



**Λιαπής Ι.Κ.**

Κτηνίατρος  
- Cert. Ophthalmology

Υπεύθυνος Αλληλογραφίας:  
Ιγνάτιος Λιαπής, Αλ. Παναγούλη 31, 15343,  
Αγ. Παρασκευή  
liapis@plakentivet.gr  
τηλ: 2106082308-9



#### Λέξεις- κλειδιά

- Αμφιβληστροειδής
- Οπτικό νεύρο
- Σκύλος
- Χρωματικό αντανακλαστικό κόρης

# Το χρωματικό αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού και η εφαρμογή του στην οφθαλμολογία των ζώων συντροφιάς

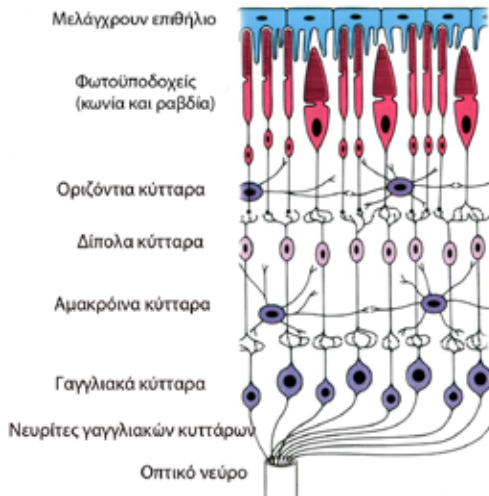
## > Περίληψη

Η πρόσφατη ανακάλυψη της ύπαρξης στον αμφιβληστροειδή μιας τρίτης ομάδας φωτοευαίσθητων κυττάρων, εκτός των κωνίων και των ραβδίων, τα οποία έχουν την ιδιότητά να διεγείρουν το αντανακλαστικό της κόρης, έχει μεταβάλει τη γνώση μας για τον τρόπο που η ίριδα αντιδρά στα διάφορα μήκη κύματος του φωτός, και έχει εισάγει το χρωματικό αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού, στην οφθαλμολογική εξέταση των ζώων συντροφιάς. Πρόκειται για μια εξέταση στην οποία το αντανακλαστικό της κόρης διεγείρεται όχι με το μονοχρωματικό-λευκό- φως, αλλά διαδοχικά με το ερυθρό και μπλέ φως. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατή η εκλεκτική διέγερση των φωτοϋποδοχέων. Το χρωματικό αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στη διάγνωση της αιφνίδιας επίκτητης εκφύλισης του αμφιβληστροειδή, της προϊούσας ατροφίας του αμφιβληστροειδή, των χοριοαμφιβληστροειδοπαθειών, της αποκόλλησης του αμφιβληστροειδή, του γλαυκώματος, των παθήσεων του οπτικού νεύρου και του οπτικού χιάσματος καθώς και ορισμένων παθήσεων του εγκεφάλου που προκαλούν τύφλωση.

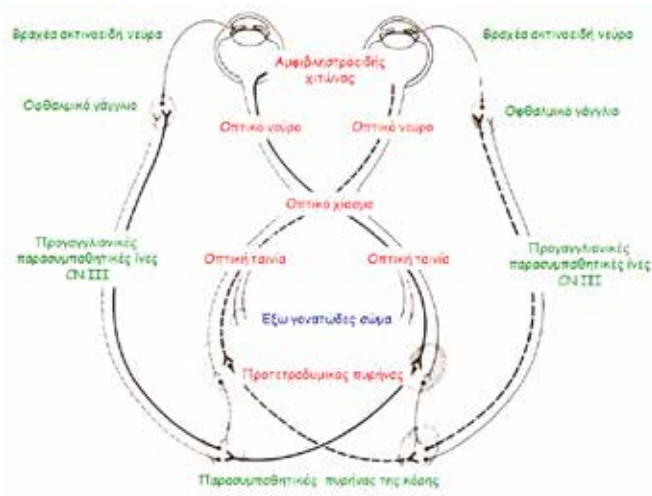
## > Το αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού. Η υπάρχουσα γνώση

Σύμφωνα με την κλασική ανατομική περιγραφή, στον αμφιβληστροειδή συναντώνται δυο είδη φωτοϋποδοχέων<sup>1</sup>: τα ραβδία που είναι πολυπληθέστερα και υπεύθυνα για την όραση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και τα κωνία που λειτουργούν σε συνθήκες έντονου φωτισμού και είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση των χρωμάτων.<sup>2</sup> Τα ραβδία περιέχουν τη φωτοευαίσθητη χρωστική ροδοψίνη που εμφανίζει το μέγιστο βαθμό ευαισθησίας στα 508nm (μπλε/πράσινο φάσμα). Στον αμφιβληστροειδή του σκύλου βρίσκονται δυο πληθυσμοί κωνίων που περιέχουν τη φωτοευαίσθητη χρωστική οψίνη. Ο πρώτος πληθυσμός εμφανίζει το μέγιστο βαθμό ευαισθησίας στα 555nm (L/M opsin - πράσινο φάσμα) και ο δεύτερος στα 430nm (S opsin - ιώδες φάσμα).<sup>3,4,5</sup>

Τα κωνία και τα ραβδία, έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα που μέσω των δίπολων κυττάρων μεταβιβάζεται στα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή. Υπάρχουν ακόμα δυο πληθυσμοί κυττάρων στον αμφιβληστροειδή, τα οριζόντια και τα αμακρόνια κύτταρα που συμμετέχουν στην επεξεργασία της ώσης που μεταβιβάζεται από τους φωτοϋποδοχείς στα γαγγλιακά κύτταρα. Οι νευρίτες των γαγγλιακών κυττάρων σχηματίζουν το οπτικό νεύρο (Εικόνα 1). Οι ίνες του οπτικού νεύρου, αφού χιασθούν στο οπτικό χίασμα, σχηματίζουν τις οπτικές ταινίες, και στη συνέχεια διαιρούνται σε δυο δέσμες. Το μεγαλύτερο ποσοστό (80-90%) των νευριτών των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή που εξυπηρετεί τη λειτουργία της όρασης καταλήγει στο έξω γονατώδες σώμα. Οι νευρίτες των κυττάρων του έξω γονατώδους σώματος (οπτική ακτινοβολία) καταλήγουν στον ινιακό λοβό του φλοιού, στο κέντρο της όρασης. Το μικρότερο ποσοστό (10-20%) των νευριτών των γαγγλιακών κυττάρων



