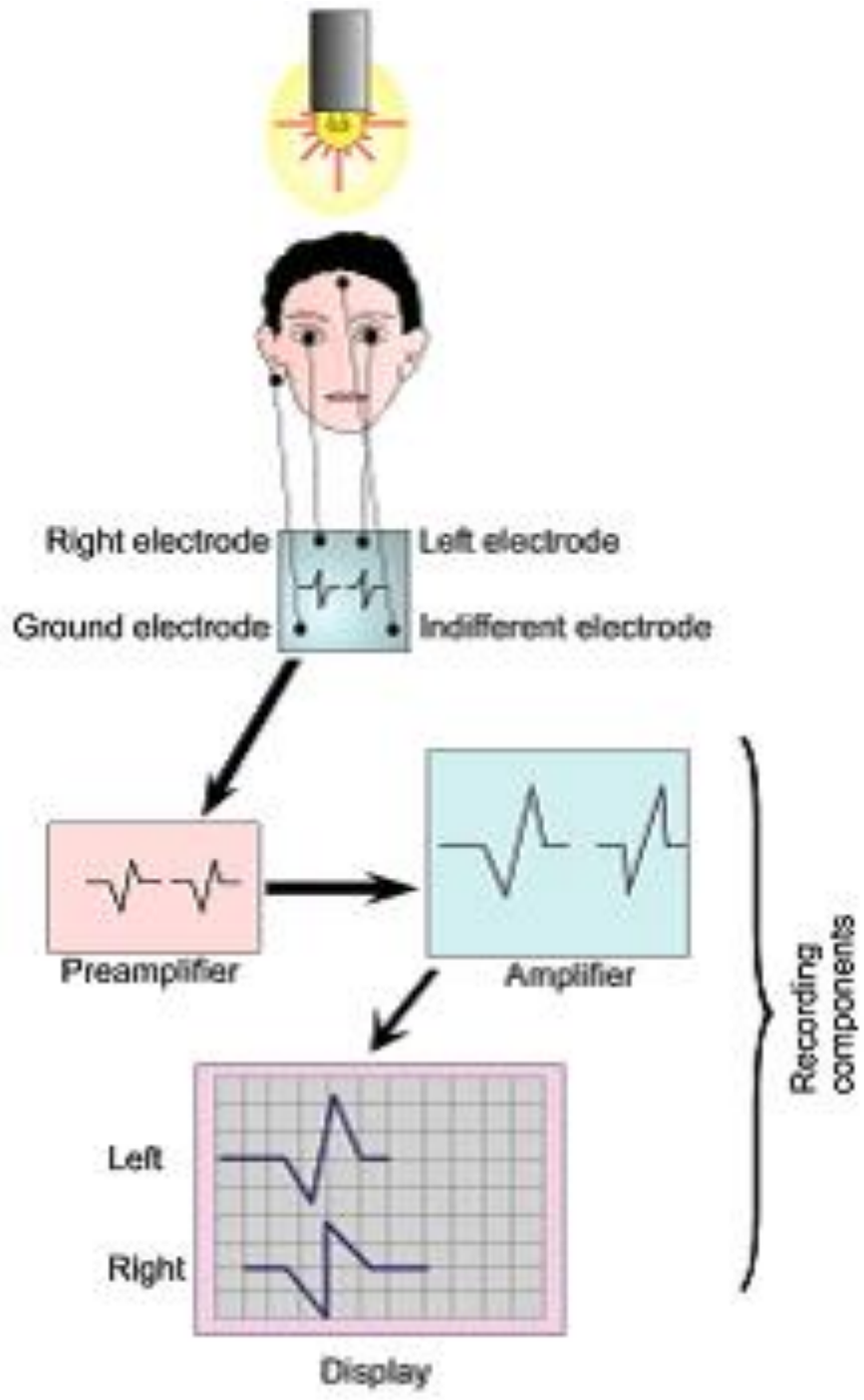
Οι ενδείξεις για την ηλεκτροφυσιολογική δοκιμασία σε παιδιά αποτελούν ο νυσταγμός, το σοβαρό διαθλαστικό σφάλμα, η μελέτη λειτουργίας της οπτικής οδού, η μελέτη λειτουργίας του αμφιβληστροειδή, η νευροαισθητήρια βαρηκοΐα για αποκλεισμό συνδρόμου usher και αμβλυωπία που δεν ανταποκρίνεται στην κάλυψη του οφθαλμού. (ophthalmica.gr)

4.2 Ηλεκτροαμφιβληστρογράφημα

Οι φωτοϋποδοχείς, τα ραβδία και τα κωνία, που περιέχουν φωτοευαίσθητες χρωστικές, είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή της ενέργειας του φωτός σε νευρικές ωθήσεις και το RPE (retinal pigment epithelium – επιθηλιακή χρωστική του επιθηλίου) κατέχει ένα θεμελιώδη ρόλο στη διαδικασία αυτή. Το RPE έχει επίσης ένα σημαντικό ρόλο στην απορρόφηση του διάσπαρτου φωτός που εισέρχονται στους οφθαλμούς και μπορεί να επηρεάσει την οπτική λειτουργία. Η οψίνη, ένα φωτοευαίσθητο παράγωγο πρωτεΐνης στο εξωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων, βρίσκεται σε στενή σχέση με τις ιοντικές αλλαγές της εξοκυτταρικής ουσίας. Με τις φωτοχημικές και στη συνέχεια χημειο-ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις αυτών των συστατικών χρωστικής ουσίας το υπολειπόμενο του δυναμικού του εσωτερικού τμήματος των φωτοϋποδοχέων αλλάζει σε δραστικό δυναμικό. (Movassat M, 2012)

Οι διεργασίες στο εσωτερικό τμήμα του συγκροτήματος των κυττάρων Muller καθιστούν την εξωτερική περιοριστική μεμβράνη που διαχωρίζει μοριακά το χώρο από τον νευρικό αμφιβληστροειδή. Τα κύτταρα Muller με τις μακρές διεργασίες τους είναι παρόντα σε πολλές στιβάδες του αμφιβληστροειδή, από τις εξωτερικές έως τις εσωτερικές περιοριστικές μεμβράνες, και προάγουν την νευρογλοιακή δομή του αισθητικού αμφιβληστροειδή. Με την αλλαγή στα επίπεδα καλίου και υδατανθράκων, τα κύτταρα αυτά μοιράζονται την ηλεκτρική απόκριση και συνεπώς επηρεάζουν το ERG. Επιπροσθέτως εγγύτερη ανατομική και φυσιολογική σχέση μεταξύ του χοροειδούς, του RPE και του αισθητικού αμφιβληστροειδή εξηγεί γιατί η παθολογία μπορεί να επηρεάσει και άλλους και είναι η αιτία της σχετικής επικάλυψης των αποτελεσμάτων της δοκιμασίας με ERG, EOG και VEP. Σε έντονο φως ή σε φωτοπική όραση, τα κωνία με τις τρεις χρωστικές ουσίες, κόκκινο, πράσινο και μπλε, μπορούν να χαρακτηριστούν φωτοευαίσθητα, αλλά στο αμυδρό φως ή σε σκοτοτοπική όραση, τα ραβδία που περιέχουν ροδοψίνη είναι ενεργά. (Movassat M, 2012)

