

交代性上斜位におけるパターン反転視覚誘発電位

古谷 和正, 久保 輝清, 正田政一郎, 河野眞一郎, 久保田伸枝

帝京大学医学部眼科学教室

要 約

パターン反転視覚誘発電位 (P-VEP) を用いて交代性上斜位 (DVD) の感覚系の異常を検討した。対象は、視力良好な DVD 患者 91 例で、正常者および間歇性外斜視患者を対照とした。P-VEP は鼻側半視野刺激で耳側網膜を刺激し、後頭結節から 5 cm 上方、その左右 5 cm の 3 か所から誘導、transient および steady state で記録し、左右両半球からの反応を比較検討した。正常者は、両方法とも全例に paradoxical lateralization を認めた。DVD を合併しない間歇性外斜視は、transient P-VEP で 20 例中 4 例 (20%)、steady state P-VEP で 8 例中 2 例 (25%) に異常を認めた。これに対し DVD は、

transient P-VEP で 67 例中 31 例 (46.3%)、steady state P-VEP で 25 例中 20 例 (80%) と、さらに高率に lateralization あるいは振幅などに多彩な異常が認められた。DVD は高頻度に感覚系の異常を有し、その異常は多彩で時間周波数にも依存することが示唆された。(日眼会誌 99:349-357, 1995)

キーワード：交代性上斜位 (DVD), パターン反転視覚誘発電位 (P-VEP), Paradoxical lateralization, Transient P-VEP, Steady state P-VEP

Pattern-reversal Visual Evoked Potentials in Dissociated Vertical Deviation

Kazumasa Furuya, Terukiyo Kubo, Seiichiro Shoda,
Shin-ichiro Kawano and Nobue Kubota

Department of Ophthalmology, Teikyo University School of Medicine

Abstract

We recorded pattern-reversal visual evoked potentials (P-VEP) from dissociated vertical deviation (DVD) patients to evaluate the sensory system abnormalities in DVD. 91 DVD patients with good visual acuity were studied. Normal subjects and horizontal strabismic patients without DVD were compared for evaluation. Transient and steady state P-VEPs were recorded from three EEG electrodes placed on the posterior scalp. Half-field checkerboard reversal stimulation was applied to stimulate monocular temporal retina and responses from right and left hemispheres were also compared for evaluation. Paradoxical lateralization was observed in all normal subjects. Abnormal P-VEPs were observed in 4 of 20 (20%) horizontal strabismic patients without DVD when employing the transient stimulation method and in 2 of 8 (25%) when

using steady state stimulation. Abnormal P-VEPs were observed in 31 of 67 (46.3%) DVD patients, with the transient stimulation method and in 20 of 25 (80.0%) DVD patients with the steady state stimulation method. The abnormalities were various and diverse. Our observations indicate that DVD patients frequently have an abnormal sensory system detected by P-VEP, and DVD might be a complex and multi-origin condition involving both sensory and motor systems. (J Jpn Ophthalmol Soc 99: 349-357, 1995)

Key words: Dissociated vertical deviation (DVD), Pattern-reversal visual evoked potentials (P-VEP), Paradoxical lateralization, Transient stimulation, Steady state stimulation

別刷請求先：173 東京都板橋区加賀 2-11-1 帝京大学医学部眼科学教室 古谷 和正
(平成6年3月1日受付, 平成6年10月12日改訂受理)

Reprint requests to: Kazumasa Furuya, M.D. Department of Ophthalmology, Teikyo University School of Medicine, 2-11-1 Kaga, Itabashi-ku, Tokyo 173, Japan

(Received March 1, 1994 and accepted in revised form October 12, 1994)

I 緒 言

交代性上斜位 (dissociated vertical deviation, 以下 DVD) は奇異な眼球運動を呈する感覚系, 運動系にまたがる異常である。現在までそのメカニズムについて多くの議論が提出されているが, その本態は未だ明確ではない。これまで, DVD の感覚系に関する電気生理学的研究としてはパターン反転視覚誘発電位 (pattern-reversal visual evoked potential, 以下 P-VEP) を用いて, DVD では視路の投射異常, すなわち albinism にみられるような視交叉異常が存在するとの報告¹⁾がある一方, それを否定する報告も散見する^{2)~5)}。しかし, より高位での異常について検証した報告はなく, DVD の感覚系の異常について統一された見解は得られていない。

我々は, DVD についての研究を行ってきたが, 今回 P-VEP を用いて DVD の感覚系の異常について検討した。

II 対象および方法

対象は, 両眼とも矯正視力 1.0 以上の DVD 91 例 (男 34 例, 女 57 例, 年齢 10~30 歳, 平均 17.2±5.4 歳 (平均値±標準偏差) で, transient P-VEP および steady state P-VEP を記録した。Transient P-VEP を記録したのは 67 例 (男 24 例, 女 43 例), 年齢 10~30 歳, 平均 17.4±5.6 歳である。比較のため, 正常者 18 例 (男 6 例, 女 12 例), 年齢 10~30 歳, 平均 19.1±6.4 歳 および DVD を合併していない間歇性外斜視 20 例 (男 10 例, 女 10 例), 年齢 10~30 歳, 平均 18.2±7.4 歳を対照とした。また, steady state P-VEP は 25 例 (男 10 例, 女 15 例), 年齢 10~30 歳, 平均 16.8±5.0 歳で, transient P-VEP と同様に正常者 5 例 (男 2 例, 女 3 例), 10~30 歳, 平均 19.6±8.1 歳 および DVD を合併していない間歇性外斜視 9 例 (男 3 例, 女 6 例), 11~30 歳, 平均 14.8±6.0 歳を対照とした。Wilcoxon 検定により, transient P-VEP および steady state P-VEP において DVD と対照の年齢に有意差を認めなかった。なお, 1 例では transient P-VEP および steady state P-VEP の両方を記録した。

