

[27] Winterhalter S, Vom Brocke GA, Klamann MK, et al. Monthly microperimetry (MP1) measurement of macular sensitivity after dexamethasone implantation (Ozurdex) in retinal vein occlusions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015 ; 253 : 1873-82.

[28] Querques G, Lattanzio R, Querques L, et al. Impact of intravitreal dexamethasone implant (Ozurdex) on macular morphology and function. *Retina* 2014 ; 34 : 330-41.

[29] Winterhalter S, Lux A, Maier AK, et al. Microperimetry as a routine diagnostic test in the follow-up of retinal vein occlusion ? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012 ; 250 : 175-83.

## Électrophysiologie, à l'exclusion de l'électrorétinogramme multifocal

I. Audo

### L'essentiel

- L'électrophysiologie visuelle est une méthode d'évaluation objective de la fonction visuelle, qui nécessite une bonne fixation du patient.
- Les protocoles standards ont été définis par l'International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV).
- Toute réponse altérée aux potentiels évoqués visuels (PEV) damiers doit être complétée par un test de fonction maculaire.
- L'électrorétinogramme (ERG) permet de tester essentiellement la fonction rétinienne périphérique.
- Le *pattern* ERG fournit des informations sur la fonction maculaire ainsi que sur celle des cellules ganglionnaires issues de la macula.
- L'électro-oculogramme (EOG) reflète la fonction globale du couple épithélium pigmenté rétinien–photorécepteurs de façon indissociable.

L'électrophysiologie visuelle repose sur l'enregistrement d'une réponse visuelle à une stimulation lumineuse. Il s'agit d'une méthode d'évaluation objective de la fonction visuelle, à condition que le sujet testé fixe correctement la stimulation, par opposition aux tests psychophysiques (acuité visuelle, périmétrie, vision des couleurs et des contrastes) qui nécessitent la participation active du sujet. Dans ce sens, l'électrophysiologie prend toute sa place dans l'exploration d'une baisse d'acuité visuelle inexplicée et notamment dans le diagnostic différentiel d'une baisse d'acuité visuelle non organique.

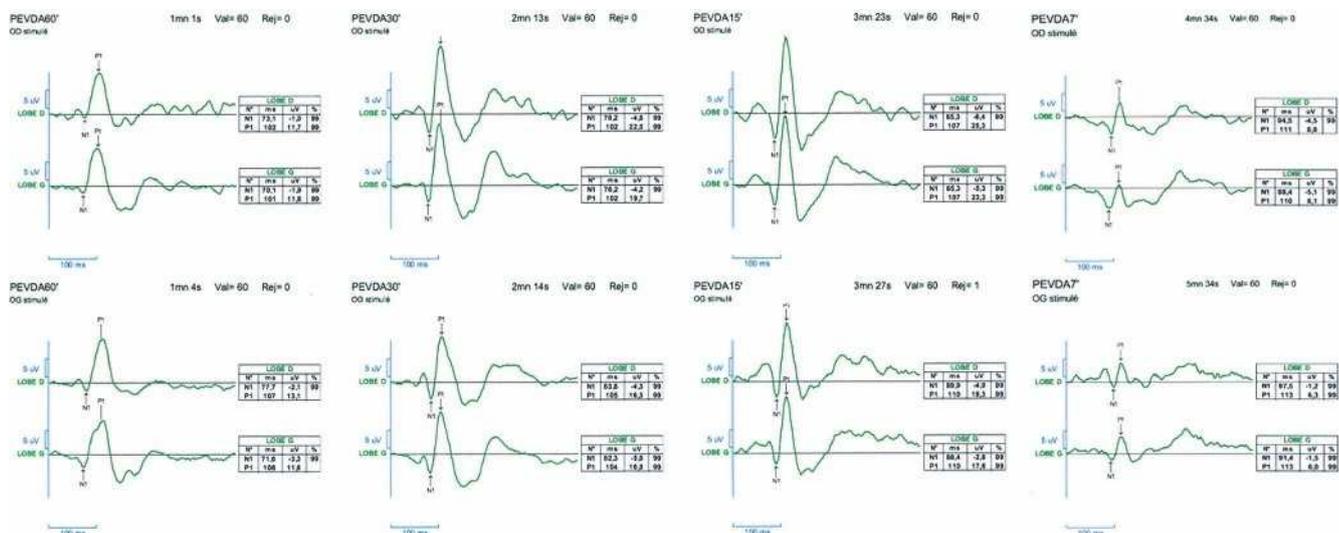
De plus, l'électrophysiologie est un outil essentiel pour préciser le diagnostic de certaines pathologies et permet d'apporter des éléments pronostiques, en complément d'autres examens paracliniques, dans le cas de neuropathies optiques, de maculopathies ou d'atteintes rétinienne globales ; elle a cependant un intérêt limité dans l'œdème maculaire. En revanche, l'électrophysiologie prend toute sa place dans le cadre de protocoles de recherche du fait des indicateurs objectifs qu'elle fournit, ou comme outil de diagnostic différentiel d'autres lésions kystiques maculaires rentrant notamment dans le cadre de dystrophies rétinienne (voir chapitre 14.4).

