

# 短潜時視覚誘発反応 (SVEP) の臨床的実用化に 関する研究 (図6)

(山本覚次教授追悼論文)

川島 幸夫・筒井 純 (川崎医科大学眼科学教室)

## Study for Clinical Application of Short Latency Visual Evoked Potential (SVEP)

Sachio Kawashima and Jun Tsutsui

Department of Ophthalmology, Kawasaki Medical School

### 要 約

短潜時視覚誘発反応 (SVEP) は眼から脳の視中枢にいたる伝導を示すものである。4チャンネル平均加算コンピューターによる臨床応用を検討した。電極位置は目的に応じ、(1) 一般的 SVEP には Fpz, Cz, Pz, Oz, (2) 脳幹電位用には C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, Fz, Pz, (3) 後頭葉視中枢用には T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> の3通りのモンタージュの使いわけが有効である。SVEP に含まれる主要波形要素は N<sub>26</sub> (視神経), N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub> (脳幹部), N<sub>40</sub>, N<sub>65</sub>, N<sub>85</sub> (後頭葉) があり、これらが視路伝導の診断の目標となる。視交叉前障害, 視路脳幹障害, 後頭頭頂葉障害などの鑑別が可能であった。正確な測定ができていのかどうかは4回の網膜律動様小波が記録されていること (Fpz), 全誘導に筋電図が混入していないことなどである。また高度の視力障害がある場合, 他覚的診断にも応用可能である。(日眼 91:194-199, 1987)

キーワード: 短潜時視覚誘発反応, モンタージュ, 臨床応用, 簡易法

### Abstract

In this study, we evaluated a clinical application of SVEP by means of 4ch. signal processor. We used three kinds of montage as follow (1) Fpz, Cz, Pz, Oz, (2) C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, Fz, Pz, (3) T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, as a placement of active electrodes. First of all, normal waveforms were studied in comparison with EMG artifact. N<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>, N<sub>65</sub> and N<sub>85</sub> should be indexes to evaluate abnormality of SVEP waveforms. We recommended the montage (1) for routine clinical testing and detecting prechiasmatic lesions, as well as montage (2) for detecting brainstem lesions and montage (3) for detecting postchiasmatic lesions and its hemispheric laterality. We evaluated a correlation between SVEP abnormality and visual acuity. SVEP by means of 4ch. signal processor is a possible clinical application and has a great value in objective evaluation of optic pathway diseases. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 194-199, 1987)

Key words: short latency VEP, montage, clinical use, routine

## I 緒 言

短潜時視覚誘発反応 (以後 SVEP と略) は光刺激に

対する網膜より後頭葉視中枢に及ぶ広範囲の皮質下伝導を示すものである<sup>1)</sup>。よってその電位発生源の同定においては、前報<sup>1)2)</sup>に示すごとく、頭皮上広範囲に多

別刷請求先: 〒701-01 倉敷市松島577 川崎医科大学眼科学教室 筒井 純

Reprint requests to: Jun Tsutsui, M.D. Dept. of Ophthalmol., Kawasaki Medical School  
577 Matsushima, Kurashiki 701-01, Japan

(昭和61年8月8日受付) (Accepted August 8, 1986.)

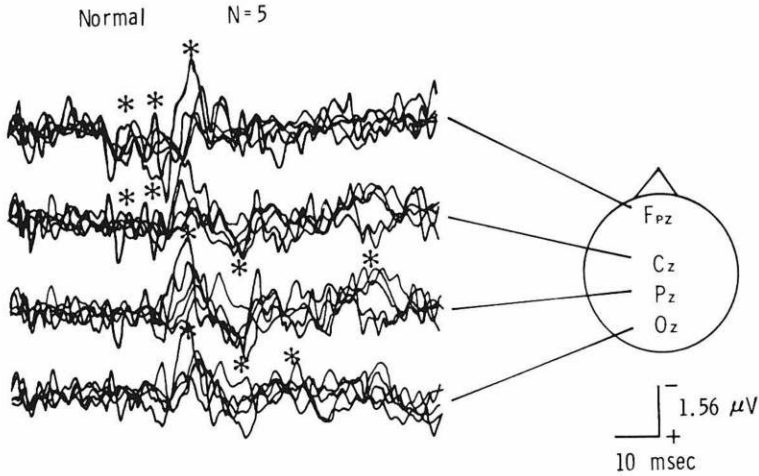


図 1A モンタージュ (1) における代表的正常波形。\*印は正常人で認められる  $N_{26}$ ,  $N_{32}$ ,  $N_{40}$ ,  $P_{52}$ ,  $N_{65}$ ,  $N_{85}$  の各成分を示す。

