シンポジウム
「眼科検査のSkill up」

ERG検査とVEP検査をより正確に行うための留意点

川 瀬 芳 克

あいち小児保健医療総合センター

**Technical guidance in conducting more accurate
electroretinography (ERG) tests and visual
evoked potential (VEP) tests**

Yoshikatsu Kawase

Aichi Children's Health and Medical Center

要 約

網膜疾患の検査診断に使われるERG検査は眼科における電気生理検査の代表であるが、ISC EVの標準に従って杆体反応、杆体錐体混合反応、錐体反応、フリッカー反応を記録することで、疾患の鑑別診断にさらに有用となる。

ERG検査においては電極が角膜上に正しく置かれていることを常に確認することが正確な検査結果を得る上に重要である。暗順応下で白色閃光により記録されるERGはもっとも一般的に行われているが、この検査においても電極位置が不正であれば誤った波形が得られる可能性がある。

VEP検査においては被験者の注意力や意識水準の確認が正確な検査結果を得るために不可欠である。パターンリバーサル刺激によるVEPでは被検者が固視を維持し、パターンの反転を常に意識できるように検者が誘導する必要がある。フラッシュVEPを睡眠下で実施するときは、できるだけ浅い睡眠下で検査を実施することが望ましい。また、刺激への慣れによる反応の低下と疾患による反応の低下を鑑別するために患眼の反応を先に記録することや、VEP波形であることを確認するために背景脳波のみを加算したときの波形と視覚刺激を与えた場合の波形を比較するなどの工夫が有効である。

別冊請求先 (〒474-0031) 愛知県大府市森岡町尾坂田1-2

あいち小児保健医療総合センター眼科 川瀬芳克

Tel. 0562-43-0500

Key words : electrophysiological test, ERG, VEP

電気生理検査, ERG, VEP

Abstract

An ERG test is regarded as the typical electrophysiological test used in screening for and diagnosing retinal disease in the field of ophthalmology. ERGs can serve as a more useful tool in making differential diagnoses of retinal disease if rod response, combined rod-cone response, cone response, and flicker response are recorded according to standards by the International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV).

In ERG tests, the electrode should be correctly set on the cornea, and its position should be constantly checked. Reliable results can be obtained through this rigorous process. Dark-adapted ERGs are recorded using a white flash. Even if this widespread examination method is adopted, the incorrect placement of electrodes may produce the wrong waveforms.

Checking the examinee's alertness and level of consciousness is indispensable in obtaining accurate results in VEP tests. To obtain VEPs using pattern reversal stimulation, the examiner should guide the examinee so that he/she can maintain fixation and constantly recognize the reversals of pattern. When flash VEPs are recorded during sleep, the examinee's level of sleep should be as shallow as possible. In order to differentiate decreased response due to repeated stimulations from decreased response due to illness, the responses of the suspected eye should be recorded in advance. Besides these techniques, comparisons between the waveform obtained by adding only background electroencephalograms and the waveform obtained after visual stimulation is recommended as an effective method of identifying VEP waveforms.

I. ERG検査の有効性と検査上の留意点

1. ERG検査の標準化

International Society for Clinical Electrophysiological of Vision (以下ISCEVと略す)によりERG検査の標準化が提唱され、現在は1999年版が最新版となっている¹⁾。これは臨床で実施される一般的なERG検査について標準規格を提唱するもので、眼科臨床で日常的に行われているERG検査を制限するものではなく、さらに研究等で実施される特殊なERG検査を含むものではない。検査機器の整備も必要でありすべての外来ですぐに採用できるものではないが、ここで示されている規格を周知しできる限りそれを満たすように努力することでより正確なERG検査が可能となる。

2. 錐体機能と杆体機能の分離記録

ISCEVはERG検査として杆体反応、杆体錐体混合反応、錐体反応、30Hzのフリッカーへの反応を記録することを提唱している。このように

錐体系と杆体系の反応を分離して記録することによりERG検査は疾患の鑑別診断により有用な検査となる。

我々が使用しているポータブルERG LE-2000TM (トーマー製) は電極内に発光部が組み込まれ、ISCEVに準拠した各種反応が簡易に記録できることが特徴である (図1, 図2)。

症例

初診時年齢 6歳 女児

診断名 杆体一色覚

主訴 就学に際し視覚補助具の指導を希望し
受診

本症のERG検査では杆体反応が認められるのに対し、フリッカーに対する反応は認められなかった (図3、図4)。強い羞明、眼振、色覚異常、矯正視力が両眼とも0.1であることなどの所見より本症を推定していたが、この結果より本症と診断された。

図1 ポータブルERG LE-2000 TM (トーマー製)の外観

図2 ポータブルERG LE-2000 TM (トーマー製)の角膜電極

3. ERGによる先天性停止性夜盲症の鑑別

三宅によってその本体が解明された先天性停止性夜盲症は、眼底に異常を認めず多くは視力不良を主訴とするため、しばしば屈折異常性弱視として管理されている^{2) 3) 4)}。本症は白色閃光による杆体錐体混合反応のERGでnegativeな波形を示すため、特別な機器がない場合でも検査が可能であり、両者は容易に鑑別される(図5)。