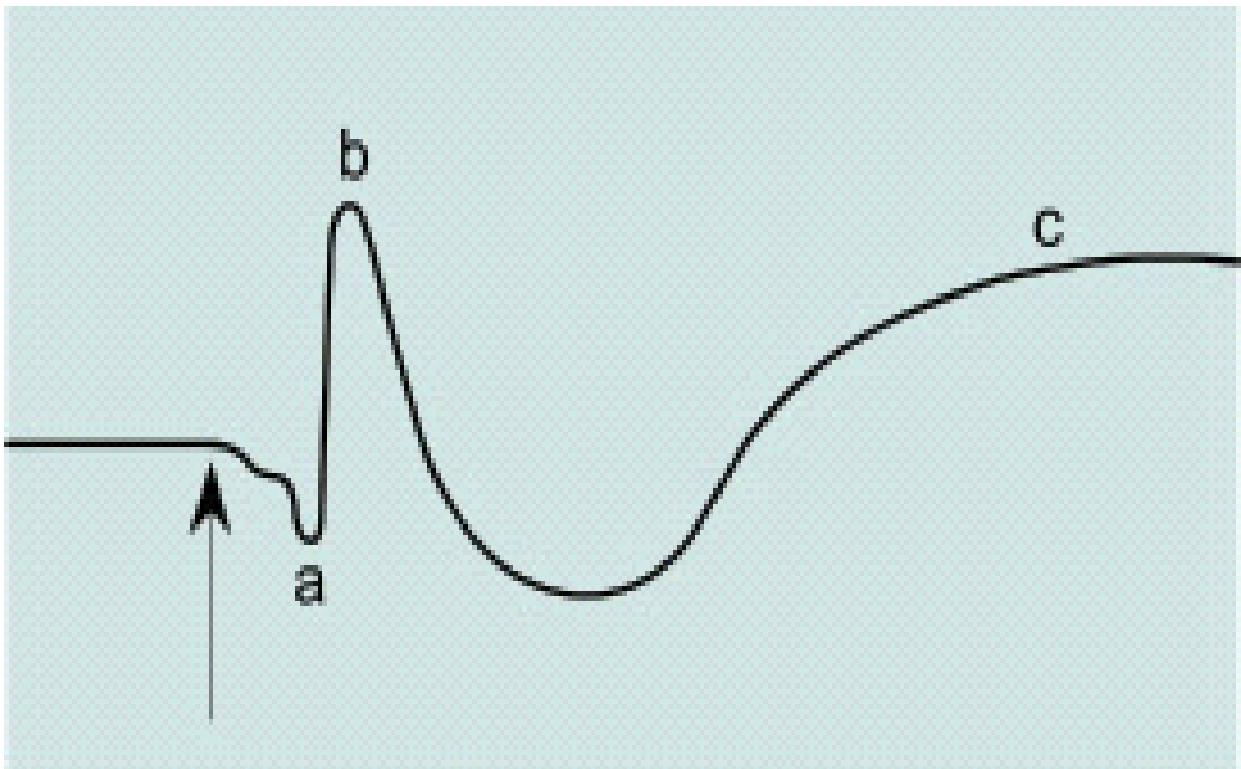
Συγκεκριμένα το ERG είναι η καταγραφή των αλλαγών σε δυναμικό ηρεμίας του οφθαλμού μέσω ερεθίσματος φωτός. Υπολογίζεται σε σκούρο προσαρμοσμένο οφθαλμό με ενεργό ηλεκτρόδιο που τοποθετείται στον κερατοειδή και το αναφερόμενο ηλεκτρόδιο συνδέεται με το μέτωπο. (Khurana A, 2007)



Εικόνα 7: Τεχνική της καταγραφής ERG (Khurana A, 2007)

Η κανονική εγγραφή του ERG αποτελείται από τα ακόλουθα κύματα:

- Κύμα α: Είναι ένα αρνητικό κύμα που μπορεί να προκύψει από τα ραβδία και τα κωνία
- Κύμα β: Είναι ένα μεγάλο θετικό κύμα το οποίο παράγεται από τα κύτταρα Muller αλλά αντιπροσωπεύει τη δραστηριότητα των διπολικών κυττάρων
- Κύμα γ: Είναι επίσης ένα θετικό κύμα που αντιπροσωπεύει τη μεταβολική δραστηριότητα του χρωστικού επιθηλίου. (Khurana A, 2007)



Εικόνα 8: Απεικόνιση των κυμάτων σε φυσιολογικό ERG (Khurana A, 2007)

Το ERG είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ανίχνευση λειτουργικών ανωμαλιών του εξωτερικού αμφιβληστροειδούς (έως τη διπολική κυτταρική στιβάδα), πριν ακόμα εμφανιστούν οφθαλμοσκοπικά σημεία. Ωστόσο το ERG είναι φυσιολογικό σε ασθένειες που περιλαμβάνουν

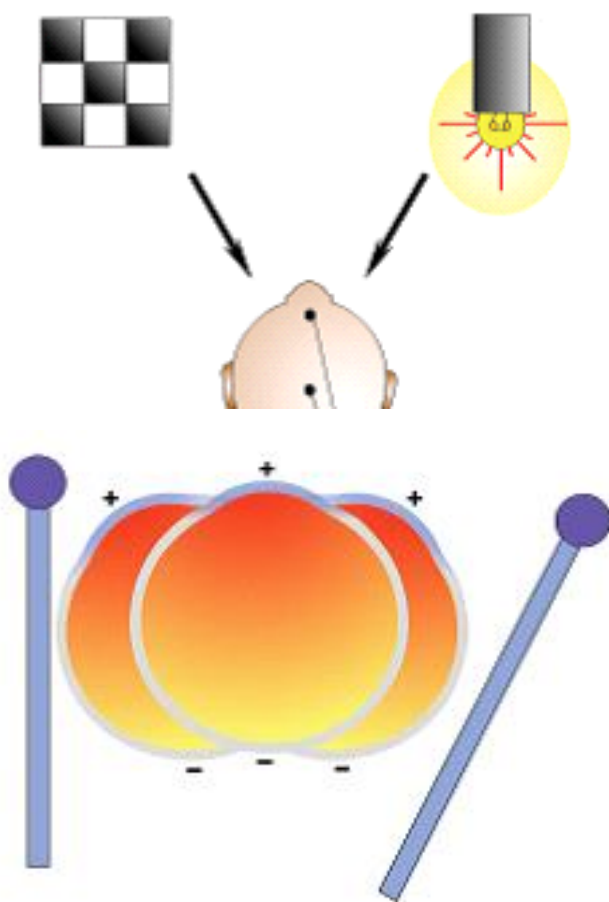
τα γαγγλιακά κύτταρα και το υψηλότερο τμήμα της οπτικής οδού, όπως σε περιπτώσεις οπτικής ατροφίας. (Khurana A, 2007)

Σε ότι αφορά τις κλινικές εφαρμογές του ERG περιλαμβάνουν τη διάγνωση και πρόγνωση των διαταραχών του αμφιβληστροειδούς όπως μελαγχρωστική αμφιβληστροπάθεια, συγγενή αμαύρωση Leber, ισχαιμία του αμφιβληστροειδούς και άλλους χοριοαμφιβληστροειδικούς εκφυλισμούς. Επίσης συντελεί στην αξιολόγηση της λειτουργίας του αμφιβληστροειδούς, όταν η εξέταση βυθού δεν είναι εφικτή για παράδειγμα σε παρουσία πυκνού καταρράκτη και αδιαφάνεια του κερατοειδούς, αλλά και για την αξιολόγηση της λειτουργίας του αμφιβληστροειδή σε βρέφη, όπου εξετάζονται περιπτώσεις προβλημάτων όρασης. (Khurana A, 2007)

4.3 Ηλεκτροοφθαλμογραφία

Η αποπόλωση της βασικής επιφάνειας του RPE λόγω της διέγερσης του φωτός προκαλεί ένα διεπιθηλιακό αρνητικό φορτίο με ένα οπίσθιο-πρόσθιο φορέα που μπορεί να μετρηθεί ως θετικό φορτίο στο πρόσθιο τμήμα του βολβού του οφθαλμού. Αυτή η αργή δυναμική αλλαγή είναι στην πραγματικότητα το δυναμικό ηρεμίας του οφθαλμού και σε περιπτώσεις προσαρμοστικότητας του φωτός αυτό το δυναμικό αγγίζει το ανώτατο σημείο. Σε αντίθεση με το ERG που δείχνει τη δυναμική δράση στον αισθητικό αμφιβληστροειδή, το EOG αντανακλά το δυναμικό ηρεμίας του οφθαλμού ως ένα δίπολο και αναφέρεται στη λειτουργία του RPE. (Movassat M, 2012)

Η ηλεκτροοφθαλμογραφία βασίζεται στη μέτρηση του δυναμικού ηρεμίας του οφθαλμού, που βρίσκεται μεταξύ του κερατοειδούς και του οπίσθιου τμήματος του οφθαλμού. (Khurana A, 2007)



Εικόνα 9: Τεχνική της ηλεκτροοφθαλμογραφίας (Khurana A, 2007)

Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται πάνω από το τροχιακό περιθώριο κοντά στο έσω και πλευρικό κανθό. Ο ασθενής καλείται να μετακινήσει πλευρικά τους οφθαλμούς και να διατηρηθεί εκεί για μερικά δευτερόλεπτα, χρόνος που απαιτείται για την πραγματοποίηση της εγγραφής. Σε αυτή τη διαδικασία, το ηλεκτρόδιο εγγύτερα στον κερατοειδή (πχ το ηλεκτρόδιο τοποθετείται κοντά στον πλευρικό κανθό, όταν ο οφθαλμός περιστρέφεται πλαγίως) γίνεται θετικό. Η εγγραφή πραγματοποιείται κάθε λεπτό για διάρκεια 12 λεπτών. Αυτή η διαδικασία παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο προσαρμοσμένο σκοτεινό στάδιο και στη συνέχεια προσαρμόστηκε στο φωτεινό στάδιο. Φυσιολογικά, το δυναμικό ηρεμίας του οφθαλμού μειώνεται κατά τη διάρκεια της σκοτεινής προσαρμογής και φτάνει στο αποκορύφωμα της κατά τη διάρκεια της φωτεινής προσαρμογής. (Khurana A, 2007)