関電極を配した動的脳電位図法が必要であった。この方法によって得られる SVEP の構成要素は大まかに分けると、網膜律動様小波、視路脳幹電位、後頭葉電位から成り、再現性の良い測定結果が95%の被検者から得られている<sup>1)3)</sup>。しかし本法では高価な EEG topography system を要し、実施可能な医療機関が限定される。私共は動的脳電位図法で正常及び異常 SVEP を研究するうちに、一般に普及している 4ch. signal processor でもある程度の診断は可能である事に注目した。そこでより簡便な 4ch. signal processor を使った SVEP の実用化を検討した。

## II 方法および対象

詳細は前報<sup>1)~3)</sup>に準ずるが、閃光刺激として、xenon lamp を眼前50cm の距離から diffuser を介して、エネルギー1J、発光頻度  $8 \pm 0.8$  Hz のランダム刺激を用い、応答を1,000回加算平均した。時定数は0.001秒、high-cut filter 3KHz とし、分析時間は100msec であった。この周波数帯域では通常の VEP では問題になる  $\alpha$  波の混入はないが、筋電図の混入を防ぐ必要がある。

今回の研究に特徴的な方法として、関電極の位置の組合せを3種類使い分けた。先ず第一のモンタージュとして国際10/20法に準じた Fpz, Cz, Pz, Oz, 第2番目のモンタージュは脳幹反応用として、 $C_3, C_4, F_z, P_z$ , 第3のモンタージュは後頭葉反応用として  $O_1, O_2, T_5, T_6$  とし、不関電極を右手背部に置いた。

被験者は、視力、視野、眼底所見、CFE 等神経眼科。

## Flash masked

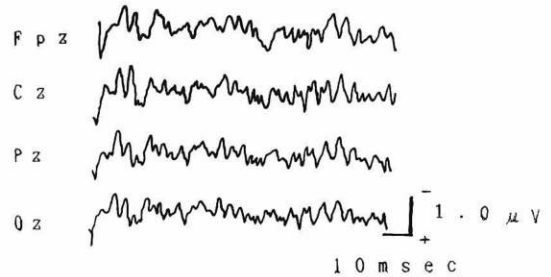


図 1B モンタージュ (1) における Flash masked のコントロール波形。

的に異常がない成人10名(平均年齢28.5歳)および病的対象として、視路の破壊的病変を有す25例と、各種弱視25例を検索した。

## III 結果

先ずモンタージュ (1) で記録された正常者の波形を示し、それに対比させて代表的アーチファクトの例を示す。次いで異常例として視交叉前病変、視交叉後病変、脳幹部病変をそれぞれ有用なモンタージュで示す。そして最後に SVEP 異常度と視力との相関を示す。

### 1) モンタージュ (1) における正常波形

図 1A の Fpz において、\*印で示すごとく40msec 以内に  $P_{23}, N_{26}, P_{28}, N_{32}$  成分が優位に出現している。それに対して Cz においては、前記した成分の振幅は低