4. 角膜と角膜電極の位置関係による波形の変化

角膜電極が正しく角膜上に置かれていることを常に確認していることが必要である。とくに乳幼児や障害児(者)など検査者の指示が十分

図3 杆体一色覚児の杆体反応

図4 杆体一色覚児のフリッカーへの反応

図5 8歳男児の先天性停止性夜盲症児より記録された白色閃光によるERG波形

に伝わらないような場合には注意する必要がある。たとえば片眼を検査する際には反対眼で固視を誘導するなどの工夫などである。

角膜と電極の位置とERG波形の関係を模式的に示すために、職員を被験者に白色閃光によるERGを記録した。眼を強く上転させ電極が角膜から外れた状態でのERG波形はnon-recordable

図6 眼球を強く上転した状態で記録された正常者の白色閃光によるERG波形

図8 角膜上に電極を置いた正常位置で記録された正常者の白色閃光によるERG波形

図7 眼球を半ば上転した状態で記録された正常者の白色閃光によるERG波形

様であった(図6)。上転の程度を中等度とし電極が角膜から半分程度外れた状態ではnegativeに似た波形を示した(図7)。これは基線がやや右下がりとなっているためであるが誤った情報となる波形である。電極位置が正しい状態では正常なERG波形が記録されている(図8)。

実際の記録例を示す(図9)。症例は0歳の女児で、覚醒状態で記録されたERG波形である。ローバック型の角膜電極を使用して記録した白色閃光によるERGで、発光時の角膜位置は電極を通して筆者が肉眼的に確認していた。上段の波形は角膜が外れていて確認できなかった状態、中断はやや上転して角膜が半ば認められた状態、下段が角膜上に電極が置かれた状態である。やや雑音が混入しているが正常波形と認められた症例である。

図9 電極位置と白色閃光によるERG波形の記録例。症例は0歳女児で、上段は眼球が上転し電極が角膜から外れた状態、中段はやや上転し角膜上から電極が半ば外れた状態、下段は角膜上に電極が置かれた状態でそれぞれ記録された波形。使用電極はローバック型であり、電極位置は中央開口部を通して肉眼的に確認した。

II. VEP検査を正確に実施するための留意点

筆者は神経眼科学会の標準化を参考にVEP検査を行っているが、検査に際して留意していることを以下にあげる⁵⁾。なお提示した波形はすべて関電極をマイナスにとったものである。

a. 固視の監視

パターンリバーサルによるVEPの検査に際しては、被験者が刺激図形の固視点を注視し、刺激図形が反転することを意識していることが大切である。7歳男児のVEP波形を示す(図10)。上段のふたつの記録は固視点を注視していたときの反応で再現性のあるP100の反応が認められる。一方、下段のふたつの波形は注視が不十分であった時のものでその反応が認められない。このように正しい記録を得るためには固視点を注視していることを十分監視している必要がある。

図10 7歳男児のパターンリバーサルVEPの波形。上2段の波形は固視点を注視した状態、下2段の波形は注視不良の状態で記録されたものである。

b. 意識水準の監視

睡眠時のフラッシュVEP検査では被検者の意識水準を脳波により監視し、できるだけ浅い睡眠下においてVEPを記録することが必要である。知的障害を伴う3歳女児のフラッシュVEPの波形をしめす。(図11)。催眠剤を用いて睡眠下で検査を行ったものであるが、上3段の波形は中等度から深い睡眠時の反応波形であり、下3段は起こしながら浅い睡眠に誘導して記録し

図11 睡眠の深さによるフラッシュVEP波形の変化の記録例。症例は3歳女児で、上3段は中等度から深睡眠下、下3段は浅い睡眠下で得られたVEP波形である。

た波形である。いずれの波形も睡眠下で記録されたものであるが、浅い睡眠下では再現性ある明瞭な反応が認められている。

なお、スパイクや心電図等の混入や検査時の発作などを感知するためにも脳波の監視は有効である。

c. 対照波形の記録

得られた波形がVEP反応であることを確認するために背景脳波のみを加算した対照波形も記録し比較することが有用である。対照波形は刺激装置を含め検査機器は通常の検査時と同様に動作させながら被検者に視覚刺激を与えないようにして記録している。フラッシュVEPではキセノンの発光部を、光を通さない袋で完全に覆うことで、発光はしながら被検者には光刺激を与えないという状況を確保している。パターンVEPではパターン刺激を提示するTVモニタの直前に十分大きい黒色のボードを置くことによ

りTVモニタ上にはパターンを提示しながら、被検者にはそれを提示しないようにした。なお、ボードには固視点があり、被験者の注視を確保している。

これにより視覚刺激が提示された時と提示されない時の波形が記録でき、両者を比較することでより確かにVEP波形を評価することができるようになる。とくに波形が不明瞭である時に有効である。