Τα αποτελέσματα της τεχνικής αυτής ερμηνεύονται ως εξής: φυσιολογικές τιμές καμπύλης άνω των 185, υποφυσιολογικές τιμές καμπύλης μικρότερες των 1500 και επίπεδες τιμές καμπύλης μικρότερες των 125. (Khurana A, 2007)

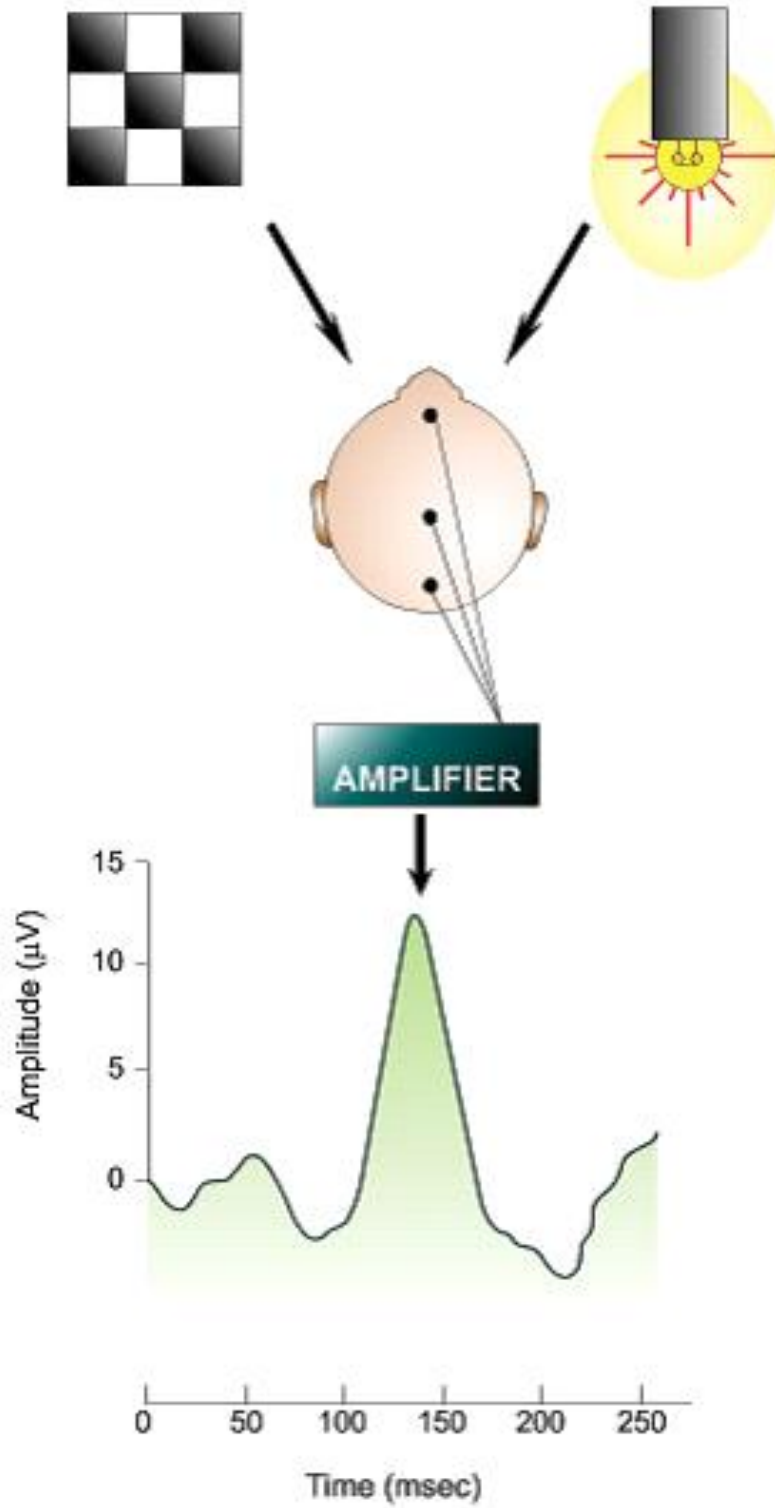
Σε ότι αφορά τη χρήση του EOG, δεδομένου ότι αντανακλά την προσυναπτική λειτουργία του αμφιβληστροειδούς, οποιαδήποτε ασθένεια που επηρεάζει τη λειτουργική αλληλεπίδραση του χρωστικού επιθηλίου του αμφιβληστροειδούς και των φωτοϋποδοχέων μπορεί να παράγει μία μη φυσιολογική ή απύσα άνοδο του φωτός στο EOG. Έτσι επηρεάζεται σε ασθένειες όπως η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια, ανεπάρκεια βιταμίνης A, αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς και τοξικές αμφιβληστροειδοπάθειες. Ως εκ τούτου, το EOG μπορεί να είναι χρήσιμο ως συμπληρωματική δοκιμασία του ERG και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι περισσότερο ευαίσθητο από το ERG. (Khurana A, 2007)

4.4 Προκλητά οπτικά δυναμικά (visually evoked response VER)

Όπως είναι γνωστό, όταν το φως εμπίπτει στον αμφιβληστροειδή, δημιουργούνται μία σειρά από νευρικές ώσεις και μεταφέρονται προς τον οπτικό φλοιό μέσω της οπτικής οδού. Οι αλλαγές που παράγονται στον οπτικό φλοιό από αυτά τα ερεθίσματα μπορούν να καταγραφούν από ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG). Έτσι το οπτικό ερέθισμα (VER) είναι η καταγραφή EEG στον οπτικό λοβό. (Khurana A, 2007)

Η VER αποτελεί τη μόνη κλινική τεχνική που οδηγεί σε αξιολόγηση της λειτουργικής κατάστασης του οπτικού συστήματος πέρα από τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει δυσανάλογη μεγάλη προβολή της περιοχής της ωχράς κηλίδας στον ινιακό φλοιό, η VER αντιπροσωπεύει την απόκριση σχετιζόμενη με την ωχρά κηλίδα. Υπάρχουν δύο είδη τεχνικών που χρησιμοποιούνται:

- Flash VER: Πραγματοποιεί εγγραφή με τη χρήση έντονης διέγερσης φωτός. Δείχνει απλώς ότι το φως γίνεται αντιληπτό από τον οπτικό φλοιό. Δεν επηρεάζεται από αδιαφάνειες στο φακό και τον κερατοειδή. Σε ότι αφορά τις κλινικές της χρήσεις αυτές αφορούν ότι μπορεί να εκτιμηθεί η ακεραιότητα της ωχράς κηλίδας και της οπτικής οδού σε βρέφη, σε άτομα με ειδικές ανάγκες και σε ασθενείς σε αφασία. Επίσης μπορεί να διακρίνει περιπτώσεις οργανικής και ψυχολογικής τύφλωσης και μπορεί να ανιχνεύσει τις οπτικές δυνατότητες των οφθαλμών με αδιάφορο μέσο.
- Pattern reversal VER: Πραγματοποιεί εγγραφή με τη χρήση ερεθισμάτων σχεδίων, όπως τύπου σκακιέρας. Κατά την τεχνική αυτή, το πρότυπο του ερεθίσματος αλλάζει, δηλαδή εναλλαγή λευκού-μαύρου, αλλά ο συνολικός φωτισμός παραμένει ίδιος. Το Pattern reversal VER μπορεί να δώσει μία γενική εκτίμηση της οπτικής οξύτητας. Σε φυσιολογικά αποτελέσματα ένα αρχικό θετικό κύμα ακολουθείται από μία αρνητική εκτροπή πριν από τις δυνητικές αποδόσεις σε κατάσταση ηρεμίας. Φυσιολογικά η απόκριση αφορά μία σειρά 10-25uV και έχει τεκμηριωθεί πλήρως για χρήση από την ηλικία των 6 μηνών. Σε βλάβες που επηρεάζουν την αγωγιμότητα του νεύρου με ώθηση της οπτικής οδού (π.χ., οπισθοβολβική νευρίτιδα) το πλάτος μειώνεται και υπάρχει καθυστέρηση στον χρόνο μετάδοσης. Η χρονική στιγμή της απόκρισης είναι πιο αξιόπιστη από το πλάτος. (Khurana A, 2007)



Εικόνα 10: Τεχνική VER (Khurana A, 2007)