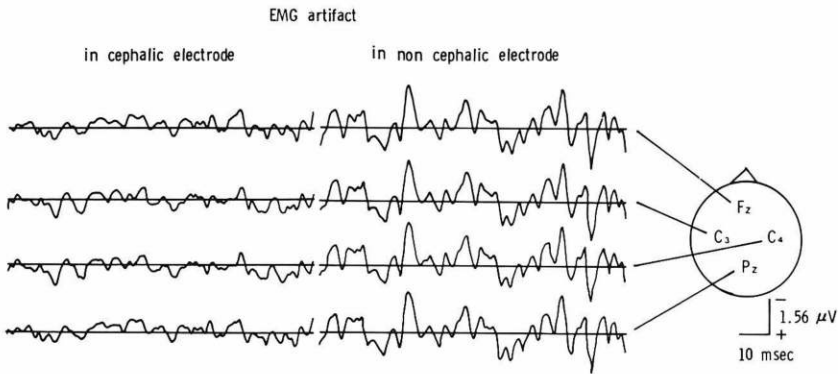


図2 筋電図アーチファクトの代表例. 左に示すのは、関電極に、右に示すのは、不関電極に混入したもの.

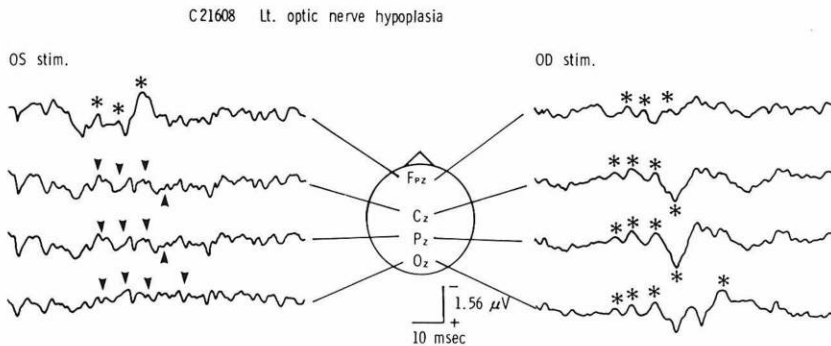


図3 モンタージュ(1)における視交叉前病変の左右眼差. 右の\*印に示すものは正常のN<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>, N<sub>65</sub>の各成分. 左の\*印は正常の加算網膜律動様小波群で、矢印は、N<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>, N<sub>65</sub>の各成分の欠如を示す.

下するがN<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>成分は低電位ながら認められた。しかしやや遅れてN<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>成分が優位に出現した。PzにおいてはN<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>成分と更に遅れてN<sub>65</sub>, N<sub>85</sub>成分を認めた。OzにおいてはN<sub>40</sub>, N<sub>65</sub>が最も著名に出現した。図1Bにおいて各誘導部位におけるFlash maskedのコントロール波形を示す。筋電図アーチファクトのみでシグナルを認めない。

2) アーチファクト混入の代表的波形

SVEP測定の際、最も問題となってくるのは、時定数0.001秒、high cut filter 3KHzを使用している関係から、筋電図アーチファクトの混入である。混入の部位は大きく分けて関電極と不関電極の二つである。関電極に混入する筋電図アーチファクトは頭蓋上筋肉より、不関電極に混入するものは、手指、前腕、上腕から混入するものが多い。関電極に混入する筋電図アーチファクトの特徴は、図2左に示すごとく約260Hzの

小波がSVEP波形に重畳し、その位相が、関電極間でずれているのたいては、不関電極に混入するものには、図2右に示すごとく関電極に混入するものに比較して周波数に差異は認めないが、全誘導で同期して記録されるという特徴を認めた。いずれも閃光刺激中にもかかわらず、再現性のあるシグナルが全く認められなかった。

3) モンタージュ(1)における視交叉前病変の代表例

視交叉前病変に対しては、モンタージュ(1)でも最も検出率が良く、片眼刺激で得られた脳波を比較すると、その病変側と健常側の差異が明瞭となった。症例は8歳男児、左眼の視神経低形成である。矯正視力右1.5、左0.02、CFR右50Hz、左30Hzであった。図3右の\*印に示すごとく健眼右を刺激すると、加算網膜律動様小波をFpzに、N<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>成分をCzに、N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>成