**Εικόνα 1.** Σχηματική απεικόνιση των κυττάρων του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το φως προσπίπτει στους φωτοϋποδοχείς οι οποίοι το μετατρέπουν σε ηλεκτρική ώση. Η ώση αυτή μέσω των δίπολων κυττάρων μεταβιβάζεται στα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή, οι νευρίτες των οποίων συγκεντρώνονται στην οπτική θηλή και σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Η επεξεργασία του σήματος που μεταφέρεται από τους φωτοϋποδοχείς στα γαγγλιακά κύτταρα γίνεται από τα οριζόντια και τα αμακρόνια κύτταρα.



**Εικόνα 2.** Σχηματική απεικόνιση του αντανακλαστικού τόξου της κόρης του οφθαλμού (Τροποποιημένο από Petersen-Jones SM. Neuro-ophthalmology. In Petersen-Jones SM, Crispin SM, ed. Manual of small animal ophthalmology, Gloucestershire: BSAVA, 1993).

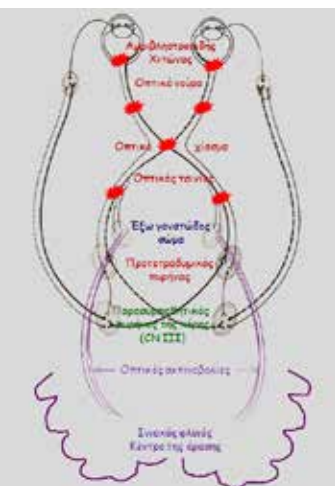
του αμφιβληστροειδή που εξυπηρετεί το αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού (ΑΚΟ) καταλήγει στον προτετραδυμικό πυρήνα από τον οποίο ξεκινούν νευρικές συνδέσεις με τον ομόπλευρο και ετερόπλευρο παρασυμπαθητικό πυρήνα του κοινού κινητικού νεύρου (παρασυμπαθητικός πυρήνας της κόρης του οφθαλμού) (Εικόνα 2).<sup>2,6</sup>

Το αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού (ΑΚΟ) συνίσταται στη σύσπαση του σφιγκτήρα μυ της ίριδας και στη σμίκρυνση της κόρης μετά από τη διέγερση του οφθαλμού με φως. Το ΑΚΟ χαρακτηρίζεται ως φυσιολογικό όταν είναι γρήγορο, πλήρες (διάμετρος κόρης 5 mm) και σταθερό. Παρόλα αυτά κατά την αξιολόγηση του ΑΚΟ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποιοι παράγοντες που προκαλούν μυδρίαση και το επηρεάζουν, όπως ο φόβος του ζώου κατά την εξέταση, η ατροφία της ίριδας σε κάποια ηλικιωμένα ζώα και η χορήγηση κάποιων φαρμακευτικών ουσιών.<sup>7</sup> Στο άμεσο ΑΚΟ η μύση αφορά στον ομόπλευρο με το ερέθισμα οφθαλμό, ενώ στο έμμεσο, ελέγχεται η μύση που προκαλείται στον ετερόπλευρο με το ερέθισμα οφθαλμό.

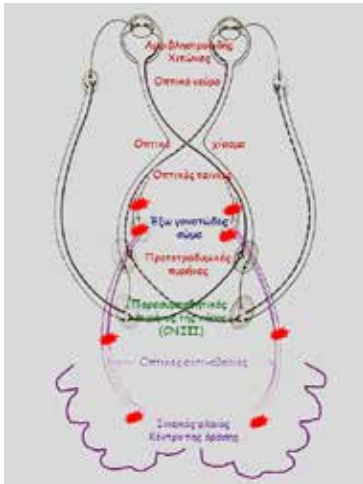
Το ΑΚΟ ελέγχεται από το αυτόνομο παρασυμπαθητικό σύστημα και η αξιολόγηση του αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της οφθαλμολογικής και της νευρολογικής εξέτασης των ζώων. Για την εξέταση του ΑΚΟ χρησιμοποιείται εστιακή φωτεινή πηγή μονοχρωματικού-λευκού- φωτός. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η ακεραιότητα του αντανακλαστικού τόξου (αμφιβληστροειδής χιτώνας, οπτικό νεύ-

ρο, οπτικό χίασμα, οπτική ταινία, προτετραδυμικός πυρήνας, παρασυμπαθητικός πυρήνας της κόρης του οφθαλμού, προγαγγλιακές παρασυμπαθητικές ίνες κοινού κινητικού νεύρου, οφθαλμικό γάγγλιο, βραχεία ακτινοειδή νεύρα) (Εικόνα 2). Αξίζει να σημειωθεί ότι με το ΑΚΟ δεν ελέγχεται η λειτουργία της όρασης. Έτσι, ανάλογα με την εντόπιση της βλάβης υπάρχουν περιπτώσεις που η απώλεια του ΑΚΟ συνοδεύεται ή όχι από απώλεια της όρασης, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις τυφλών ζώων που παρουσιάζουν φυσιολογικό ΑΚΟ<sup>8-11</sup> (Εικόνες 3-5).