Περισσότερες ηλεκτροδιαγνωστικές εξετάσεις είναι οι εξής:

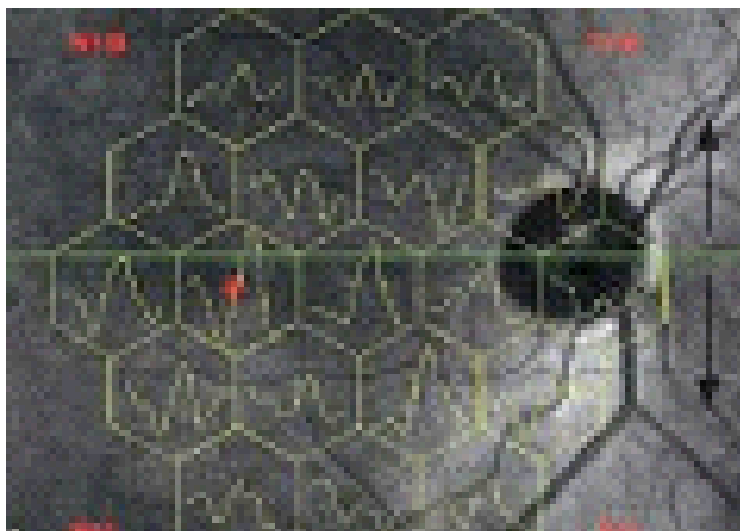
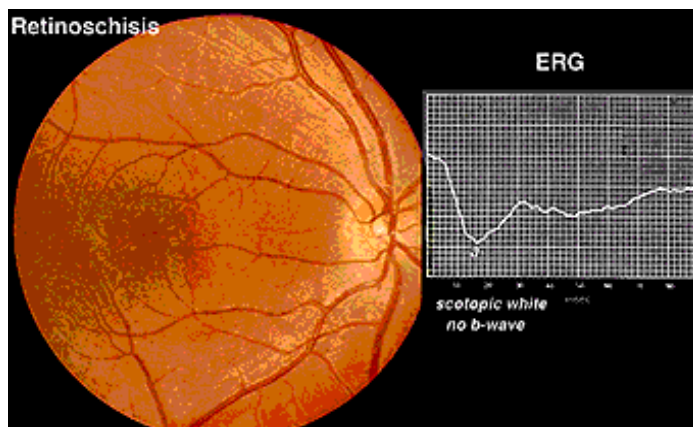
- Προκλητό από διάχυτο φως ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (flash full field electroretinogram): αποτελεί τη βασική εξέταση για τη διάγνωση ασθενειών του αμφιβληστροειδούς, όπως μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια, δυστροφία των κώνων και δυστροφίες της ωχράς κηλίδας για παράδειγμα νόσο του Stargardt. Το πρωτόκολλο της δοκιμασίας του ηλεκτροαμφιβληστροειδογραφήματος πραγματοποιείται έτσι ώστε η καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας να επιτρέπει μία εξέταση ακεραιότητας των δύο χωριστών φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδούς (κωνία και ραβδία) ενώ να είναι επίσης εφικτός ο διαχωρισμός των διαφορετικών κωνίων.
- Προκλητό από ερέθισμα ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (Pattern electroretinogram): αντανακλά τη δραστηριότητα στο στρώμα των γαγγλιακών κυττάρων και συνιστά μία εξειδικευμένη εξέταση ειδική για περιπτώσεις που είναι απαραίτητος ο έλεγχος της κεντρικής όρασης, δηλαδή η λειτουργία της ωχράς κηλίδας. Τα οπτικά ερεθίσματα που χρησιμοποιούνται αποτελούνται από "σκακιέρες" (ασπρόμαυρα τετράγωνα) εναλλασσόμενης μορφής. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται ξεχωριστά για τον κάθε οφθαλμό και η εξέταση αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στη προσέγγιση των συγγενών ωχροπαθειών.
- Πολυεστιακό ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (multifocal electroretinogram): χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργίας της κεντρικής αμφιβληστροειδικής περιοχής και συνεπώς για την προσέγγιση των ασθενειών σχετιζόμενων με την ωχρά κηλίδα, αλλά χρησιμοποιείται επίσης και σε περιπτώσεις απώλειας της ευαισθησίας των κωνίων λόγω απώλειας της ωχράς.
- Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (Visual Evoked Potentials (VEP) ή Προκλητά Δυναμικά Ινιακού Λοβού (Occipital Lobe Evoked Potentials (E.P.O.L.) αφορούν ομαδικές αποκρίσεις γαγγλιακών κυττάρων της προ-φλοιώδους οπτικής οδού και των εγκεφαλικών νευρώνων του ινιακού λοβού. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση νόσων του οπτικού νεύρου. Για την εξέταση των ΠΔΙΛ χρησιμοποιούνται ερεθίσματα με μορφή «σκακιέρας», όπως και στην εξέταση ρΗΑΓ, ή ένα διάχυτο φωτεινό ερέθισμα. Για την εξέταση χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια επαφής που τοποθετούνται στο δέρμα της κεφαλής. Αποτελούν την εξέταση εκλογής για τη προσέγγιση της οπτικής νευρίτιδας. (athenseyehospital.gr)

Οι δοκιμασίες ηλεκτροδιαγνωστικής εξέτασης των οφθαλμών βασίζονται στη λειτουργία του καρδιογραφήματος, δηλαδή όπως ο καρδιογράφος μετράει την ηλεκτρική δραστηριότητα και επομένως τη λειτουργία της καρδιάς, με τον ίδιο τρόπο οι ηλεκτροφυσιολογικές εξετάσεις καταγράφουν την ηλεκτρική δραστηριότητα του οφθαλμού και συνεπώς τη λειτουργία του. Μέσω των δοκιμασιών αυτών είναι εφικτό να προσδιοριστεί αν οποιοδήποτε τμήμα της οπτικής οδού λειτουργεί σωστά, για παράδειγμα ο αμφιβληστροειδής, το οπτικό νεύρο ή τα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου. (athenseyehospital.gr)

Οι δοκιμασίες της ηλεκτροφυσιολογίας της όρασης αφορούν μία σειρά από καταγραφές από τις οποίες αποτυπώνονται τα ηλεκτρικά σήματα, τα οποία παράγονται στο σύστημα της

όραση μετά από ένα οπτικό ερέθισμα. Οι συγκεκριμένες δοκιμασίες θεωρούνται ως ο μοναδικός αντικειμενικός τρόπος για τον προσδιορισμό της λειτουργίας του αμφιβληστροειδή και της οπτικής οδού, μέσω της καταγραφής των ηλεκτρικών σημάτων όπως παράγονται εξαιτίας των διαφορετικών οπτικών ερεθισμάτων σε διαφορετικά κύτταρα και δομές της οπτικής οδού. (ophthalmica.gr)

Οι συγκεκριμένες δοκιμασίες και ιδιαίτερα οι ERG και VEP είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε βρέφη και παιδιά ή άτομα με δυσκολία στην επικοινωνία που δεν είναι σε θέση να υποδείξουν τις δυσκολίες όρασης που βιώνουν. Επίσης είναι χρήσιμες σε περιπτώσεις που ο ιατρός αδυνατεί να προσδιορίσει την αιτία μη βέλτιστης όρασης, γεγονός που παρουσιάζεται με μεγάλη συχνότητα στα πρώτα στάδια των γενετικά μεταδιδόμενων νόσων του οφθαλμού. (athenseyehospital.gr)



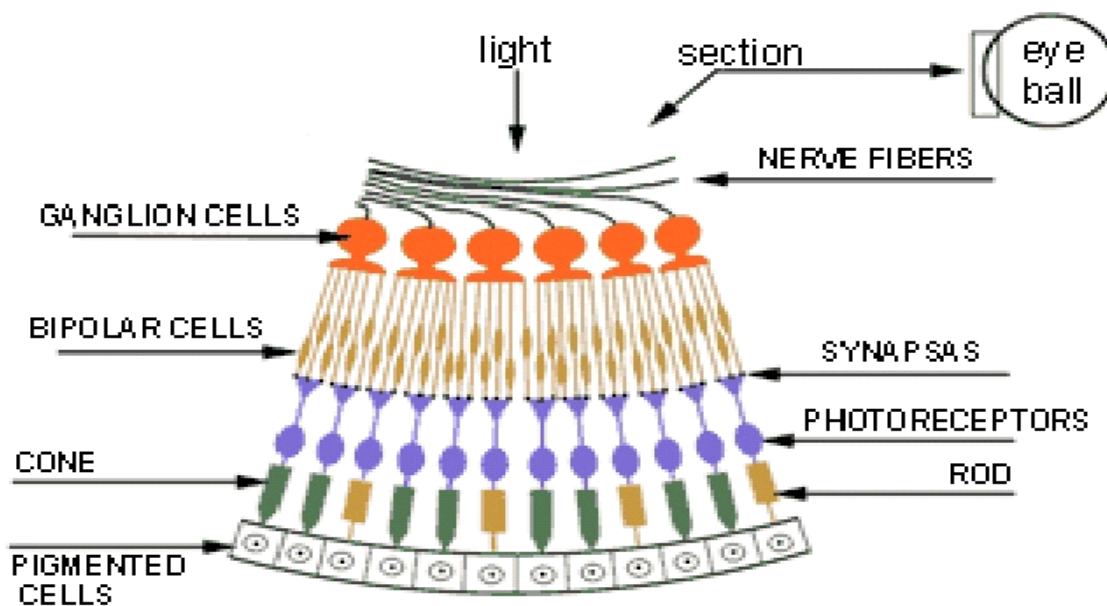
Εικόνα 11: Δοκιμασίες ηλεκτροφυσιολογίας (ophthalmica.gr)