VEP波形と対照波形の例を示す。(図12)である。上2段が刺激を提示した時の反応波形で、下2段が視覚刺激を提示しないで背景脳波のみを加算して得られた波形である。両者を比較して評価するが、視覚刺激を与えた場合にはVEPの成分が認められ、与えない場合にはその成分が認められない平坦な波形が得られることで、結果が確かなもので雑音等によるものでないことと、検査が正確に行われていることを確認している。

d. 検査順序

VEP検査を頻回繰り返すと反応波形の振幅が

図12 VEP波形と対照波形の記録例。上2段は刺激提示した状態、下2段は刺激提示なしの状態で記録された波形。

低下することがある。これは刺激への慣れによって起きると考えられるが、個人差も大きく定量的に評価することは困難である。左右眼で反応を比較する場合、反応を同時記録することが理想的であるが、それができない場合は慣れによる振幅の低下と疾病等による振幅の低下が区別できるような順序で検査を実施する必要がある。

左右眼で差があることが予想される場合、筆者は両眼刺激、対照波形の記録、患眼刺激、健眼刺激の順で検査を行っている。あとで実施した健眼刺激時の波形の振幅より先に記録した患眼刺激時の波形の振幅が明らかに小さい場合、

図13 左眼視神経萎縮（疑）の2歳男児のVEP波形。上より両眼刺激、対照波形、左眼刺激、右眼刺激の波形である。Bは両眼刺激、Cは対照波形、Lは左眼刺激、Rは右眼刺激を示す。

患眼の反応が小さいと判定している。

左眼の視神経萎縮が疑われる2歳男児のVEP波形を示す(図13)。各条件で2回ずつ検査を行っているが、先に行った左眼の波形の振幅はあとで行った右眼のものより明らかに小さいことから、左眼の反応が小さいと判定した。

同様な例として左眼の先天性白内障が認められる1歳女児のVEP波形を示す(図14)。患眼の反応が認められないことから左右眼差があると判定した。なお、この例では睡眠の維持を確保するため視覚刺激を与えない対照波形を最初に行っている。

左右眼差が認められなかった例として、0歳女児の睡眠下でのフラッシュVEPの記録を示す(図15)。左眼内斜視が疑われ左右眼差を確認するため検査を行った。異常が疑われた左眼の振幅と、あとで検査を行った右眼の振幅に明らかな差が認められず、むしろ左眼の方がわずかに振幅が大きい傾向が認められた。このことより左右眼差は認められないと判定された。

図14 左眼先天性白内障の1歳女児のVEP波形。上より対照波形、両眼刺激、左眼刺激、右眼刺激の波形である。Cは対照波形、Bは両眼刺激、Lは左眼刺激、Rは右眼刺激を示す。

e. 遮蔽の方法

片眼刺激を行うために非検査眼を遮閉するが、これを確実に行うことが正確な検査のために不可欠である。筆者は遮光性の黒い膜をアイパッチより一回り小さく切り取り、これをアイパッチで固定している(図16)。健眼からはごく微

図15 左眼内斜視(疑)の1歳女児のVEP波形。上より両眼刺激、対照波形、左眼刺激、右眼刺激の波形である。Bは両眼刺激、Cは対照波形、Lは左眼刺激、Rは右眼刺激を示す。

図16 遮閉用の膜とそれを固定するアイパッチ

弱な光でも反応波形が得られるため、この遮蔽は確実に行う必要がある。

f. 波形の評価

波形の評価には再現性を重視している。少なくとも同一条件で2回の検査を行い、再現性のある波形が得られた場合に反応としている。再現性が不明瞭な場合には、時間間隔を置きながらさらに1～2回の検査を追加している。

g. 雑音の除去

正しい結果を得るためには雑音を除去することは重要である。雑音を除去するためには電極の抵抗を低くすること、正しくアースを取ること、ケーブルを束ねないことなどが必要である。

ま と め

ERGとVEP検査は眼科の代表的な電気生理検査であり、網膜や視路の検査に不可欠なものである。他覚的検査であることから、乳幼児や障害児（者）の検査としても重要である。これら

の検査においてより正しい信頼性の高い結果を得るための留意点を述べた。

参考文献

- 1) Michael F.Marmor, Eberhart Zrenner: Standard for clinical electroretinography. Documenta Ophthalmologica 97: 143-156, 1999.
- 2) 三宅養三, 他: 新しい疾患概念の確立 先天性停止性夜盲の完全型と不全型. 日眼会誌 106: 737-756, 2002.
- 3) 川瀬芳克, 内田尚子: 先天性停止性夜盲症31例の分析. 日本視能訓練士協会誌13: 108-111, 1985.
- 4) 三宅養三, 柳田和夫, 川瀬芳克, 神田孝子: 狭義先天性停止性夜盲に関する研究 (1) 初診時の主訴について. 日眼会誌88: 846-849, 1984.
- 5) 筒井純, 他: 神経眼科領域における視覚誘発脳波の応用に関する標準化. 眼臨76: 1356-1368, 1982.