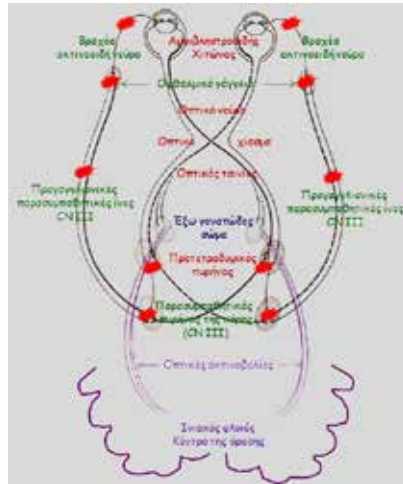
Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένοι ασθενείς που πάσχουν από τύφλωση εξαιτίας κάποιων παθήσεων του αμφιβληστροειδή χιτώνα, παρουσιάζουν θετικό ΑΚΟ (αν και τις περισσότερες φορές καθυστερημένο ή/και ατελές και ασταθές). Αυτό αποδίδονταν μέχρι πρόσφατα στον μικρό αριθμό των φωτοϋποδοχέων



**Εικόνα 3.** Σχηματική απεικόνιση των διαταραχών της όρασης και του ΑΚΟ σε σχέση με την εντόπιση της νευρολογικής βλάβης. Όταν η βλάβη εντοπίζεται σε κάποιο σημείο της οπτικής οδού από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα έως και τις οπτικές ταινίες πριν τον διχασμό των νευρικών ινών, προς το έξω γονατώδες σώμα και τον προτετραδυμικό πυρήνα, παρατηρείται διαταραχή τόσο της όρασης όσο και του ΑΚΟ (Τροποποιημένο από Petersen-Jones SM. Neuro-ophthalmology. In Petersen-Jones SM, Crispin SM, ed. Manual of small animal ophthalmology, Gloucestershire: BSAVA, 1993).



**Εικόνα 4.** Σχηματική απεικόνιση των διαταραχών της όρασης και του ΑΚΟ σε σχέση με την εντόπιση της νευρολογικής βλάβης. Όταν η βλάβη εντοπίζεται σε κάποιο σημείο της οπτικής οδού από τον διχασμό των νευρικών ινών προς το έξω γονατώδες σώμα έως και το κέντρο της όρασης στον ινιακό λοβό του εγκεφάλου, παρατηρείται διαταραχή της όρασης χωρίς διαταραχή του ΑΚΟ (Τροποποιημένο από Petersen-Jones SM. Neuro-ophthalmology. In Petersen-Jones SM, Crispin SM, ed. Manual of small animal ophthalmology, Gloucestershire: BSAVA,1993).



**Εικόνα 5.** Σχηματική απεικόνιση των διαταραχών της όρασης και του ΑΚΟ σε σχέση με την εντόπιση της νευρολογικής βλάβης. Όταν η βλάβη εντοπίζεται σε κάποιο σημείο από τον προτετραδικό πυρήνα μέχρι και τα βραχεία ακτινοειδή νεύρα, παρατηρείται διαταραχή του ΑΚΟ χωρίς διαταραχή της όρασης. Η κατάσταση αυτή περιγράφεται σαν οφθαλμοπληγία (Τροποποιημένο από Petersen-Jones SM. Neuro-ophthalmology. In Petersen-Jones SM, Crispin SM, ed. Manual of small animal ophthalmology, Gloucestershire:BSAVA,1993).

του αμφιβληστροειδή που παραμένουν λειτουργικοί και έχουν τη δυνατότητα να διεγείρουν το ΑΚΟ. Η εξήγηση αυτή βασίζονταν στην επικρατούσα μέχρι πρόσφατα άποψη, ότι κατά την εκτέλεση του ΑΚΟ, οι στοιβάδες του αμφιβληστροειδή χιτώνα, και ειδικότερα οι φωτούποδοχείς (κωνία και ραβδία) και τα γαγγλιακά κύτταρα/οπτικό νεύρο, εξετάζονται σαν ενιαίο σύνολο. Η παραδοσιακή εξέταση του ΑΚΟ με τη χρήση μονοχρωματικού (λευκού) φωτός, δεν μπορεί να μας πληροφορήσει για το ακριβές σημείο της βλάβης μεταξύ των φωτούποδοχέων και του οπτικού νεύρου ή/και του εγκεφάλου.<sup>12</sup>

### > Νεότερα δεδομένα. Η μελανοψίνη και τα ενδογενώς φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς

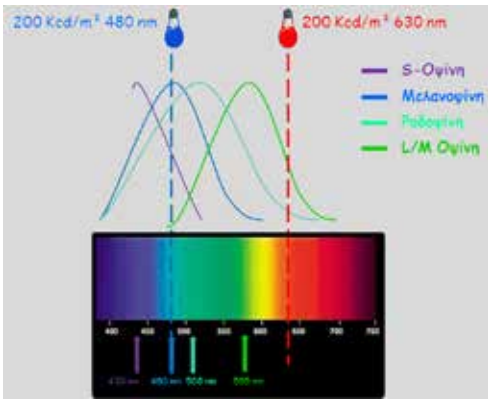
Το 1923 ο Clyde Keeler παρατήρησε ότι τα άτομα μιας γενετικά τροποποιημένης αποικίας ποντικών, των οποίων ο αμφιβληστροειδής στερούνταν κωνίων και ραβδίων, παρουσίαζαν φυσιολογικό ΑΚΟ. Η έρευνά του κατέληξε το 1927 στο συμπέρασμα ότι