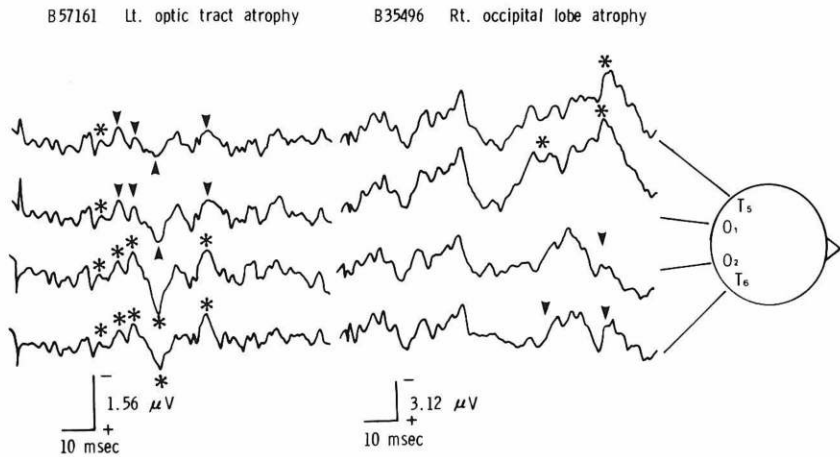


図4 モンタージュ(3)における視交叉後病変の左右半球差. 左に示すのは、左視索病変の症例で\*印は、正常のN<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>36</sub>, P<sub>14</sub>, P<sub>58</sub>の各成分を、矢印は低電位化した各成分を示す. 右に示すのは、右後頭葉萎縮の症例で、\*印は、正常のN<sub>65</sub>, N<sub>85</sub>の各成分を示し、矢印は、低電位化したN<sub>65</sub>, N<sub>85</sub>各成分を示す.

B72731 Spinocerebellar degeneration      B57448 Hydrocephalus

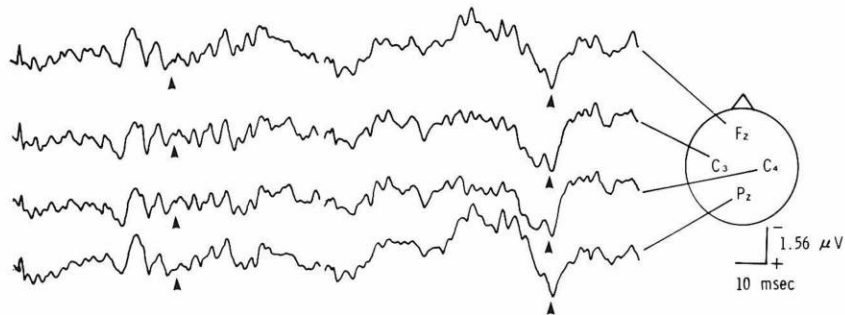


図5 モンタージュ(2)における脳幹部病変の代表的波形. 左の矢印に示すのは、小脳脊髄変性症の症例における低電位化したP<sub>52</sub>成分で、右の矢印に示すのは、水頭症の症例における潜時延長したP<sub>52</sub>成分を示す.

分をPzに、N<sub>65</sub>成分をOzにそれぞれ優位に認めた。それに対して患眼左を刺激すると、\*印に示すごとく加算網膜律動様小波群は正常にFpzに認められたが、矢印で示すごとく、それ以降の遅い成分であるN<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>, N<sub>65</sub>成分が欠如していた。このような左右差は、片側の視神経病変の他に片眼性の機能弱視例にも認められた。

4) モンタージュ(3)における視交叉後病変の代表例

視交叉後病変に対しては、モンタージュ(3)が最も有用で、両眼刺激で得られた脳波の左右半球差(O<sub>1</sub>

とO<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>とT<sub>6</sub>)を比較すると明瞭となった。症例は37歳女性、左外傷性視索障害である。矯正視力右0.03, 左0.5, CFF 右42Hz, 左50Hzであった。眼底において両視神経萎縮を認めた。視野検査においては右同名性半盲で黄斑分割を認めた。図4左に示すごとく両眼を刺激するとO<sub>2</sub>, T<sub>5</sub>(右半球関電極)において\*印で示すごとくN<sub>32</sub>, N<sub>36</sub>, P<sub>44</sub>, N<sub>58</sub>成分が優位に出現していた。