刺激パターンは, 白黒テレビモニター (TMP-417 B, NEC) 上に呈示した反転市松模様を用い, 反復頻度は, transient P-VEP では 2 reversal/sec, steady state P-VEP では 8 reversal/sec, チェックサイズ 60", コントラスト 98%, 平均輝度 78 cd/m², 画面視野 15.5°×11.4°の中心を固視させ, 鼻側半視野 (7.75°×11.4°) を用い耳側網膜を刺激した。

探査電極として, 後頭結節から 5 cm 上方とその左右 5 cm から誘導し, 基準電極は前額部に置いた。記録には Neuropack Four MEM-4104 (日本光電) を用い, hicut 100 Hz, lowcut 1 Hz の帯域で増幅し, 解析時間 300 ms, 200 回加算した。

以上の条件で, 被検者は完全矯正後, 片眼を遮閉, 画面の中央を固視させ, transient P-VEP では指標は 100 ms 付近の陽性波 (P 100) とし, steady state P-VEP では振幅および位相で左右両半球からの反応を比較検討した。

III 結 果

Transient P-VEP では, 正常者は図 1 に示すように, 右眼の耳側網膜を刺激したとき, 左半球からの反応が右半球の反応より大きくなり, また, 左眼の耳側網膜を刺激したときにはその逆になる。これは, 耳側網膜を刺激した場合, 非交叉線維は同側に投射されるが, P-VEP では対側の半球からの反応が優位となる現象で, 1976 年 Barrett ら⁶⁾が paradoxical lateralization として報告したもので, 正常者では全例にこれを認めた。表 1 に正常者群の P 100 の振幅と頂点潜時を示す。振幅は, 刺激野と同側では 4.78±1.64 (平均値±標準偏差) μV に対して反対側では 2.75±1.17 μV と小さく, p<0.01 の危険率で有意差 (Wilcoxon 検定) があり, 刺激された網膜の反対側の反応が大きいことがわかる。一方, 頂点潜時については同側と反対側で有意差を認めなかった (Wilcoxon 検定)。

DVD を合併しない間歇性外斜視では, 図 2 A に示すように 16 例 (80.0%) は正常者と同様に, 右眼では左半球からの反応が大きく, 左眼では右半球からの反応が大きくなり paradoxical lateralization を認めたが, 図 2 B のように片側に偏るもの 2 例, 図 2 C のように左右差がないもの 2 例と 4 例 (20.0%) は異常を示した (表 2)。一方, DVD では 67 例中 36 例 (53.7%) は, 図 3 A に

表 1 正常者 P 100 の振幅および頂点潜時
—Transient pattern-reversal visual evoked potentials (P-VEP)—

	優位側	非優位側
振幅 (μV)	4.78±1.64	2.75±1.17
潜時 (ms)	100.0±4.5	100.6±4.9

平均値±標準偏差 Wilcoxon 検定
* : p<0.01 NS : 有意差なし

表 2 間歇性外斜視の成績
—Transient P-VEP—

成 績	症 例
正常	16 例 (80.0%)
異常	4 例 (20.0%)
片側に偏る	2 例 (10.0%)
左右差がない	2 例 (10.0%)