Οι προαναφερόμενες τεχνικές είναι μη επεμβατικές τεχνικές που πραγματοποιούνται με τοπική αναισθησία σε μορφή σταγόνων. Οι ηλεκτροαμφιβληστροειδικές δοκιμασίες απαιτούν διαστολή της κόρης. Στις περιπτώσεις εξέτασης παιδιών η υποστήριξη και η συνεργασία του γονέα είναι πολύ σημαντική και βοηθά εξαιρετικά ώστε να διεξάγονται αυτές οι εξετάσεις γρήγορα και με τη λιγότερο δυνατή ταλαιπωρία. Σε περιπτώσεις όπου η συνεργασία με το/ην ασθενή δεν είναι εφικτή, υπάρχει η δυνατότητα διενέργειας των εξετάσεων αυτών υπό γενική αναισθησία. (athenseyehospital.gr)

4.5 Περιγραφή της εξέτασης

Τα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο δέρμα γύρω από τους οφθαλμούς είναι σαν μικρές κεραίες που έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν ηλεκτρικά σήματα, ακόμα και μηδαμινά. Η διαδικασία χαρακτηρίζεται άνευ πόνου αν και μπορεί να προκαλέσει στον εξεταζόμενο αίσθημα δυσφορίας λόγω της διαστολής της κόρης (μυδρίαση). Η διάρκεια της κάθε εξέτασης ποικίλει και απαιτούνται περίπου 45-60 λεπτά για την ολοκλήρωσή της. (ophthalmica.gr)

Kegeltjes en staafjes

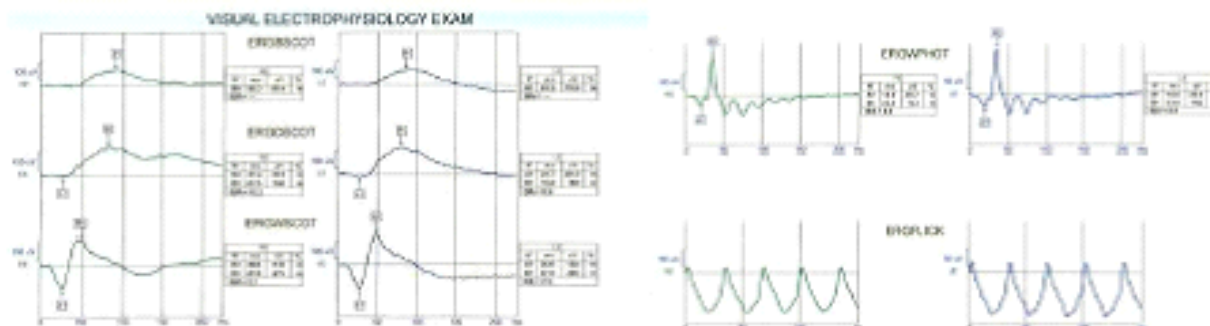


Εικόνα 12: Ηλεκτροαμφιβληστρογράφημα (ophthalmica.gr)

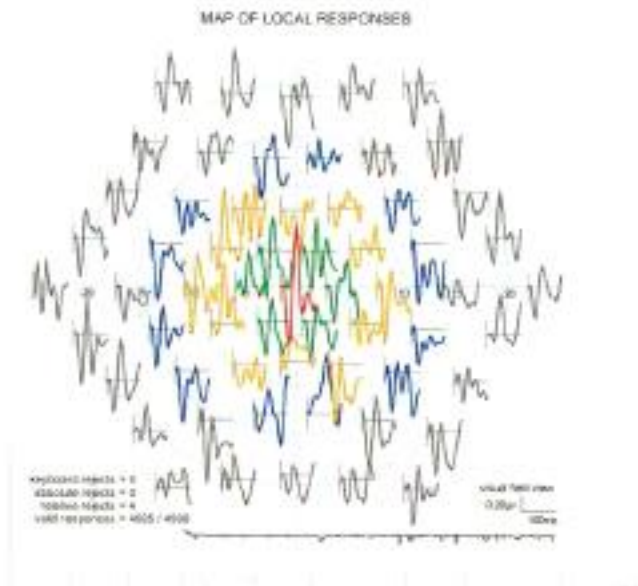
Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, πραγματοποιείται καθαρισμός του δέρματος εκ των επιφανειακών κυττάρων, μικρές περιοχές στο τριχωτό της κεφαλής ή τη κροταφική περιοχή με μία μπατονέτα με γέλη που έχει ελαφρώς κοκκώδη υφή. Η γέλη βελτιώνει την επαφή με το δέρμα και συντελεί στη λήψη σημάτων καλής ποιότητας. Για την εκτέλεση της εξέτασης IQM ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται στο οπίσθιο μέρος του τριχωτού της κεφαλής και δύο στο πρόσθιο. Για την εκτέλεση ηλεκτροαμφιβληστροειδογραφήματος, δύο ηλεκτρόδια μίας χρήσης με κολλώδη ουσία τοποθετούνται στην κροταφική περιοχή, και ένα ενεργό ηλεκτρόδιο στο κόλπωμα του επιπεφυκότα (δηλαδή στο εσωτερικό του κάτω βλεφάρου) σε κάθε οφθαλμό. Όλα τα ηλεκτρόδια αφαιρούνται εύκολα στο τέλος της εξέτασης. Κατά την εξέταση διάχυτες φωτεινές διεγέρσεις (παρόμοιες με ένα φλας φωτογραφικής μηχανής), χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της λειτουργίας των κυττάρων που είναι υπεύθυνα για την όραση. (athenseyehospital.gr)

4.6 Χαρακτηριστικά του φυσιολογικού ηλεκτροαμφιβληστροειδογραφήματος

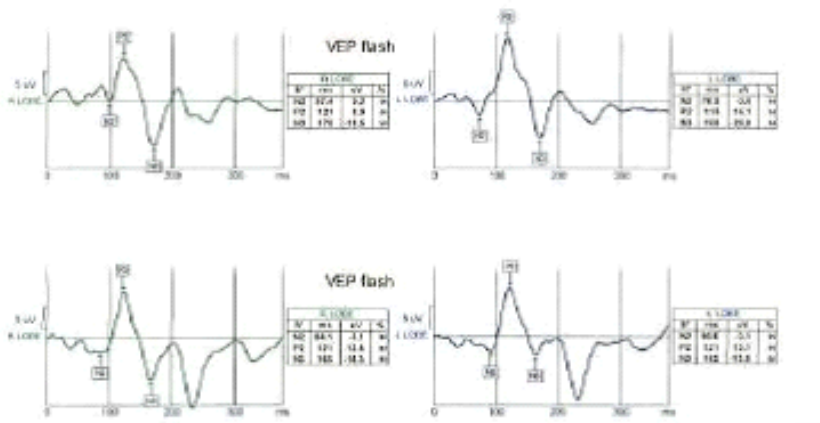
Το ERG πλήρους πεδίου είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος ηλεκτροαμφιβληστρογραφήματος. Το ERG πλήρους πεδίου πραγματοποιεί τη διέγερση της εκτεταμένης περιοχής του βυθού και την απόκτηση ολόκληρης της απόκρισης του αμφιβληστροειδή. Ένα σημαντικό αρνητικό κύμα που προέρχεται από το εσωτερικό τμήμα των φωτοϋποδοχέων είναι το κύμα α. Αυτό το κύμα αντανακλά τη λειτουργία του εξωτερικού αμφιβληστροειδούς, του RPE και του χοριοειδούς. Το κύμα β είναι ένα πιο εμφανές, αλλά θετικό κύμα που προέρχεται από τα δίπολα και τα κύτταρα Muller. Οι ιοντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των κυττάρων που προκαλούνται από τα ερεθίσματα φωτός είναι ο κύριος παράγοντας που παράγει αυτό το κύμα. Αυτό το συστατικό αντανακλά τη λειτουργία των μεσαίων στρωμάτων του αμφιβληστροειδούς, που λαμβάνουν αγγείωση από την κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδή και τη φλέβα. (Movassat M, 2012)