εκτός των κωνίων και των ραβδίων, υπάρχει στον αμφιβληστροειδή και μια τρίτη ομάδα φωτούποδοχέων—πιθανά κάποια από τα γαγγλιακά κύτταρα—ικανών να διεγείρουν το ΑΚΟ.<sup>13</sup> Δυστυχώς οι ανακάλυψη του Keeler δεν έτυχε αποδοχής από την επιστημονική κοινότητα. Η έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή διακόπηκε και συνεχίστηκε μόλις τη δεκαετία του 1990 για να καταλήξει στις αρχές του νέου αιώνα, στην ανακάλυψη μιας νέας φωτοχρωστικής καθώς και μιας τρίτης ομάδας φωτούποδοχέων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Σήμερα γνωρίζουμε ότι εκτός της ροδοψίνης και της οψίνης, υπάρχει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και μια ακόμα φωτοευαίσθητη χρωστική η μελανοψίνη, η οποία εμφανίζει το μέγιστο βαθμό ευαισθησίας στα 480nm (μπλε φάσμα).<sup>14-18</sup> Η μελανοψίνη περιέχεται σε κάποια από τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή τα οποία ονομάζονται ενδογενώς φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή (ΕΦΓΚΑ) (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells - ipRGCs).<sup>16,19-21</sup> Τα κύτταρα αυτά αποτελούν το 1-3% του συνόλου των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή και οφείλουν την ονομασία τους στην ιδιότητά τους να διεγείρονται από το φως, ανεξάρτητα της διέγερσης των κλασικών φωτούποδοχέων (κωνίων και ραβδίων). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν οι νευρικές συνδέσεις αυτών των κυττάρων. Οι νευρίτες των ΕΦΓΚΑ δεν συνάπτονται με το έξω γονατώδες σώμα αλλά με τον υπερχιασματικό πυ-



**Εικόνα 6.** Σχηματική απεικόνιση των απολήξεων των νευριτών των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή που απαρτίζουν το οπτικό νεύρο. Το μεγαλύτερο ποσοστό των νευριτών που προέρχονται από τα κλασικά γαγγλιακά κύτταρα (κόκκινο στο σχήμα) απολήγουν στο έξω γονατώδες σώμα και εξυπηρετούν την όραση. Το μικρότερο ποσοστό των νευριτών που προέρχονται από τα κλασικά γαγγλιακά κύτταρα (μπλε στο σχήμα) απολήγουν στον προτετραδικό πυρήνα και εξυπηρετούν το ΑΚΟ. Από τους νευρίτες των ενδογενώς φωτοευαίσθητων γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς ένα μέρος (καφέ στο σχήμα) απολήγουν στον υποθάλαμο και συμμετέχουν στη λειτουργία του κικκάδιου ρυθμού και ένα μέρος (πράσινο στο σχήμα) απολήγουν στον προτετραδικό πυρήνα και εξυπηρετούν το ΑΚΟ (Τροποποιημένο από Miller's anatomy of the dog. H.E Evans (ed), 3rd ed, W.B.Saunders co. 1993 Philadelphia).





**Εικόνα 7.** Η εκμετάλλευση των φασματικών ιδιοτήτων των φωτοχρωστικών του αμφιβληστροειδούς χιτώνα για την εκλεκτική διέγερση των πληθυσμών των φωτοϋποδοχέων. Η S- και η L-οψίνη που περιέχονται στα κωνία, εμφανίζουν τον μέγιστο βαθμό διέγερσής τους στα 430nm και 555nm αντίστοιχα. Η ροδοψίνη που περιέχεται στα ραβδία, εμφανίζει το μέγιστο βαθμό διέγερσής της στα 508nm. Η μελανοψίνη που περιέχεται στα ενδογενώς φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, εμφανίζει το μέγιστο βαθμό διέγερσής της στα 480nm, ενώ παύει να διεγείρεται από φως μήκους κύματος μεγαλύτερου των 600nm. Όταν ο αμφιβληστροειδής διεγείρεται με ισχυρό φως 200kcd/m<sup>2</sup> μήκους κύματος 480nm (μπλε φως), διεγείρονται η μελανοψίνη (ΕΦΓΚΑ), η ροδοψίνη (ραβδία), η S-οψίνη και ελάχιστα η L/M οψίνη (κωνία). Όταν ο αμφιβληστροειδής διεγείρεται με ισχυρό φως 200kcd/m<sup>2</sup> μήκους κύματος 630nm (ερυθρό φως), διεγείρονται μόνον η ροδοψίνη (ραβδία) και η L/m<sup>2</sup> οψίνη (κωνία).

ρήνα του υποθαλάμου, με την επίφυση και με τον πυρήνα της κόρης του οφθαλμού (Εικόνα 6). Κατά συνέπεια τα ΕΦΓΚΑ δεν συμμετέχουν στη λειτουργία της όρασης αλλά στις λειτουργίες του ρυθμισμού, του ύπνου/εγρήγορης και τέλος στο ΑΚΟ και το φωτοβλεφαρικό αντανακλαστικό.<sup>22-28</sup>

## > Το χρωματικό αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού

Εξετάζοντας τις φασματικές ιδιότητες των φωτοευαίσθητων χρωστικών που υπάρχουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του σκύλου, παρατηρούμε ότι με τη χρήση ισχυρού φωτός μήκους κύματος 630nm (ερυθρό φάσμα), διεγείρονται μόνον τα ραβδία και ο πληθυσμός των κωνίων που περιέχει την L/M οψίνη. Με τη χρήση ισχυρού φωτός μήκους κύματος 480nm (μπλε φάσμα), διεγείρονται τα κωνία, τα ραβδία και τα ΕΦΓΚΑ<sup>29,30</sup> (Εικόνα 7).

Η κλινική εφαρμογή των παραπάνω πρόσφατων ανακαλύψεων δίνει τη δυνατότητα, της απομόνωσης και ξεχωριστής εξέτασης της έξω στοιβάδας του αμφιβληστροειδή (κωνία και ραβδία) από την έσω στοιβάδα του (γαγγλιακά κύτταρα) και από το οπτικό νεύρο (Εικόνα 7). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω



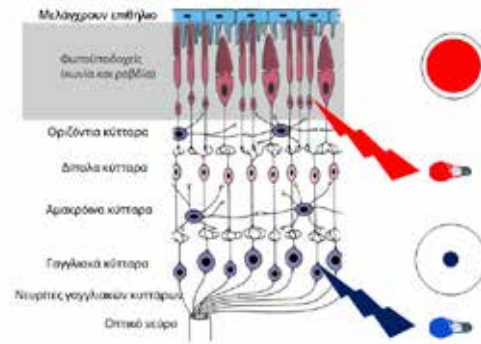
**Εικόνα 8.** Συσσκευές που χρησιμοποιούνται για την εξέταση του ΧΑΚΟ. Επάνω: Σταθερή συσκευή Melan-100 (Biomed Vision Technologies). Κάτω: Φορητή συσκευή Iris-Vet (Biomed Vision Technologies).