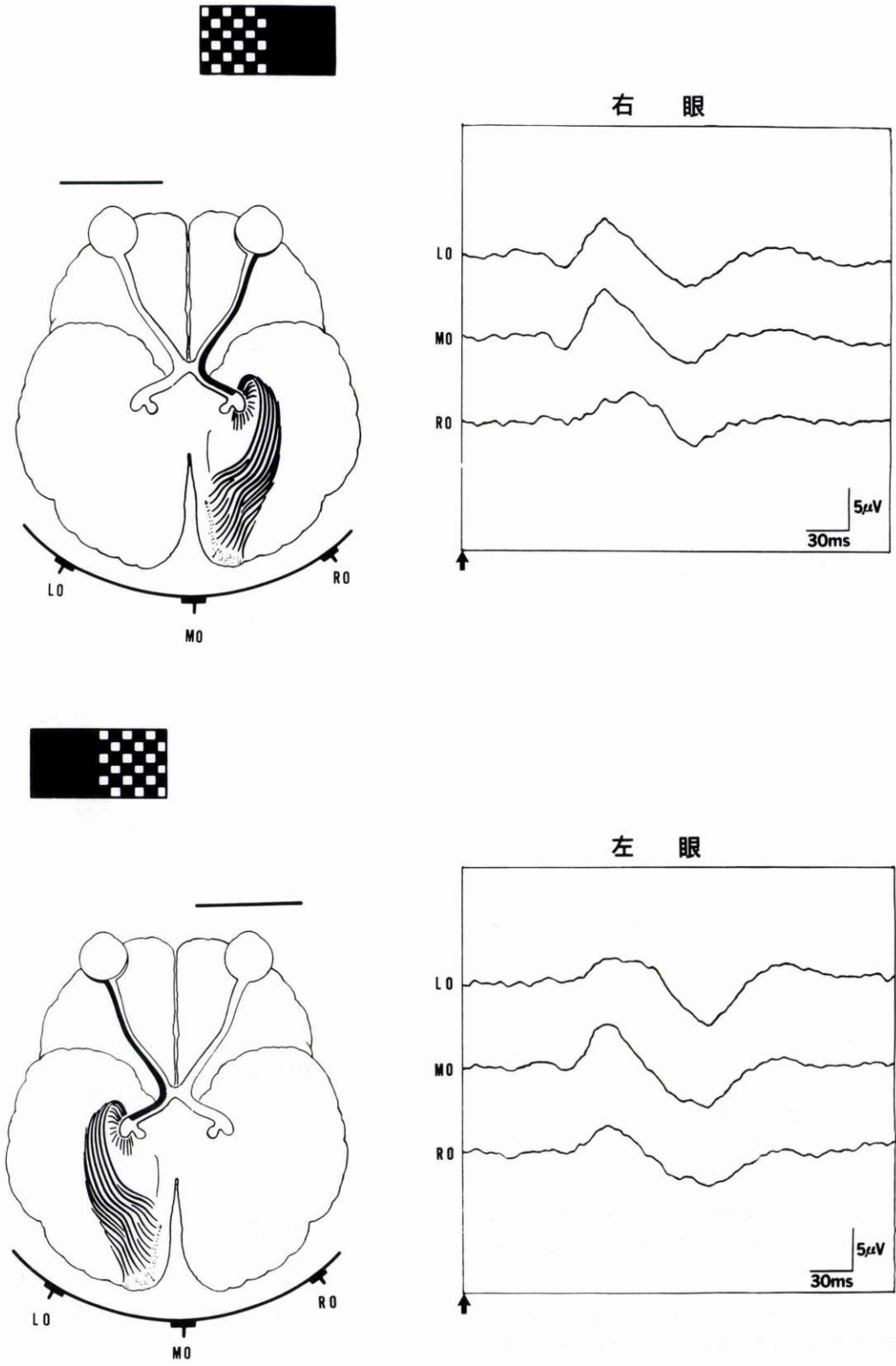


図 1 正常者の transient pattern-reversal visual evoked potential (P-VEP).

上図は右眼, 下図は左眼の P-VEP. 画面の中央を固視させ鼻側半視野で耳側網膜を刺激する. MO は後頭結節より 5 cm 上方, RO はその右 5 cm, LO はその左 5 cm の電極からの P-VEP. 右眼では LO での P 100 が RO より大きく, 逆に左眼では RO での P 100 が LO より大きく, paradoxical lateralization を認める. 正常者では全例がこれを示した. ↑ はトリIGGERを示す. (LO: left occipital, MO: mid occipital, RO: right occipital.)