Εικόνα 13: Φυσιολογικό πρότυπο ERG, αριστερά σκοπτικό με μπλε, πορτοκαλί και λευκό φως και δεξιά με φωτοοπική και ταλάντωση. (Movassat M, 2012)

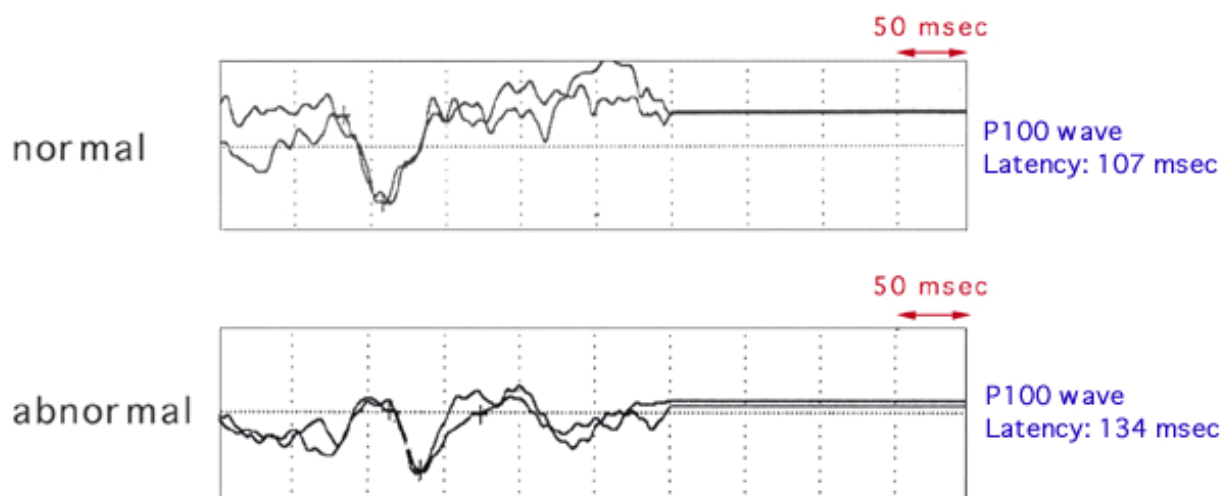


Εικόνα 14: Φυσιολογικό mfERG (Movassat M, 2012)

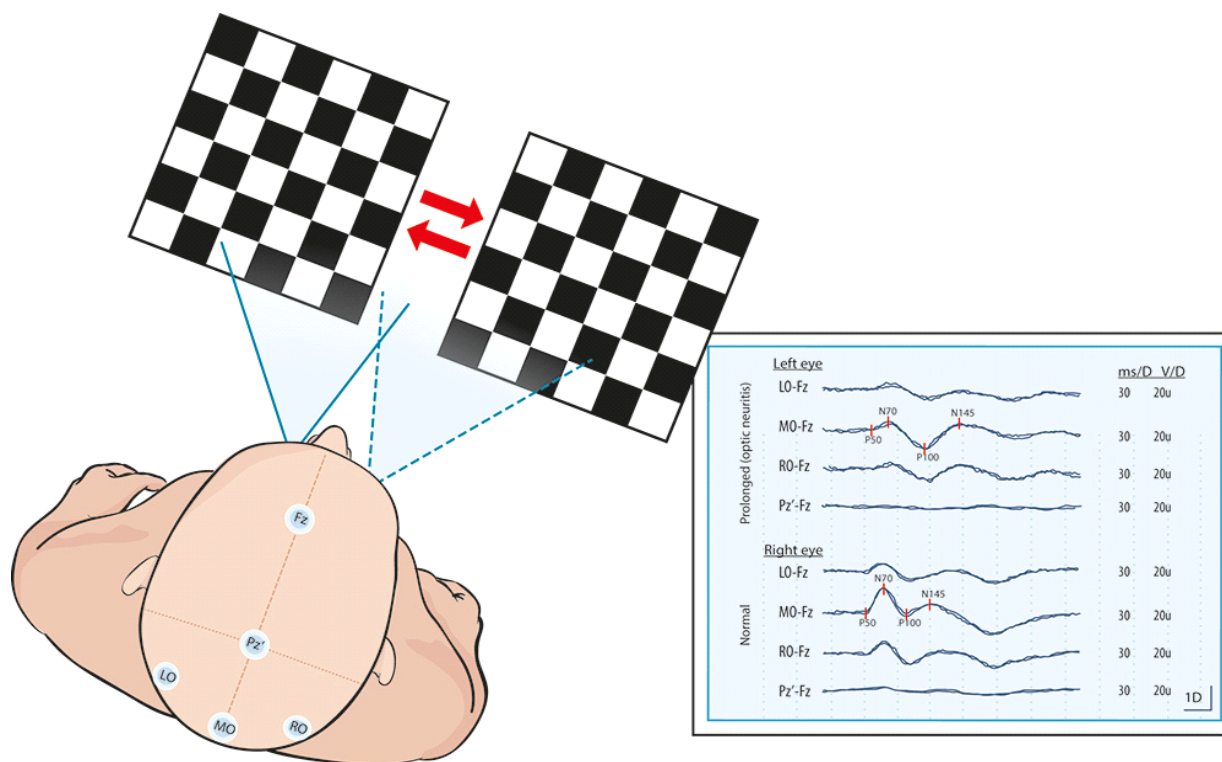


Εικόνα 15: Φυσιολογικό VEP, δεξιού και αριστερού οφθαλμού (Movassat M, 2012)

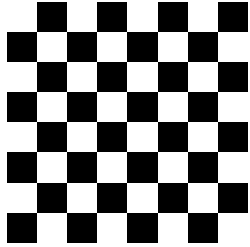
Visual Evoked Potentials



Εικόνα 16: Φυσιολογικό και μη φυσιολογικό VEP (msunites.com)



Εικόνα 17: VEP (Sand T et al, 2013)



Εικόνα 18: Pattern Electretinography (pERG) (opattern.info)

Κεφάλαιο 5^ο

Σχετικές Μελέτες

Ο Holder GE σε μελέτη του αναφέρει ότι τα ηλεκτροφυσιολογικά ευρήματα στο οπτικό νεύρο και η δυσλειτουργία των πρωτογενών γαγγλιακών κυττάρων έχουν αναθεωρηθεί. Η αξία της (VEP) στη διάγνωση της δυσλειτουργίας του οπτικού νεύρου, και το πρότυπο εμφάνισης VEP τίθεται προς συζήτηση σε ότι αφορά την επίδειξη της ενδοκρανιακής εσφαλμένης κατεύθυνσης που συνδέεται με τον αλβινισμό. Το πρότυπο ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (PERG) χρησιμοποιείται για την άμεση εκτίμηση της κυτταρικής λειτουργίας του γάγγλιου. Η χρήση των PERG ή πολυεστιακού ηλεκτροαμφιβληστρογραφήματος (mfERG), είναι σημαντικά για να καταστεί δυνατή η διάκριση τυχόν νόσου στο οπτικό νεύρο και δυσλειτουργία της ωχράς κηλίδας. (Holder GE, 2004)

Σε άλλη εργασία του ο Holder GE αναφέρει ότι το ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (PERG) είναι πλέον αρκετά σύνηθες στην κλινική χρήση ώστε να επιτρέπει μια προσωπική κλινική επανεξέταση της σχέσης του με τη φλοιικά δημιουργούμενα μοτίβα του οπτικά προκλητά δυναμικά (PVEP). Τα ευρήματα των PERG και PVEP παρουσιάζονται από 520 οφθαλμούς με απομυελίνωση οπτικού νεύρου (382 οφθαλμοί), συμπίεση του οπτικού νεύρου (90 οφθαλμοί) ή κληρονομική οπτική ατροφία (48 οφθαλμοί), και αυτά συγκρίνονται με τα ευρήματα που λαμβάνονται από 223 οφθαλμούς με πρόσθια δυσλειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς. Η δυσλειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς δίνει μια μείωση της συνιστώσας P50 του PERG, αλλά αυτό το συστατικό εμφανίζεται συνήθως σε νόσους του οπτικού νεύρου όπου η επιλεκτική απώλεια του συστατικού N95 είναι μακράν η πιο συχνά εμφανιζόμενη ανωμαλία. (Holder GE, 1997)