της εκτέλεσης του ΑΚΟ με τη χρήση διαδοχικά ερυθρού και μπλε φωτός.<sup>31</sup> Η εξέταση στην περίπτωση αυτή ονομάζεται χρωματικό αντανακλαστικό της κόρης του οφθαλμού (ΧΑΚΟ). Στην πράξη, αρνητικό αντανακλαστικό κόρης όταν αυτό ελέγχεται με φως ερυθρού φάσματος μήκους κύματος 630nm, σε συνδυασμό με θετικό αντανακλαστικό κόρης όταν αυτό ελέγχεται με φως μπλε φάσματος μήκους κύματος 480nm, δηλώνει πάθηση της έξω στοιβάδας του αμφιβληστροειδή. Αρνητικό αντανακλαστικό κόρης σε αμφοτέρωτα τα μήκη κύματος, δηλώνει βλάβη όλων των στοιβάδων του αμφιβληστροειδή ή/και του οπτικού νεύρου.<sup>12,30,31</sup> Τα κριτήρια της αξιολόγησης του ΧΑΚΟ είναι τα ίδια με αυτά που λαμβάνονται υπόψη για την αξιολόγηση του ΑΚΟ. Για να θεωρηθεί θετικό το αντανακλαστικό πρέπει να είναι γρήγορο, πλήρες και διαρκές.

## > Η εφαρμογή του ΧΑΚΟ στην κλινική πράξη

Στην κλινική πράξη, η εκτέλεση του ΧΑΚΟ γίνεται με τη βοήθεια ειδικών συσκευών-φωτεινών πηγών που εκπέμπουν φωτεινές δέσμες ισχύος 200 Kcd/m<sup>2</sup>, λευκού, ερυθρού και μπλε χρώματος<sup>12,30</sup> (Εικόνα 8). Η εξέταση είναι απλή, σύντομη και συνίσταται στην αξιολόγηση του ΑΚΟ με τη χρήση φωτεινής δέσμης των τριών χρωμάτων διαδοχικά, σε περιβάλλον χαμηλού φωτισμού. Σήμερα τείνει να περιλαμβάνεται στην εξειδικευμένη πλήρη οφθαλμολογική εξέταση. Το ΧΑΚΟ είναι ένα εξαιρετικά αξιόπιστο αντανακλαστικό που παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στον κλινικό οφθαλμίατρο των ζώων συντροφιάς. Η συμβολή του συνίσταται στη κλινική διαφορική διάγνωση της αιφνίδιας επίκτητης εκφύλισης του αμφιβληστροειδή, της προϊούσας εκφύλισης του αμφιβληστροειδή, της αμφιβληστροειδοπάθειας ανοσολογικής αιτιολογίας, των χοριοαμφιβληστροειδοπαθειών, της αποκόλλησης του αμφιβληστροειδή, του γλαυκώματος, της οπτικής νευρίτιδας, της μηνιγγίτιδας, των όγκων του οπτικού χιάσματος και της υπόφωσης καθώς και των παθήσεων του οπτικού φλοιού.<sup>12,29,30</sup>

1. Στο σύνδρομο της αιφνίδιας επίκτητης εκφύλισης του αμφιβληστροειδή (SARDS -sudden acquired retinal degeneration syndrome), όπου η νέκρωση των κωνίων και των ραβδίων είναι απότομη και καθολική, η ίριδα παραμένει σε

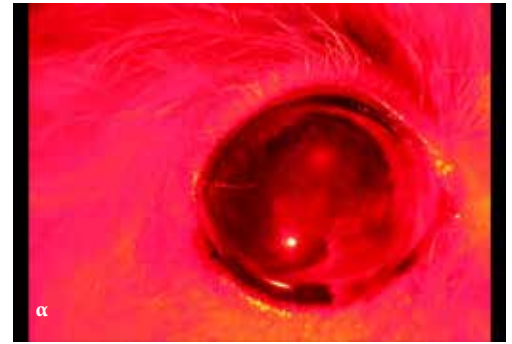
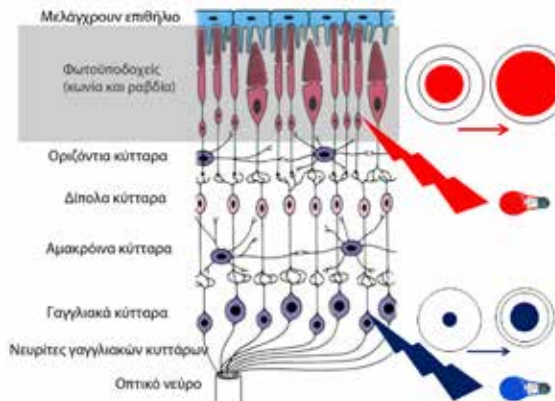


**Εικόνα 9.** Το ΧΑΚΟ στο σύνδρομο της αιφνίδιας επίκτητης εκφύλισης του αμφιβληστροειδή (SARDS-sudden acquired retinal degeneration syndrome). Στο σχήμα η πάσχουσα περιοχή σημειώνεται με την γκριζα ζώνη.

πλήρη διαστολή στο ερυθρό φως ενώ συσπάται κανονικά στο μπλε φως (Εικόνα 9).