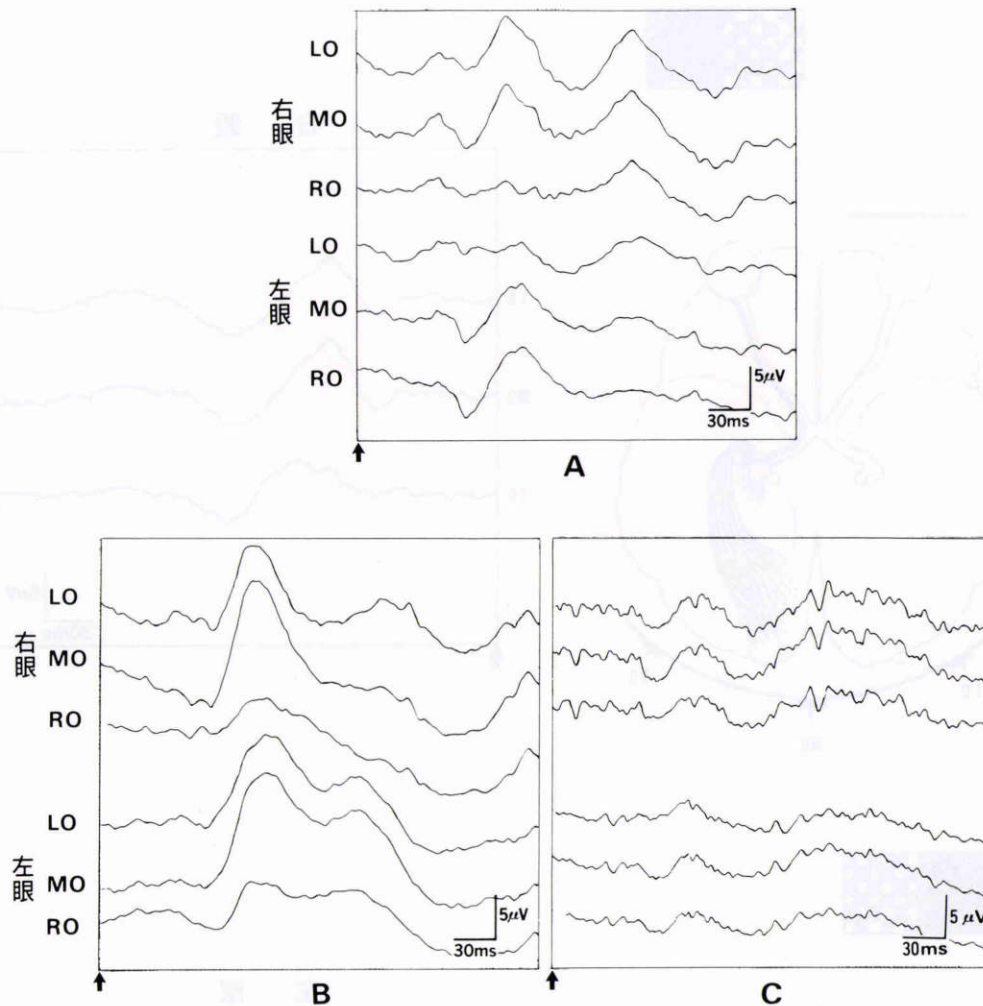


図2 間歇性外斜視の transient P-VEP.

各図のうち上三つは右眼のもの、下三つは左眼のものである。20例中16例はAのように、正常者と同様 paradoxical lateralization を認めた。他の4例のうち2例はBのように、右眼でも左眼でも一方の半球からの P 100 が大きく片側に偏り、2例はCのように左右差が認められなかった。

示すように正常者群と同様 paradoxical lateralization を示したが他の31例(46.3%)は種々の異常を示し、その波形のパターンは4群に分類できた(表3)。すなわち、正常者群とは逆の lateralization を認めたもの2例(図3B)、P 100 が記録できないか、低振幅で頂点潜時の延長を認めるもの9例(図3C)、片側に偏るもの8例(図3D)、P 100 に左右差がなく、振幅の低下を示すもの12例(図3E)であった。

DVD の正常パターン群と異常群の臨床所見を表4に示す。上斜視が片眼に著明か両眼性か、合併する斜視、潜伏眼振の有無、同時視、網膜対応について検討したが、いずれも VEP の異常とは相関しなかった(カイ2乗検定)。

そこで、長時間周波数領域で検討するために steady state P-VEP を行った。Transient P-VEP と同様に、正常者は全例が paradoxical lateralization を示し、その振幅は同側では $6.27 \pm 2.01 \mu V$ 、反対側では $3.27 \pm 2.43 \mu V$ で、 $p < 0.01$ の危険率で有意差を認めた(図4、表

表3 Dissociated vertical deviation (DVD) の成績
—Transient P-VEP—

成績	症例
正常	36例(53.7%)
異常	31例(46.3%)
Laterality の逆転	2例(3.0%)
P 100 低振幅	9例(13.4%)
片側に偏る	8例(11.9%)
左右差がない	12例(17.9%)

5)。間歇性外斜視は、9例中6例(66.7%)は paradoxical lateralization を示し正常と判断したが、3例(33.3%)は異常を示し、低振幅なもの1例、片側に偏るもの1例、左右差のないもの1例であった(図5、表6)。これに対して、DVD では図6Aのように正常者と同様に paradoxical lateralization を示したものが5例(20.0%)あり、他の20例(80.0%)は transient P-VEP