Dans un souci d'uniformisation et de reproductibilité, la Société internationale d'électrophysiologie (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision [ISCEV]) a établi depuis les années 1980 des protocoles standard, révisés tous les 4 ans, définissant les conditions et réponses minimums pour un diagnostic précis. Tout enregistrement devra donc inclure au moins l'enregistrement des réponses selon ces standards.

### ■ POTENTIELS ÉVOQUÉS VISUELS

(fig. 5-23) [1]

Les potentiels évoqués visuels (PEV) permettent d'évaluer l'ensemble des voies visuelles, de la partie antérieure de l'œil jusqu'au cortex visuel. Ils sont réalisés selon des conditions précises (encadré 5-1). La projection de la stimulation par damiers, en particulier, se fait au niveau maculaire et nécessite une bonne correction optique, une transparence des milieux et un fonctionnement maculaire normal pour la genèse correcte du signal au niveau du cortex visuel. On conçoit donc que toute anomalie sur l'axe visuel



**Fig. 5-23** Potentiels évoqués visuels par damiers.

Réponses normales issues de l'œil droit (OD, tracés du haut) et de l'œil gauche (OG, tracés du bas) après stimulation par les damiers de taille 60', 30', 15' et 7'. On note l'aspect bien structuré des réponses, sans asymétrie franche entre les deux hémisphères et entre les deux yeux avec une onde P100 de temps de culmination normal (compris entre 100 et 115 ms).

peut modifier les réponses. De même, toute atteinte de la fonction maculaire, et notamment la présence d'un œdème maculaire, modifiera la réponse des PEV de façon non spécifique. Ainsi, toute réponse altérée aux PEV damiers devra être complétée par un test de fonction maculaire – ERG damiers (voir ci-dessous) ou ERG multifocal (voir plus loin) – qui permettra, en cas de baisse d'acuité visuelle non expliquée par un trouble réfractif ou des milieux, de distinguer une atteinte maculaire d'une dysfonction du nerf optique ou des voies rétinochiasmiques. De plus, en fonction de la taille des damiers, les stimulations vont solliciter différemment la résolution maculaire. Ainsi, en cas de lésions fovéolaires comme un trou maculaire, les réponses aux damiers de petite définition (15 minutes d'angle voire 7 minutes d'arc) seront altérées plus sélectivement que les réponses aux damiers 60 minutes d'arc [2]. Il n'existe cependant pas d'étude récente de corrélation entre la taille de la lésion maculaire, documentée par les nouvelles techniques d'imagerie rétinienne haute résolution, et les altérations des réponses aux PEV en fonction de la taille des damiers testés. Les réponses aux flashes sont en revanche plus grossières et peu modifiées par une altération sélective de la fonction maculaire.

#### Encadré 5-1

##### Conditions de réalisation des PEV

- Réalisation sans dilatation pupillaire, en monoculaire.
- Stimulations présentées devant le patient de façon soit structurée (échiquier fait de damiers noir et blanc alternants dont la taille varie – tailles de 60, 30 et 15 minutes d'arc, voire 7 minutes d'arc), soit par flashes.
- Électrodes de recueil du signal posées de part et d'autre des deux hémisphères au niveau du cortex occipital.

## ■ ÉLECTRORÉTINOGRAMME GLOBAL OU GRAND CHAMP (fig. 5-24) [3]

Cet examen permet de tester la fonction rétinienne globale avec une contribution de l'aire maculaire négligeable. Il répond à des conditions de réalisation précises (encadré 5-2). Il teste essentiellement la fonction rétinienne périphérique et n'est donc pas un test pour juger de la fonction maculaire [4]. Ainsi, il ne sera pas ou peu modifié en cas d'œdème restreint à la macula, mais peut être indiqué dans le diagnostic de rétinopathie associant kystes maculaires et atteinte rétinienne périphérique. En particulier, il prend toute sa place en cas de suspicion de dystrophie rétinienne (voir chapitre 14.4) et documente séparément la fonction des bâtonnets par rapport à celle des cônes, et celle de la rétine externe par rapport à celle de la rétine interne.