後頭部病変においても同様にモンタージュ(3)が有用であった。症例は11歳女性右後頭葉萎縮である。矯正視力右0.6, 左1.2, 視野において黄斑回避を伴う

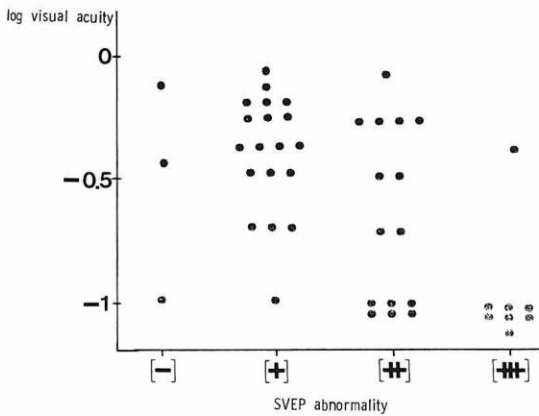


図6 SVEP異常程度と視力との相関

左同名性半盲を認めた。図4右の矢印で示すごとく両眼を刺激すると患側である(O<sub>2</sub>, T<sub>6</sub>)におけるN<sub>65</sub>, N<sub>85</sub>成分の低電位化を認めた。

#### 5) モンタージュ(2)における脳幹部病変の代表例

脳幹部病変に対してはモンタージュ(1)でもCz, Pzが含まれるため、検出が可能であるが、波形の再現性の点よりC<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>を含むモンタージュ(2)がより確実に同定が可能であった。症例は30歳男性で、神経内科的には軽度の構音障害、小脳失調を呈し、CT scanでは小脳、中脳、脳幹部の萎縮を認めため、脊髄小脳変性症の診断がなされた。眼科的にはdownbeat nystagmusを認める以外著変を認めなかった。図5左の矢印で示すごとく両眼を刺激すると、正常では、N<sub>40</sub>成分が出現した約10msec後、P<sub>52</sub>成分が、頭頂部に彌慢性に出現するが<sup>2)</sup>、本例では全く欠如して平坦であった。脳幹部病変の第2例は、40歳女性で、水頭症のため中脳水道にシャントチューブを留置しており眼科的には、矯正視力右0.6、左0.6、眼球運動においてupbeat nystagmusを呈していた。図5右の矢印で示すごとく両眼を刺激すると正常例においては潜時52msec付近に出現するP<sub>52</sub>成分が、本例では、70msecへと著明に遅延していた。しかしP<sub>52</sub>成分の振幅の低下は認めなかった。

#### 6) SVEP異常程度と視力との相関性

SVEPを構成している各主要成分の振幅は、1μV以下と非常に微小なもので現段階では定量的な評価は困難である。そのため定性的な評価方法として、SVEP異常度を、異常なし(-)、軽度異常(+)(主要成分が認められるが、潜時、振幅に異常を認めるもの)、中等度異常(++) (主要成分のいずれかが同定されるが、

更に潜時、振幅の異常が高度なもの)、高度異常(+++) (主要成分の欠如、平坦化)といった判定基準を定めた。そしてこれら異常度と被検者の対数視力との関係を検討し図6に示した。SVEP異常度が(-)の場合、視力0.5以上、(+ )と(++ )の場合は約0.2から0.5程度、(+++)の場合は、0.1以下が予想された。

## IV 考 按

今回の研究の目的は、SVEPを日常の眼科臨床において、いかに実用化するかである。それには、少ないchannelにおける正常例と、しばしば混入するアーチファクト例、および異常例における最も有意義なモンタージュの選択と、異常波形、そして、心理物理的な指標の一つである視力との相関性をあげる事で、実際に臨床応用するのに参考になると思われる結果を示した。

関電極の数については、現在普及しているsignal processorでは4chが多いので4関電極のモンタージュを考案したが、たとえ2chと数が減っても、モンタージュ(1)をFpz, Cz,あるいはFpz, Oz,モンタージュ(2)をC<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>あるいはFz, Pz,モンタージュ(3)をO<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>あるいはT<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>に変更が可能である。もし1chであれば、Czに設置する事を推奨する。この場合、関電極の数が減るだけ、波形の再現性や左右半球差の判定に支障が出る事はやむをえない。