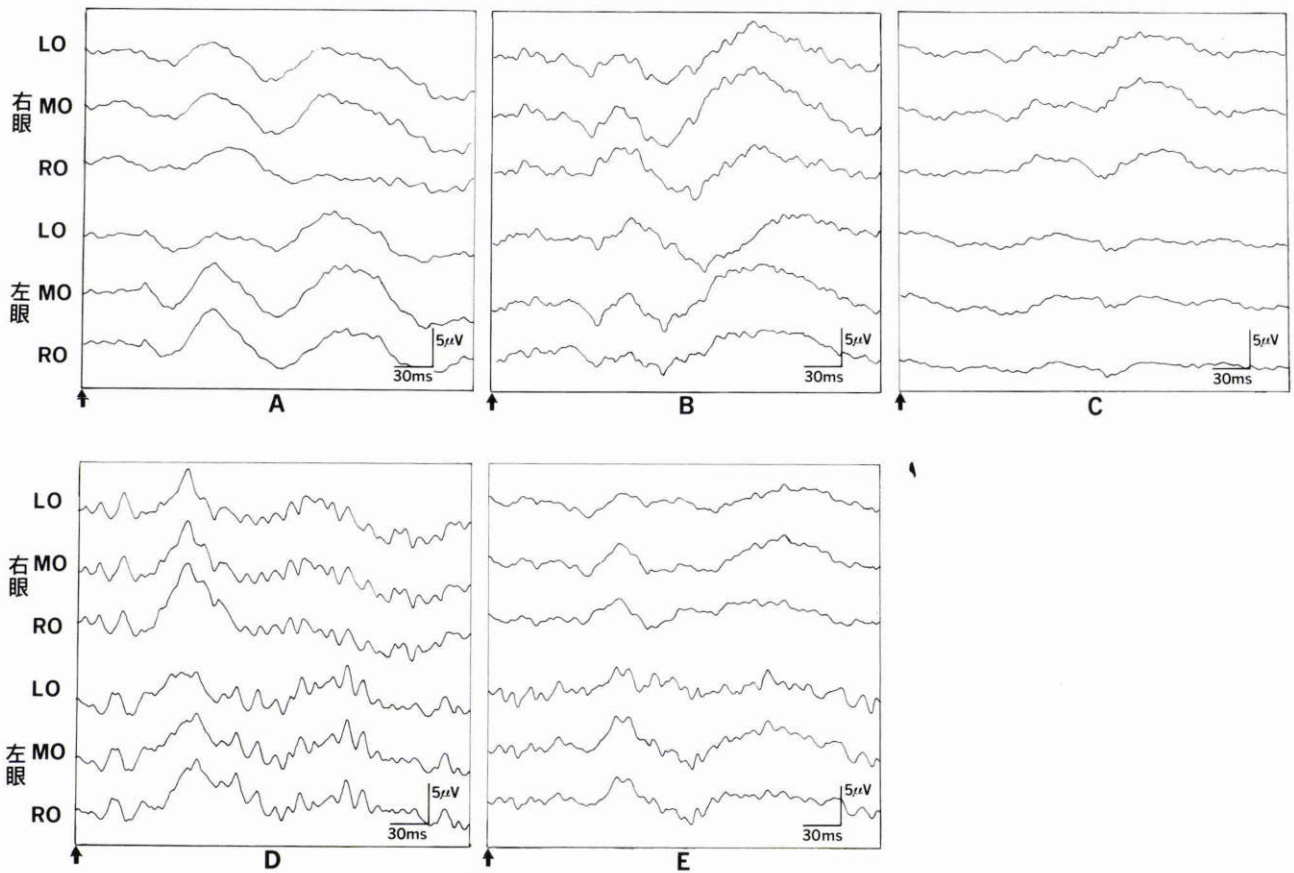


図3 Dissociated vertical deviation (DVD) の transient P-VEP.

67例中36例はAのように、正常者と同様 paradoxical lateralization を認めた。Bは正常者群とは逆の lateralization で2例に認めた。CはP100が非常に低振幅か記録できないで頂点潜時の延長を示し、9例に認めた。Dは片側に偏るもので8例に認めた。EはP100は認めるものの左右差がなく、振幅の低下を示すもので12例に認めた。

表4 DVDの臨床所見
—Transient P-VEP—

臨床所見	VEP		異常の内訳			
	正常 (n=36)	異常 (n=31)	逆転 (n=2)	低振幅 (n=9)	片側 (n=8)	差無し (n=12)
片眼性 *	16	12	0	4	3	5
両眼性	20	19	2	5	5	7
眼位 外斜視 *	29	21	2	5	5	9
内斜視	7	9	0	4	2	3
外斜視・内斜視合併	0	1	0	0	1	0
潜伏眼振 (+) *	7	11	1	4	2	4
(-)	29	20	1	5	6	8
同時視 (+) *	8	6	1	2	3	0
(-)	28	25	1	7	5	12
網膜対応 *	2	3	0	1	2	0
正常	34	28				
異常						
(二重)	6	3	1	1	1	0
(欠如)	28	25	1	7	5	12

χ²検定 * : NS

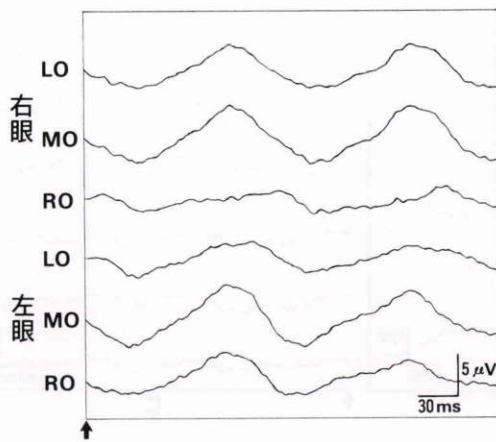


図4 正常者の steady state P-VEP. transient P-VEPと同様に paradoxical lateralizationを全例に認めた。

表5 正常者 steady state P-VEPの振幅

	優位側	非優位側
振幅 (μV)	6.27 ± 2.01	3.27 ± 2.43
* : p < 0.01		
Wilcoxon 検定		
平均値 ± 標準偏差		

表6 間歇性外斜視の成績 —steady state P-VEP—

成績	症例
正常	6例 (66.7%)
異常	3例 (33.3%)
低振幅	1例 (11.1%)
片側に偏る	1例 (11.1%)
左右差がない	1例 (11.1%)