Σύμφωνα με τους McCulloch et al στην υποπλασία του οπτικού νεύρου (ONH), η έκταση της λειτουργικής απώλειας των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς δε μπορεί να προσδιοριστεί με την οφθαλμοσκοπική εξέταση. Η προγνωστική αξία των οπτικών ηλεκτροδιαγνωστικών δοκιμών σε βρέφη και νήπια με ONH αξιολογήθηκε σε σύγκριση με το οπτικό αποτέλεσμα. 85 συμμετέχοντες με ONH έκαναν ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (ERG) και εξέταση Οπτικών Προκλητών Δυναμικών (VEP) και οφθαλμική φωτογράφιση προγενέστερη των 36 μηνών. Αυτά τα αρχικά μέτρα συγκρίθηκαν σε σχέση με τα αποτελέσματα της οπτικής οξύτητας στην ηλικία των 5 ετών στον οφθαλμό με την καλύτερη όραση. Τα οπτικά αποτελέσματα κυμαίνονταν από κανονική έως καθόλου αντίληψη του φωτός. Οι ηλεκτροδιαγνωστικές δοκιμές με προγνωστική αξία ήταν: το πλάτος της VEP (συσχετίσεις κατάταξης του Spearman, $p < 0,001$), η κατηγορία ορίου του ερεθίσματος (flash ή μέγεθος ελέγχου) που προκάλεσε μια VEP ($p < 0,001$) και το πλάτος του συστατικού N95 του προτύπου ERG (PERG) σε ελέγχους 4-βαθμού ($p < 0,02$). Το μέγεθος των οπτικών νεύρων και η συνυπάρχουσα ωχρότητα ήταν επίσης σημαντικές συσχετίσεις. Η Σταδιακή ανάλυση παλινδρόμησης συνέθεσε ένα καλύτερο μοντέλο πρόβλεψης από την κατηγορία ορίου VEP, το οπτικό νεύρο και το μέγεθος της οπτικής ωχρότητας του δίσκου ($R(2) = 58\%$? $p < 0,001$). Η διάμετρος του οπτικού δίσκου, η παρατήρηση της ωχρότητας του δίσκου, οι VEP και PERG δοκιμασίες σε νηπιακή ηλικία είναι χρήσιμες για τον καθορισμό της οπτικής πρόγνωσης σε

παιδιά ηλικίας 5 ετών με ONH. Αυτό είναι συνεπές με την έννοια ότι αυτές οι παράμετροι σχετίζονται με την ανατομική και λειτουργική διατήρηση των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς. (McCulloch et al, 2009)

Σύμφωνα με τους Rimmer S και Katz B, το ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα (PERG), που πιστεύεται ότι παράγεται σε γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, είναι μια πρόσφατη προσθήκη στη νευροφυσιολογική εκτίμηση της λειτουργίας του αμφιβληστροειδούς. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το PERG περιλαμβάνουν τον τύπο του ερεθίσματος, τη χωρική συχνότητα του προτύπου, τη φωτεινότητα και την αντίθεση του σχεδίου, τη μέθοδο επεξεργασίας κυματομορφής, τον τύπο του ηλεκτροδίου που χρησιμοποιείται, το ηλεκτρόδιο, το φωτισμό φόντου, τη θέση του ερεθίσματος στον αμφιβληστροειδή, τη χρονική συχνότητα αναστροφής του μοτίβου, το διαθλαστικό σφάλμα, και την ηλικία του ασθενούς. Οι κλινικές οντότητες που αναφέρονται ότι επηρεάζουν το PERG περιλαμβάνουν το γλαύκωμα και την οφθαλμική υπέρταση, την οπτική νευρίτιδα, άλλες οπτικές νευροπάθειες, και την αμβλυωπία. Οι τεχνικές πτυχές και η κλινική σημασία του PERG σύμφωνα με τους συγγραφείς θα πρέπει να επανεξεταστεί. (Rimmer S και Katz B, 1989)

Οι Kriss A και Russell-Eqgitt I αναφέρουν ότι τα ERG και VEP έχουν εμφανή χαρακτηριστικά ανώριμα κατά τους πρώτους 4 μήνες μετά τον τοκετό. Οι πιο έντονες αλλαγές ωρίμανσης συμβαίνουν σε πλάτος ERG και λανθάνουσα κατάσταση VEP. Ταυτόχρονη καταγραφή του δέρματος ERG και VEP παρέχει πληροφορίες που είναι πολύ χρήσιμες στην προσπάθεια διάγνωσης του νεαρού βρέφους με νυσταγμό που φαίνεται να είναι τυφλό και έχει φυσιολογική εμφάνιση βυθού. Τα χαρακτηριστικά ERG και VEP σχετίζονται με την αμαύρωση του Leber, εκ γενετής δυσλειτουργίες του κωνίου, αλβινισμό, υποπλασία του οπτικού νεύρου και μονομερή δυσλειτουργία ημισφαιρίου. (Kriss A και Russell-Eqgitt I, 1992)

Η εργασία των Lachewicz E και Lubinski W εξετάζει το ρόλο της ηλεκτροφυσιολογικής δοκιμασίας (ηλεκτροαμφιβληστρογράφημα, πρότυπο οπτικών προκλητών δυναμικών, πολυεστιακά οπτικά προκλητά δυναμικά) στην πρώιμη διάγνωση του οπτικού νεύρου και τη δευτερεύουσα δυσλειτουργία του αμφιβληστροειδούς σε όγκους της υπόφυσης. Τα μικροαδενώματα και τα μακροαδενώματα μπορεί να προκαλέσουν δυσλειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς και των αξόνων τους, ακόμη και εν απουσία αλλαγών στη συνήθη οφθαλμική εξέταση, περιμετρία και οπτική συνεκτική τομογραφία του οπτικού δίσκου. Το αρχικό στάδιο της οπτικής δυσλειτουργίας των νεύρων μπορεί να ανιχνευθεί μόνο οπτικά προκλητά δυναμικά με μοτίβο και / ή πολυεστιακό οπτικό προκλητό δυναμικό. Επιπλέον, η δυσλειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς μπορεί επίσης να ποσοτικοποιηθεί με ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας αυτής έχουν προγνωστική αξία σε σχέση με τη μετεγχειρητική οπτική οξύτητα. Με βάση την διαθέσιμη βιβλιογραφία και την εμπειρία φαίνεται να είναι λογικό να εκτελούνται ηλεκτροφυσιολογικές εξετάσεις ως μέρος της διάγνωσης και παρακολούθησης ασθενών με όγκους υπόφυσης. Η ανίχνευση λειτουργικών ανωμαλιών στα πρώτα στάδια της νόσου μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στις θεραπευτικές προσεγγίσεις και με τη σειρά του τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης μη αναστρέψιμης βλάβης του οπτικού νεύρου. (Lachewicz E και Lubinski W, 2015)

Σύμφωνα με τους Holder GE et al, οι συμπληρωματικά ηλεκτροφυσιολογικές τεχνικές μπορεί να είναι χρήσιμες για την ανίχνευση και τον εντοπισμό δυσλειτουργίας κατά την οπτική οδό. Οι πρόσφατες εξελίξεις προβλέπονται στο πλαίσιο της νευρο-οφθαλμολογίας. Η σχέση

μεταξύ της ανατομίας των νευρικών ινών του στρώματος και του πρότυπου οπτικού ερεθίσματος έχει αντιμετωπιστεί, συσχετίζοντας την απώλεια νευραξόνων με την δυσλειτουργία οπτικής οδού. Διαμήκης αξιολόγηση των ασθενών με πολλαπλή σκλήρυνση έχει καθορισμένες παραμέτρους που επηρεάζουν τη χρησιμότητα του προτύπου οπτικού ερεθίσματος. Σε όγκους του οπτικού νεύρου, το πρότυπο οπτικό ερέθισμα δυναμικό μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό και την παρακολούθηση της διαταραχής. Το ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα μοτίβου αξιολογεί τη λειτουργία των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς και της ωχράς κηλίδας που μπορεί να εντοπίσει δυσλειτουργία, ενδεχομένως δηλαδή να μιμούνται κλινικά τη νόσο οπτικού νεύρου. Η χωρική έκταση της ωχράς δυσλειτουργίας μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας το πολυεστιακό ηλεκτροαμφιβληστροειδογράφημα. Τα πολυεστιακά οπτικά προκλητά δυναμικά είναι μια σχετικά νέα τεχνική που προσελκύει αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον, ιδίως ως μέτρο της απώλειας οπτικού πεδίου, αλλά πρέπει ακόμη να καθιερωθεί ως ένα αξιόπιστο διαγνωστικό εργαλείο. Η ηλεκτροφυσιολογία, σε συνδυασμό με τις κλινικές και απεικονιστικές έρευνες, είναι ένα ισχυρό διαγνωστικό εργαλείο και για την παρακολούθηση. (Holder GE et al, 2009)