指標とする主要成分は、すでに動的脳電位図法<sup>1)</sup>で同定された加算網膜律動様小波群と、N<sub>26</sub>, N<sub>32</sub>, N<sub>40</sub>, P<sub>52</sub>, N<sub>65</sub>, N<sub>85</sub>成分である。測定の際に、前頭領域(Fpz)や眼周囲に加算網膜律動様小波群が確認できるならば、測定条件が、好ましいと考えられる。これ等主要成分は、4chモンタージュにおいても確認され、実用化の際、各施設で正常波形の重ね書きや、主要成分の平均潜時および平均振幅を求めておいた方が、異常判定の際に有利である。

特に問題となるアーチファクトは筋電図である。SVEP小波群も筋電図も100~200Hzとおなじband pass filterを通過する周波数であるため、α波やEOGのごとくfilterでは除去不可能である。関電極に混入する筋電図は、頭皮筋、咬筋、後頭部筋が、また不関電極に混入する筋電図は、右手指、前腕、上腕の筋群が起源であるため、これ等筋肉を弛緩させる必要がある。特に不関電極に筋電図が混入すると、全誘導にアーチファクトが重畳し、遠隔電場電位のごとくに判定を誤ることがあるため注意が必要である。異常例の検索

におけるモンタージュの選択には、ルーティン検査としては、モンタージュ(1)を用い、さらに臨床検査でおおまかな病巣部位が推定されれば、症例ごとにモンタージュ(2)(3)を選択すればよい。

異常例における主要成分の消長については、動的脳電位図法による詳細な検討を報告している<sup>3)</sup>。それ等と比較して、4chにおいても、同様の変化をSVEP波形上に検出する事が可能であった。臨床上的の問題として、これ等他覚的検査の結果と自覚的検査の結果との相関があげられるが、本法の主要成分の振幅は、通常のflash VEP振幅の約1/10と小さいものであるため、私共はその異常度をscoreで表すという半定量的な評価方法をせざるを得なかった。その結果、臨床的にSVEPに異常が認められなかったら、視力は0.5以上、高度異常であれば、0.1以下と考えられ、大体の推測が可能であったと考えられる。しかし、本法で最も価値がある点は、視路中の病変部位が推定出来ることである。今後、装置、分析方法の改良、また視野、CFF、Arden scoreとの相関性の問題が解決されると、さらに臨床的に価値の高いものになると考えられる。

## V 結 語

4ch. signal processorを用いて、眼科臨床においてSVEPの実用を可能にする簡便法を検討した。関電極

の設置方法として、モンタージュ(1)Fpz, Cz, Pz, Oz, モンタージュ(2)C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, Fz, Pz, モンタージュ(3)T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>を考案した。先ずモンタージュ(1)における基本的な正常波形と代表的なアーチファクトである筋電図を示した。ルーティン検査及び視交叉前病変では、モンタージュ(1)、脳幹部病変ではモンタージュ(2)、大脳半球左右差、後頭葉病変にはモンタージュ(3)が有用である事を各モンタージュにおける異常波として共に例示した。SVEP異常度を3段階に分類し、それ等と対数視力との関係を求めた。4ch. signal processorによるSVEPの臨床的実用化が可能であると考えられた。これによりさらに詳細な視路の他覚的評価が可能となった。

## 文 献

- 1) 川島幸夫：短潜時視覚誘発反応の研究2. フーリエ分析と動的脳電位図法の応用。日眼 88：909—916, 1984.
- 2) 川島幸夫：短潜時視覚誘発反応の研究, 1. 電気的測定条件の検討。眼紀 34：1663—1669, 1983.
- 3) Tsutsui J, Kawashima S: Dynamic topography of the human short latency visual evoked potentials. Neuro-ophthalmol 5: 155—160, 1985.
- 4) Tsutsui J, Kawashima S: Short latency visual evoked potential in optic pathway diseases. Neuro-ophthalmol 6: 247—255, 1986.