と同様に種々の異常を示し、正常とは逆の lateralization で、位相が遅れるものが1例、低振幅で位相の遅れるも

の11例、lateralizationが片側に偏るものが4例、lateralizationに左右差がないもの4例であった(図6、表7)。

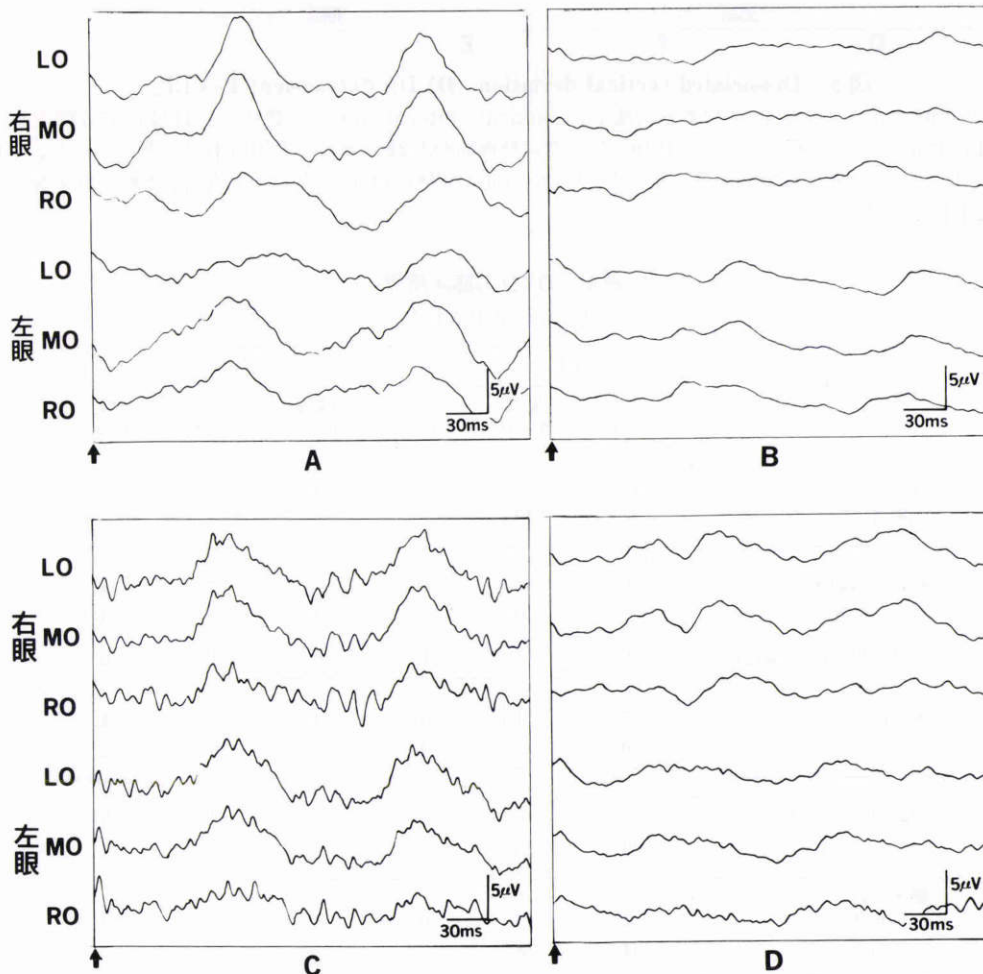


図5 間歇性外斜視の steady state P-VEP.

9例中6例はAのように paradoxical lateralizationを認めた。他はBのように低振幅なもの1例、Cのように片側に偏るもの1例、Dのように左右差のないもの1例であった。