## ■ ÉLECTRORÉTINOGRAMME DAMIER OU PATTERN ERG (fig. 5-25) [5]

Cet examen fournit des informations sur la fonction maculaire ainsi que sur la fonction des cellules ganglionnaires en provenance de la macula. Il s'enregistre comme l'ERG global mais sans dilatation pupillaire, avec une réfraction optimale et en monoculaire en cas de strabisme. La stimulation consiste en un échiquier noir et blanc, alternant, identique à celui employé pour enregistrer les PEV damiers. La réponse générée consiste en une déflexion négative inconstante (N35), puis une déflexion positive P50 suivie d'une déflexion négative N95 (fig. 5-25). La N95 a son origine dans les cellules ganglionnaires. La P50 a son origine pour 70 % au

#### Encadré 5-2

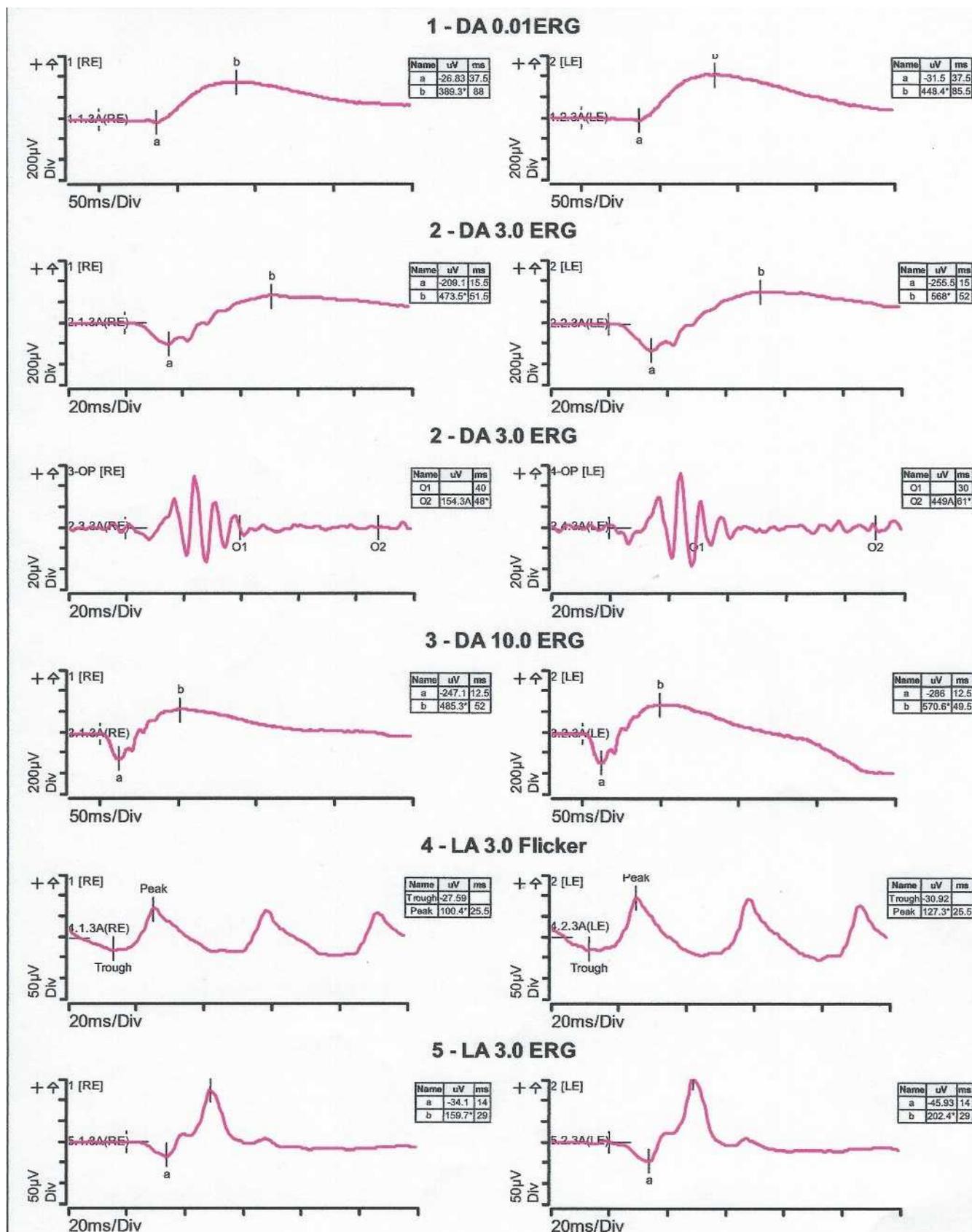
##### Conditions de réalisation de l'ERG