2. Στην κατηγορία των νοσημάτων που περιγράφονται με τον γενικό τίτλο προϊούσα ατροφία του αμφιβληστροειδή (PRA-progressive retinal atrophy), όπου η νέκρωση των κωνίων και των ραβδίων είναι προοδευτική, ανάλογα με το στάδιο της νόσου, το ΧΑΚΟ μπορεί να είναι μειωμένο ή απόν στο ερυθρό, ενώ είναι φυσιολογικό στο μπλε φως, στα αρχικά στάδια της νόσου. Σε προχωρημένο στάδιο όμως, παρουσιάζονται διαταραχές και κατά τη διέγερση με μπλε φως, οπότε το αντανakλαστικό μπορεί να είναι καθυστερημένο και ατελές (Εικόνα 10). Ένα πολύ συχνό πρόβλημα στην οφθαλμολογία του σκύλου, είναι η διάγνωση της προϊούσας ατροφίας του αμφιβληστροειδή, σε ζώα που πάσχουν από καταρράκτη, εξαιτίας του οποίου η βυθοσκόπηση και η αξιολόγηση της κατάστασης του αμφιβληστροειδή, είναι αδύνατη. Η διάγνωση της προϊούσας ατροφίας του αμφιβληστροειδή σε αυτά τα ζώα έχει μεγάλη σημασία, προκειμένου να αποφευχθεί μια άσκοπη χειρουργική επέμβαση. Μέχρι σήμερα ο προεγχειρητικός έλεγχος της λειτουργικότητας του αμφιβληστροειδούς απαιτούσε τη διενέργεια ηλεκτρο-αμφιβληστροει-

**Εικόνα 10.** Το ΧΑΚΟ στην προϊούσα ατροφία του αμφιβληστροειδή (PRA). Στο σχήμα η πάσχουσα περιοχή σημειώνεται με την γκριζα ζώνη. Στα αρχικά στάδια της νόσου το ΧΑΚΟ μπορεί να είναι ατελές ή/και ασταθές στο ερυθρό φως και φυσιολογικό στο μπλε φως. Με την πρόοδο της νόσου, το αντανakλαστικό καθίσταται πλήρως αρνητικό στο ερυθρό και μειωμένο στο μπλε φως.



α

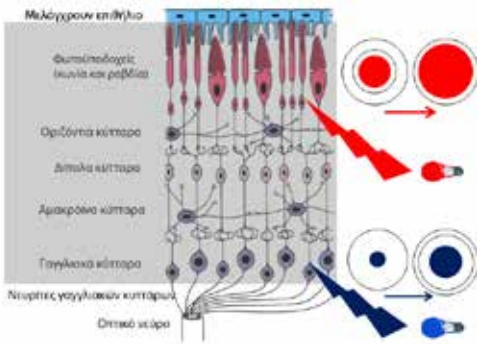


β

**Εικόνα 11.** Εφαρμογή του ΧΑΚΟ σε σκύλο φυλής Roodle ηλικίας 7 ετών που πάσχει από καταρράκτη και προϊούσα ατροφία του αμφιβληστροειδή. **α.** Στη διέγερση με ερυθρό φως η ίριδα δεν αντιδρά. **β.** Στη διέγερση με μπλε φως η ίριδα αντιδρά, αλλά όχι πλήρως γεγονός που δηλώνει το προχωρημένο στάδιο της ατροφίας του αμφιβληστροειδή.

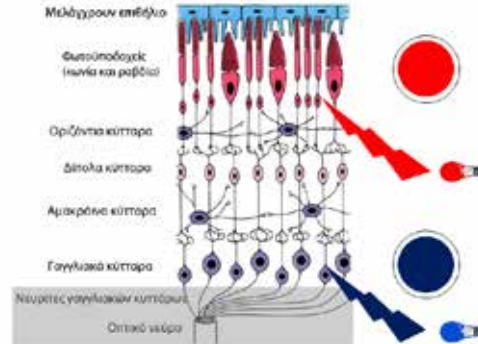
δογραφίας. Το ΧΑΚΟ, το οποίο δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη του καταρράκτη, αποτελεί σήμερα μια γρήγορη, αξιόπιστη και φτηνή διαγνωστική εξέταση, που δεν απαιτεί τη χορήγηση γενικής αναισθησίας<sup>12,30</sup> (Εικόνα 11). Έτσι, ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να συμπληρωθεί ή να υποκαταστήσει την ηλεκτρο-αμφιβληστροειδογραφία. Σε ασθενείς που το ΧΑΚΟ είναι σαφώς θετικό, η ηλεκτρο-αμφιβληστροειδογραφία δεν είναι απαραίτητη. Σε όσους ασθενείς το ΧΑΚΟ δεν είναι σαφώς θετικό, η βυθοσκόπηση είναι ανέφικτη ή/και υπάρχει υπόνοια συνυπάρχουσας οφθαλμικής νόσου, ο προεγχειρητικός έλεγχος πρέπει να περιλαμβάνει και την ηλεκτρο-αμφιβληστροειδογραφία καθώς και το υπερηχογράφημα του οφθαλμού.

3. Στις αμφιβληστροειδοπάθειες λόγω ανοσολογικών αιτιών, όπου το ποσοστό των κωνίων και ραβδίων που πάσχουν διαφέρει ανά περίπτωση, το ΧΑΚΟ είναι συνήθως ατελές ή/και ασταθές στο ερυθρό και φυσιολογικό στο μπλε φως.
4. Στις διάφορων αιτιών χοριοαμφιβληστροειδοπάθειες, καθώς και στην αποκόλληση του αμφιβληστροειδή, όπου πάσχουν τόσο οι έξω (κωνία και ραβδία) όσο και οι έσω (γαγγλιακά κύτταρα) στοιβάδες του αμφιβληστροειδή. Στις περιπτώσεις αυτές το ΧΑΚΟ είναι ατελές ή/και ασταθές και στα δυο χρώματα με ελαφρώς καλύτερο εκείνο του μπλε φωτός λόγω της αυξημένης ευ-