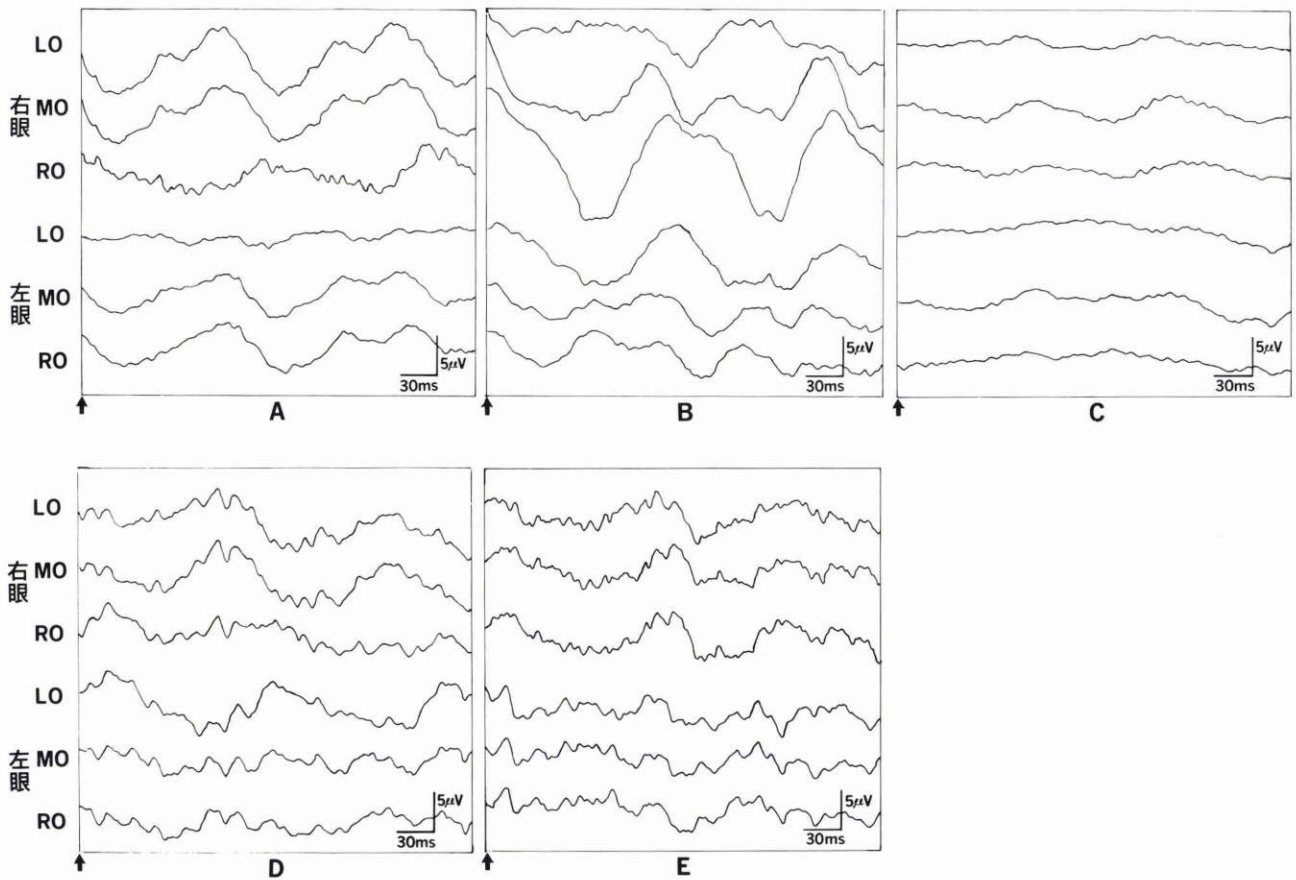


図6 DVDのsteady state P-VEP.

25例中5例はAのように paradoxical lateralizationを認めた。Bは正常とは逆の lateralizationで、位相が遅れるもので1例に認めた。Cは低振幅で位相の遅れるもので11例に認めた。Dは片側に偏るもので4例に認めた。Eは左右差がないもので4例に認めた。

表7 DVDの成績
—Steady state P-VEP—

成績	症例
正常	5例(20.0%)
異常	20例(80.0%)
lateralityの逆転	1例(4.0%)
低振幅	11例(44.0%)
片側に偏る	4例(16.0%)
左右差がない	4例(16.0%)

IV 考 按

DVDは、両眼を交互に遮閉すると遮閉眼が常に上転するという眼球運動支配の法則に矛盾する特異な斜視であり、眼球運動異常であるとともに両眼視の異常である。眼位異常の他に随伴症状として、斜視弱視、潜伏眼振、頭位異常、Bielschowsky現象、上下筋の過動・運動などを伴うことがあり、ときに Helveston 症候群を形成することがある⁷⁾。しかし、その本態については未だ明確でない。Duane⁸⁾は上転筋と下転筋の不均衡によるとし、Verhoeff⁹⁾は単眼の下転筋(上斜筋もしくは下直筋)の機能不

全であるとした。これらその本態を運動系の異常に求める説に対して、Bielschowsky¹⁰⁾は神経学的異常がその原因であるとし、上下運動に関係した皮質下の中枢の異常興奮の可能性を指摘し、Helveston¹¹⁾は部位は明確でないが、おそらく第三および第四脳神経核の近傍または視蓋前域に垂直開散の中枢が存在し、この異常によると説明している。また、久保田¹²⁾によれば、先天性に両眼視機能不良の素因を持つもの、または、幼児期の高度の視力障害あるいは両眼視を妨げるような状態がDVDの発症に重要な役割を演じているとし、両眼視機能の発達の程度により弱視を合併するDVDから両眼視力良好なDVDまで種々の臨床形態を示すものとしている。このように、神経系または感覚系の異常がDVDの本態と関連している可能性が示唆されているが、それを他覚的、客観的に解析した報告は少ない。

1984年、Fitzgerald¹³⁾はP-VEPを用いた研究により、DVDにおける視路の投射異常、すなわち、albinismに見られるような耳側の非交叉線維が交差するという視交叉異常の存在を報告した。同様に、Tsutsui¹⁴⁾、Ciancia¹⁴⁾も視交叉異常の関与を示唆している。これらに対し、視交叉異常を否定する報告も多い。Boylan²⁾は

Flash-VEP (以下, F-VEP) を用いて, Kriss ら³⁾, Bach ら⁴⁾ は P-VEP を用いて, Zubcov ら⁵⁾ は pattern appearance-disappearance, diffuse-flash, pattern-reversal の三通りの刺激を用い, それぞれ DVD において視交叉異常は認めないと結論づけている. このように, 現在のところ視路異常の有無に議論が集中しているが, DVD の臨床所見の多様さを考えると, DVD の感覚系の異常はそれほど単純ではなく, より複雑であるように思われる.

今回我々の研究では, 鼻側半視野刺激を用いたが, 正常者は, すべて paradoxical lateralization を示した. Cobb ら¹⁵⁾ は, 鼻側半視野刺激では刺激野の反対側の occipital lead に最大電位が shift することを報告し, VEP の最大電位の局在は神経解剖学的な経路と一致するとした (anatomical lateralization). ところが, 1976 年 Barrett ら⁶⁾ は, check size 50° で 4° 以下の視野では, anatomical lateralization を示すが, 刺激視野が 16° では, 傍中心窩の受容器からの神経線維が後頭葉のより内側, 正中矢状面に入り, dipole の方向はむしろ刺激野と同側の後頭部で, 最大電位は視野と同側にある (paradoxical lateralization) ことを報告した. また, Lehmann ら¹⁶⁾ は刺激視野 13° では対側に, 26° では同側に最大電位が認められると報告している. さらに, 大野ら¹⁷⁾ によると, 視角 16° の半円形視野で, 最大電位の局在は check size にも影響を受け, 60°, 30°, 15° と変化させるに従い, 被検者により刺激視野の対側から同側にあるいは同側から対側へと変化すると報告した. 以上のように, 半視野刺激では P-VEP の最大電位の局在 (lateralization) は刺激および測定条件に左右されると考えられる. しかし, 一定の条件下では正常者においては一定の結果が得られ, 今回, 我々が用いた条件下では正常者は常に paradoxical lateralization を示し, その左右差は, transient P-VEP では 4.78 : 2.75 μ V, steady-state P-VEP では 6.27 : 3.27 μ V と明瞭であり, 再現性も優れていた. したがって, 症例と比較検討する上では優れた方法となり得ると考える.