- Dilatation pupillaire, en binoculaire, à l'aide d'une électrode de recueil cornéenne.
- Stimulations par flashes achromatiques générés par une coupole.
- Début de l'examen après au moins 20 minutes d'adaptation à l'obscurité totale.
- Aucune illumination rétinienne préalable (imagerie rétinienne) dans la journée.
- Enregistrement de six réponses différentes [3], quatre dans les conditions d'adaptation à l'obscurité (scotopiques) et deux après adaptation à un fond lumineux de 30 cd/m<sup>2</sup> pendant au moins 10 minutes (photopiques) :
  1. réponse scotopique à un flash de 0,01 cd.s/m<sup>2</sup> (*dark adapted 0.01 ERG*) ;
  2. réponse scotopique à un flash de 3 cd.s/m<sup>2</sup> (*dark adapted 3.0 ERG*) ;
  3. réponse scotopique à un flash de 10 cd.s/m<sup>2</sup> (*Dark adapted 10.0 ERG*) ;
  4. potentiels oscillatoires, en réponse à un flash de 3 cd.s/m<sup>2</sup> en modifiant la bande passante de recueil du signal (*dark adapted 3.0 oscillatory potentials*) ;
  5. réponse photopique à un flash de 3 cd.s/m<sup>2</sup> (*light adapted 3.0 ERG*) ;
  6. réponse photopique à un flash de 3 cd.s/m<sup>2</sup> avec une fréquence de 30 Hz (*light adapted 30 Hz*).

niveau des cellules ganglionnaires et pour 30 % une origine plus proximale, au niveau des photorécepteurs maculaires. Le *pattern ERG* (PERG) est donc une méthode de choix pour distinguer une atteinte des photorécepteurs maculaires (altération de la P50 et proportionnellement de la N95) d'une atteinte primitive des fibres ganglionnaires (ex. : atrophie optique dominante), avec conservation de la P50 (toutefois diminuée en amplitude et de temps de culmination raccourci) concomitante à une disparition de la N95. La plupart des maculopathies entraînent une diminution d'amplitude mais une conservation du temps de culmination de la P50. En revanche, un signe relativement spécifique d'œdème maculaire, également retrouvé en cas de chorioretinite séreuse centrale, est l'allongement du temps de culmination de la P50 [6]. Cependant, contrairement à l'ERG multifocal, le PERG documente la fonction maculaire globale mais ne fournit pas une cartographie de l'électrogénèse maculaire.

## ■ ÉLECTRO-OCULOGRAMME (fig. 5-26) [7]

Cet examen reflète la fonction globale du couple épithélium pigmenté rétinien (EPR)–photorécepteurs (essentiellement bâtonnets) : la fonction des deux types cellulaires par l'électro-oculogramme (EOG) n'étant pas dissociable, devant tout EOG anormal il faut enregistrer l'ERG global avant de conclure à une altération isolée de la fonction de l'EPR. De même, si un ERG est altéré avec une dysfonction des bâtonnets, l'EOG sera aussi altéré du fait de cette dernière. L'EOG tire son principe du fait que, grâce aux pompes ioniques de l'épithélium et des échanges avec les photorécepteurs, l'œil est un dipôle dont la valeur va varier entre l'obscurité et la lumière (encadré 5-3). Le rapport d'Arden est mesuré en pourcentage entre la valeur la plus haute à la lumière et la valeur la plus basse à l'obscurité (en général supérieure à 120 à 150 % selon les laboratoires).