Ο Breceli J αναφέρει ότι οι ηλεκτροφυσιολογικές παράμετροι στα παιδιά αντανακλούν όχι μόνο τις παθολογικές διαδικασίες, αλλά και την ωρίμανση του οπτικού συστήματος. Η εργασία του ερευνά τις αλλαγές PERG και PVEP σε βρέφη και σε παιδιά σχολικής ηλικίας, προκειμένου να καθοριστεί το χρονοδιάγραμμα της ηλεκτροφυσιολογικής ωρίμανσης του οπτικού συστήματος. Οι αλλαγές ωρίμανσης έχουν βρεθεί να είναι ταχείς σε βρέφη και βαθμιαία σε παιδιά σχολικής ηλικίας. Οι PERG αλλαγές σχετιζόμενες με την ηλικία σε βρέφη θεωρήθηκαν ως μία μείωση της λανθάνουσας κατάστασης και σε μαθητές ως μείωση του πλάτους. Οι αλλαγές PVEP σχετιζόμενες με την ηλικία σε βρέφη θεωρήθηκαν ως μία μείωση της λανθάνουσας κατάστασης, μία αύξηση στο εύρος και την ανάπτυξη της κυματομορφής. Σε παιδιά σχολικής ηλικίας, οι αλλαγές PVEP ήταν πιο σταδιακές, με μείωση της λανθάνουσας κατάστασης, τη μείωση της έντασης και μετατροπή της κυματομορφής. Εν κατακλείδι, η ηλεκτροφυσιολογική ωρίμανση προχωρά μέχρι την ενηλικίωση. Ως εκ τούτου, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στη διαφοροποίηση της ωρίμανσης του οπτικού συστήματος από παθολογικές διαδικασίες. (Breceli J, 2003)

Σε μελέτη των Tormene AP και Steindler P αναφέρεται ότι η εισαγωγή των αυτοματοποιημένων συστημάτων καταγραφής και επεξεργασίας, με την ανάπτυξη των ηλεκτροοπτικών τεχνολογιών, καθώς και τα πολυάριθμα ευρήματα που προκύπτουν από την πειραματική ηλεκτροφυσιολογία έχουν εντείνει το ενδιαφέρον για ηλεκτρολειτουργικές μη επεμβατικές εξετάσεις της οπτικής οδού. Το Pattern ERG αποδείχθηκε ως η πιο αποτελεσματική μέθοδος ερεθίσματος για να διερευνηθεί η δραστηριότητα των γαγγλιων κυττάρων. Η μέτρηση της ευαισθησίας σε αντίθεση με τις ηλεκτρολειτουργικές μεθόδους, συμβάλλει στο να ληφθούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργικότητα του αμφιβληστροειδούς και της οπτικής οδού. Η χρησιμότητα των ηλεκτρολειτουργικών και ηλεκτροφυσιολογικών μεθόδων σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις της οπτικής οδού (οφθαλμολογικός διαβήτης, υπέρταση, οπισθοβολβική νευρίτιδα) ακόμα είναι υπό συζήτηση. (Tormene AP και Steindler P, 1990)

Συμπεράσματα

Η ηλεκτροδιάγνωση στην οφθαλμολογία είναι μία μέθοδος που διερευνά τη λειτουργική διαδικασία της μεταφοράς ερεθισμάτων στον οπτικό φλοιό μέσω της οπτικής οδού και μπορεί να βοηθήσει σε πολλές περίπλοκες καταστάσεις. Υπάρχουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά τα οποία διαφοροποιούν αυτή τη μέθοδο από άλλες διαγνωστικές μεθόδους, είναι και λειτουργική και αντικειμενική. Πολλές οφθαλμικές δοκιμασίες όπως η αγγειογραφία, το υπερηχογράφημα και η OCT είναι αντικειμενικές, αλλά δεν είναι τόσο λειτουργικές όσο η ηλεκτροδιάγνωση.

Όπως είναι γνωστό η καλύτερη θεραπεία είναι η πρόληψη και για την οφθαλμολογία αυτή η ρήση έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αρκετές παθήσεις του οφθαλμού μπορούν να προληφθούν μέσω της έγκαιρης διάγνωσης. Οι εξετάσεις και οι διαγνωστικές μετρήσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται σε όλη τη διάρκεια της ζωής του ατόμου και όχι μόνο με την εμφάνιση κάποιου συμπτώματος, καθώς το αποτέλεσμα των περισσότερων διαγνωστικών εξετάσεων εξαρτάται άμεσα από τη συνέπεια και την ακρίβεια τόσο από πλευράς ασθενούς, αλλά και από πλευράς υλικοτεχνικού εξοπλισμού και ιατρονοσηλευτικού προσωπικού.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ξενόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές

Breceli J, From immature to mature pattern ERG and VEP. Doc Ophthalmol. 2003 Nov;107(3):215-24.

Bye L et al, Basic Sciences for Ophthalmology, Oxford University Press, ISBN 978-0-19-958499-4 (2013)

GCIE, Guidelines for Clinical Intracardiac Electrophysiological and Catheter Ablation Procedures, Circulation. 1995;92:673-691.

Herranz R & Herran R, Ocular surface, anatomy and physiology, disorders and therapeutic care, CRC Press, ISBN 978-1-57808-740-2 (2013)

Holder GE, The pattern electroretinogram in anterior visual pathway dysfunction and its relationship to the pattern visual evoked potential: a personal clinical review of 743 eyes. Eye (Lond). 1997;11 (Pt 6):924-34

Holder GE, Electrophysiological assessment of optic nerve disease, Eye (Lond) 2004, Nov;18(11):1133-43

Holder GE et al, Electrodiagnostic assessment in optic nerve disease. Curr Opin Neurol. 2009 Feb;22(1):3-10. doi: 10.1097/WCO.0b013e328320264c.

Kaufman P, Adler's physiology of the eye: Clinical application, Philadelphia Mosby 10th edition (2003)

Kriss A και Russell-Eqquitt I, Electrophysiological assessment of visual pathway function in infants. Eye (Lond). 1992;6 (Pt 2):145-53

Khurana A, Comprehensive ophthalmology, 4th edition, New Age International Limited Publishers, (2007) ISBN (13) : 978-81-224-2480-5

Lachewicz E και Lubinski W, The importance of electrophysiological tests in early diagnosis of optic nerve dysfunction coexisting with pituitary adenomas--review and own experience, *Klin Oczna*. 2015;117(1):50-5.

McCulloch et al, Clinical electrophysiology and visual outcome in optic nerve hypoplasia, *Br J Ophthalmol* 2009 Aug;94(8):1017-23

Movassat M, in *Electrophysiology From Plants to Heart*, Saeed Oraii, INTECH editions, (2012) ISBN 978-953-51-0006-5

Rimmer S και Katz B, The pattern electroretinogram: technical aspects and clinical significance. *J Clin Neurophysiol*. 1989 Jan;6(1):85-99.

Sand T et al, Evoked Potential tests in clinical diagnosis, *Tidsskr Nor Legeforen* 2013; 133:960 – 5

Tormene AP και Steindler P, Electrophysiology of the optic nerve: recent insights. *Metab Pediatr Syst Ophthalmol* (1985). 1990;13(2-4):72-4.

Ελληνόγλωσσες βιβλιογραφικές αναφορές

Δημητράκος Σ & Οικονομίδης Π, Διαγνωστικές και θεραπευτικές προσεγγίσεις στην οφθαλμολογία, Θεσσαλονίκη 2013

Κολιόπουλος Ι, Οφθαλμολογία, Εκδόσεις Γρ. Παρισσιάνος (1995)

Παπαθεοδωρόπουλος Κ, Ηλεκτροφυσιολογία της κυτταρικής μεμβράνης, Εργαστήριο Φυσιολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, σημειώσεις μαθήματος Φυσιολογία Ι (2015)

Διαδικτυακές αναφορές

athenseyehospital.gr, Ηλεκτροφυσιολογικές εξετάσεις της όρασης, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

iatronet.gr, χρήση του λήμματος electrophysiology, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

medicinenet,inc, (2004) προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

msunites.com, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

omedicine.info, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

opattern.info, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

ophthalmica.gr, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

veteranshealthlibrary.org, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016

Wikipedia.org, προσπελάστηκε Αύγουστος 2016