**Εικόνα 12.** Το ΧΑΚΟ στις χοριοαμφιβληστροειδοπάθειες, και στην αποκόλληση του αμφιβληστροειδή. Στο σχήμα η πάσχουσα περιοχή σημειώνεται με την γκριζα ζώνη. Στις καταστάσεις αυτές τα κύτταρα που αρχικά πάσχουν είναι οι φωτοϋποδοχείς, λόγω της διατροφικής εξάρτησής τους από τον χοριοειδή χιτώνα και το μελάγχρουν επιθήλιο. Έτσι στα αρχικά στάδια παρατηρούνται διαταραχές του ΧΑΚΟ που είναι αργό, ατελές και ασταθές κυρίως στο ερυθρό φως, ενώ είναι φυσιολογικό στο μπλε φως. Αργότερα το αντανακλαστικό απουσιάζει στο ερυθρό ενώ εμφανίζονται διαταραχές και στη διέγερση με το μπλε φως.

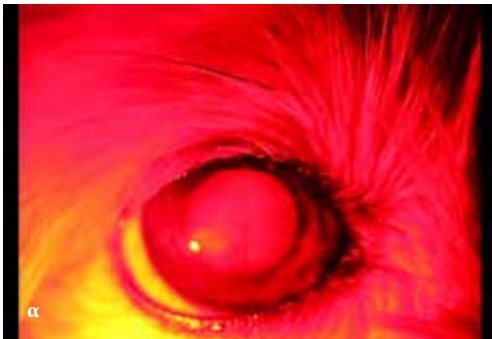
αισθησίας των κωνίων και ραβδίων σε σχέση με τα γαγγλιακά κύτταρα. Στα αρχικά στάδια αυτών των παθήσεων το ΧΑΚΟ μπορεί να είναι φυσιο-



**Εικόνα 14.** Το ΧΑΚΟ στις παθήσεις του οπτικού νεύρου. Στο σχήμα η πάσχουσα περιοχή σημειώνεται με την γκριζα ζώνη. Το αντανακλαστικό απουσιάζει στο ερυθρό και το μπλε φως.

λογικό στο μπλε φως (Εικόνες 12 και 13).<sup>30</sup>

5. Σε όλες τις παθήσεις που αφορούν το οπτικό νεύρο ή/και το οπτικό χίασμα (γλαύκωμα, η οπτική νευρίτιδα, η μηνιγγίτιδα και οι όγκοι του οπτικού χιάσματος και της υπόφυσης), το ΧΑΚΟ είναι αρνητικό τόσο στο ερυθρό όσο και στο μπλε φως<sup>30</sup> (Εικόνες 14 και 15).
6. Τέλος, στις παθήσεις του οπτικού φλοιού το ΧΑΚΟ είναι θετικό τόσο στο ερυθρό όσο και στο μπλε φως.



**Εικόνα 13.** Εφαρμογή του ΧΑΚΟ σε σκύλο φυλής Spritz ηλικίας 9 ετών που πάσχει από αποκόλληση αμφιβληστροειδή και αρχόμενο καταρράκτη. **α.** Στη διέγερση με ερυθρό φως η ίριδα αντιδρά ελάχιστα. **β.** Στη διέγερση με μπλε φως η ίριδα αντιδρά, αλλά όχι πλήρως. Στο στάδιο αυτό, και εφόσον η βλάβη αποκατασταθεί, μπορεί να επανέλθει κάποιου βαθμού όραση.



**Εικόνα 15.** Εφαρμογή του ΧΑΚΟ σε σκύλο φυλής French Bulldog ηλικίας 1 έτους που πάσχει από οπτική νευρίτιδα. Η ίριδα δεν αντιδρά στη διέγερση με το ερυθρό (**α**) και με το μπλε φως (**β**).





## > Συμπέρασμα

Το ΧΑΚΟ είναι μια νέα διαγνωστική τεχνική στην οφθαλμολογία των ζώων συντροφιάς, ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη διαφορική διάγνωση των παθήσεων του αμφιβληστροειδή και του οπτικού νεύρου. Τόσο τα βιβλιογραφικά δεδομένα όσο και η εμπειρία του συγγραφέα στη χρήση του ΧΑΚΟ τα τελευταία τέσσερα χρόνια δείχνουν ότι πρόκειται για μια απλή και γρήγορη μέθοδο που μπορεί να εφαρμοστεί οπουδήποτε. Η εξέταση απαιτεί μεν τη χρήση ειδικού εξοπλισμού, το κόστος του οποίου όμως δεν είναι απαγορευτικό. Σε σύγκριση με την ηλεκτρο-αμφιβληστροειδογραφία το ΧΑΚΟ

δεν απαιτεί τη χορήγηση ηρέμησης ή γενικής αναισθησίας, ούτε μακροχρόνια προσαρμογή των οφθαλμών σε ιδιαίτερες συνθήκες φωτισμού πριν από την εκτέλεσή του, επιτρέποντας την εφαρμογή του στη διάρκεια της οφθαλμολογικής εξέτασης ρουτίνας και προκαλώντας την ελάχιστη δυνατή διέγερση στα ασθενή ζώα.<sup>12</sup> Τα μειονεκτήματα του ΧΑΚΟ είναι τα ίδια που αναφέρονται σαν μειονεκτήματα του ΑΚΟ και αφορούν κυρίως τη παρουσία νοσημάτων της ίριδας ή/και χρήσης φαρμακευτικών παραγόντων που επηρεάζουν την αξιοπιστία τους.