**Fig. 5-24** ERG champ total selon les recommandations standard de l'ISCEV.

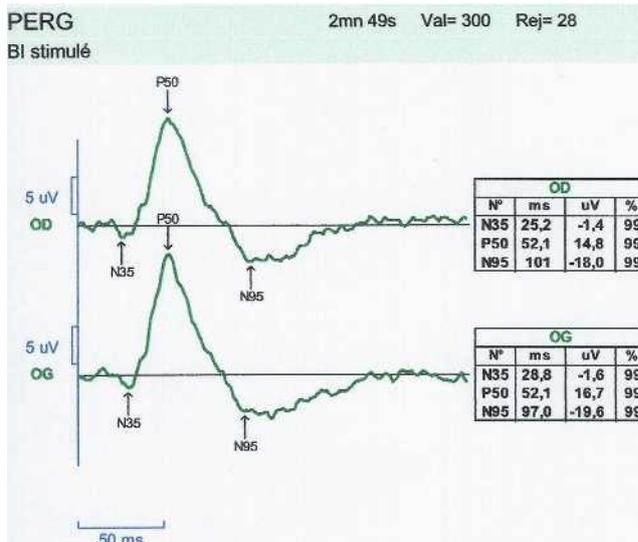
Quatre réponses sont enregistrées : après 20 minutes d'adaptation à l'obscurité (DA : *dark adapted*) ; en réponse à un flash standard de  $0,01 \text{ cd.s/m}^2$  (DA 0.01 ERG) ; en réponse au flash standard de  $3 \text{ cd.s/m}^2$  (DA 3.0 ERG, avec un deuxième enregistrement avec la même intensité du flash mais en modifiant la bande passante de recueil du signal pour analyse des potentiels oscillatoires ou OP) ; en réponse à un flash de  $10 \text{ cd.s/m}^2$  (DA 10.0 ERG). Après 10 minutes d'adaptation à la lumière (LA : *light adaptation*), deux réponses sont enregistrées après stimulation par le flash standard de  $3 \text{ cd.s/m}^2$  présenté à une fréquence de 30 Hz (LA 3.0 Flicker) et à une fréquence de 0,2/s (LA 3.0 ERG).

Les indications de l'EOG sont très limitées et restreintes actuellement aux suspicions de maladie de Best, au syndrome d'AZOOR (*acute zonal outer retinopathy*) ou au suivi des corps étrangers métalliques intra-oculaires. Ainsi, concernant les rétinopathies associées à des kystes maculaires, l'EOG est indiqué essentiellement en cas de suspicion de bestrophinopathie (voir chapitre 14.4).

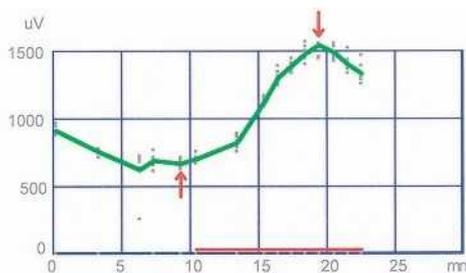
**Encadré 5-3**

**Conditions de réalisation de l'EOG**

- Dilatation pupillaire.
- Électrodes cutanées placées au niveau des canthi internes et externes avec un stimulateur sous la forme d'une coupole.
- Patient placé dans l'obscurité et instruit à faire des saccades régulières en suivant une cible placée dans la coupole puis le fond de celle-ci est illuminée.



**Fig. 5-25** ERG damiers ou pattern ERG.

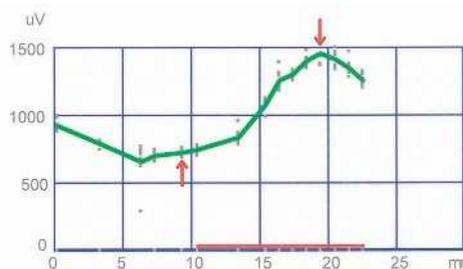


OD

minimum = 672uV

maximum = 1542uV

rapport de ARDEN = 229%



OG

minimum = 721uV

maximum = 1454uV

rapport de ARDEN = 202%

**Fig. 5-26** EOG.

**BIBLIOGRAPHIE**

[1] Odom JV, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update). Doc Ophthalmol 2010 ; 120 : 111-9.  
 [2] Kato M, Nakagami T, Watanabe I. Visual evoked potentials in macular hole. Doc Ophthalmol 1991 ; 76 : 341-9.  
 [3] McCulloch DL, Marmor MF, Brigell MG, et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). Doc Ophthalmol 2015 ; 130 : 1-12.  
 [4] Holopigian K, Seiple W, Lorenzo M, Carr R. A comparison of photopic and scotopic electroretinographic changes in early diabetic retinopathy. Investigative Ophthalmology & Visual Science 1992 ; 33 : 2773-80.

[5] Bach M, Brigell MG, Hawlina M, et al. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG) : 2012 update. Doc Ophthalmol 2013 ; 126 : 1-7.  
 [6] Eckstein MB, Spalton DJ, Holder G. Visual loss from central serous retinopathy in systemic lupus erythematosus. British J Ophthalmol 1993 ; 77 : 607-9.  
 [7] Marmor MF, Brigell MG, McCulloch DL, et al. ; International Society for Clinical Electrophysiology of Vision. ISCEV standard for clinical electro-oculography (2010 update). Doc Ophthalmol 2011 ; 122 : 1-7.