## > Βιβλιογραφία

- Samuelson DA. Ophthalmic anatomy. In: Veterinary Ophthalmology, Gelatt KN (ed). 5th edn. Wiley-Blackwell Publishing: Ames Iowa, 2013, pp. 39-170.
- Ofri R. Optics and physiology of vision. In Veterinary Ophthalmology, Gelatt KN (ed). 5th edn. Wiley-Blackwell Publishing: Ames Iowa, 2013, pp. 208-270.
- Jacobs GH. The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 1993, **68**(3): 413-471.
- Jacobs GH, Deegan JF 2nd, Crognale MA, Fenwick JA. Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision. *Visual Neuroscience* 1993, **10**: 173-180.
- Neitz J, Geist T, Jacobs GH. Color vision in the dog. *Visual Neuroscience* 1989, **3**(2): 119-125.
- Goodhill GJ, Xu J. The development of retinotectal maps: a review of models based on molecular gradients. *Network* 2005, **16**(1): 5-34.
- Dean E. Techniques d'examen de l'oeil. In *Ophthalmologie du chien*, PMCAC ed. Supplement No4, **1997**: 21-38.
- Webb AA, Cullen CL. Neuro-ophthalmology. In Veterinary Ophthalmology, Gelatt KN (ed). 5th edn. Wiley-Blackwell Publishing: Ames Iowa, 2013, pp. 1820-1896.
- Scagliotti RH. Comparative neuro-ophthalmology. In Veterinary Ophthalmology, Gelatt KN (ed). 3th edn. Lippincott Williams & Wilkins Publishing: Baltimore, 1999, pp. 1307-1400.
- Kardon R. Pupillary light reflex. *Current Opinion in Ophthalmology* 1995, **6**: 20-26.
- Wilhelm H. Neuro-ophthalmology of papillary function – practical guidelines. *Journal of Neurology* 1998, **245**: 573-583.
- Grozdanic SD, Kecova H, Lazic T. Rapid diagnosis of retina and optic nerve abnormalities in canine patients with and without cataracts using chromatic pupil light reflex testing. *Vet Ophthalmol*, 2013, **5**: 329-340.
- Keeler CE. Blind mice. *Journal of experimental zoology* 1928, **51**(4): 495-508.
- Foster RG, Provencio I, Hudson D, Fiske S, De Grip W, Menaker M. Circadian photoreception in the retinally degenerate mouse (rd/rd). *J Comp Physiol* 1991, **169**(1): 39-50.
- Provencio I, Rodriguez IR, Jiang G, Hayes WP, Moreira EF, Rollag MD. A novel human opsin in the inner retina. *Journal of Neuroscience* 2000, **20**(2): 600-605.
- Lucas RJ, Douglas RH, Foster RG. Characterization of an ocular photopigment capable of driving papillary constriction in mice. *Nat Neurosci.* 2001, **4**(6): 621-626.
- Panda S, Provencio I, Tu DC, Pires SS, Rollag MD, Castrucci AM, Pletcher MT, Sato TK, Wiltshire T, Andahazy M, Kay SA, Van Gelder RN, Hogenesch JB. Melanopsin is required for non-image-forming photic responses in blind mice. *Science* 2003, **301**: 525-527.
- Qiu X, Kumbalasingi T, Carlson M, Wong Y, Krishna V, Provencio I, Berson M. Induction of photosensitivity by heterologous expression of melanopsin. *Nature* 2005, **433**(7027): 745-749.
- Hattar S, Liao HW, Takao M, Berson DM, Yau KW. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections and intrinsic photosensitivity. *Science* 2002, **295**(5557): 1065-1070.
- Hattar S, Lucas RJ, Mrosovsky N, Thompson S, Douglas RH, Hankins MW, Lem J, Biel M, Hofman F, Foster RG, Yau KW. Melanopsin and rod-cone photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. *Nature* 2003, **424**: 76-81.
- Van Gelder RN. Non-visual photoreception: sensing light without sight. *Curr Biol.* 2007, **17**(24): 2122-2128.
- Berson DM. Strange vision: ganglion cells as circadian photoreceptors. *Trends in Neurosciences* 2003, **26**: 314-320.
- Dacey DM, Liao HW, Peterson BB, Robinson FR, Smith VC, Pocrorny J, Tau KW, Gamlin PD. Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN. *Nature* 2005, **433**(7027): 749-754.
- Wong KY, Dunn FA, Berson DM. Photoreceptor adaptation in intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Neuron* 2005, **48**(6): 1001-1010.
- Zaidi FH, Hull JT, Peirson SN, Wulff K, Aeschbach D, Gooley JJ, Brainard GC, Gregory-Evans K, Rizzo JF, Czeisler CA, Foster RG, Moseley MJ, Lockley SW. Short-wavelength light sensitivity of circadian, papillary and visual awareness in humans lacking an outer retina. *Curr Biol.* 2007, **17**(24): 2122-2128.
- Berson M. Phototransduction in ganglion-cell photoreceptors. *European journal of physiology* 2007, **454**(5): 849-855.
- Merkwell EL, Feigl B, Zele AJ. Intrinsically photosensitive melanopsin retinal ganglion cell contributions to the papillary light reflex and circadian rhythm. *Clin Exp Optom* 2010, **93**(3): 137-149.
- Lucas RJ, Peirson SN, Berson DM, Brown TM, Cooper HM, Czeisler CA, Figuero MG, Gamlin PD, Lockley SW, O'Hagan JB, Price LL, Provencio I, Skene DJ, Brainard GC. Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends Neurosci* 2014, **37**(1): 1-9.
- Kardon R, Anderson SC, Damarjian TG, Grace EM, Stone E, Kawasaki A. Chromatic pupil responses: preferential activation of the melanopsin-mediated versus outer photoreceptor-mediated pupil light reflex. *Ophthalmology* 2009, **116**: 1564-1573.
- Grozdanic SD, Matic M, Sakaguchi, Kardon RH. Evaluation of retinal status using chromatic pupil light reflex activity in healthy and diseased canine eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; **48**(11): 5178-5183.
- Park JC, Moura AL, Raza AS, Rhee DW, Kardon RH, Hood DC. Toward a clinical protocol for assessing rod, cone and melanopsin contributions to the human pupil response. *Investigate Ophthalmology & Visual Science* 2011, **52**: 6624-6635.