Transient P-VEP の結果は, DVD を合併しない間歇性外斜視は 4 例 (20.0%), DVD は 31 例 (46.3%) に異常が見られた. 間歇性外斜視では異常のパターンは lateralization の偏りと左右差がないもので, lateralization の逆転, P-100 が非常に低振幅か記録できないものはなかった. DVD では異常波形の頻度はさらに高く, 異常の型として lateralization の逆転, P-100 が記録できないものが加わり多彩となった. 今回, DVD における P-VEP の異常を 4 群に分けてみたが, 便宜的なものであったといつてよい. 実際には, その異常は症例により様々であり, 千差万別といつてよいほど幅の広いものであった. これら DVD における P-VEP の異常から, 感覚系の異常を量的, 質的に推し量ることは現時点では困難であ

るが, 間歇性外斜視と比較した場合, DVD は単に異常波形の頻度が高いばかりでなく, 異常波形の有様も, より高度なものが含まれているように思われる. P-VEP の異常の有無, 異常の型と DVD の臨床所見を相関させようとの試みは成功しなかった. すなわち, 上斜視が片眼に著明か両眼か, 合併する水平斜視, 潜伏眼振の有無, 同時視の有無, 網膜対応などは P-VEP の異常の有無, 異常の型とは関連しなかった (カイ 2 乗検定). わずかに lateralization の逆転が外斜視に伴う両眼性 DVD のみ見られたことが目につくが, これが何を意味するかは今回の研究では不明であり, 今後の検討を要する. しかし, P-VEP の異常が臨床所見とほとんど相関しなかったことは, P-VEP は臨床的検査では捕らえられない感覚系の異常を検出していることを示し, DVD の複雑さをうかがわせる.

Steady state P-VEP では間歇性外斜視群, DVD 群ともに transient P-VEP と比較して, さらに高率に異常が検出された. 間歇性外斜視は 3 例 (33.3%) に異常を認め, transient P-VEP と比較して予想以上に高率に異常波形が検出された. しかし, DVD は 20 例 (80.0%) とさらに高頻度に波形の異常を認め, 異常の型としては, 11 例 (44.0%) は P 100 が非常に低振幅か記録できないもので多数を占めた. このことは DVD の多くが低時間周波数領域以上に高時間周波数領域での感度低下を有することを示している.

視交叉異常の検証という観点でみると, lateralization の逆転を示したものは間歇性外斜視においては認められなかったが, DVD では transient P-VEP で異常を認めた 31 例中 2 例, steady state P-VEP で異常を認めた 20 例中 1 例であった. これらにおいては視交叉異常の可能性も残しているが, 全体としては DVD において視交叉異常が高率に存在するという意見に対しては否定的な結果である.

視覚系は感覚系と運動系が複雑かつ精密に関係し, 統合されているが, 近年, その経路の解剖学的検索が進み, 網膜からの視覚情報の流れは外側膝状体系では大きく P (小型細胞性, parvocellular) 系と M (大型細胞系, magnocellular) 系の二つに分けられることがわかってきた¹⁸⁾. また, 上記膝状体系以外に非膝状体系といわれる上行経路も明らかになりつつあり, この経路では上丘, 視蓋前域, 枕核などが関与しているとされている¹⁹⁾. さらに, 視覚中枢については, Van Essen ら²⁰⁾ によれば, マカク属のサルでは 32 の視覚野が存在し, このうち 25 領野は主に視覚機能を保持しており, 残りは視覚情報をもとにして運動の制御や他の感覚との連合にかかわっている. そして, 32 の視覚領野をつなぐ線維連絡として 305 の経路が見出されており, 多彩な解剖学的階層関係 (ヒエラルキー) が存在し, 多元的, 多角的な視覚情報処理が行われているという. また, 刺激の時間周波数および

空間周波数により中枢での視覚情報処理のチャンネルは異なっていると考えられる²¹⁾。VEPは電極を中心に半径2 cm以内の電気的変化を主として捕らえるとされ、一次投射野(17野)由来の成分が中心であるが、後頭葉に発生した電気的変化の総体である。したがって、transient P-VEPとsteady state P-VEPは異なったチャンネルを検証している可能性があり、それが間歇性外斜視、DVDにおいてtransient P-VEPおよびsteady-state P-VEPの結果が一致しなかったことの説明となり得るかも知れない。

以上、DVDでは感覚系の異常、それも中枢での異常が存在し、その異常は一元的ではなく多彩であることが示唆された。

稿を終えるにあたり、ご校閲を賜りました教室主任丸尾敏夫教授に深謝致します。なお、本論文の要旨は1992年6月27日第48回日本弱視斜視学会で報告した。

文 献

- 1) **Fitzgerald BA, Billson FA**: Dissociated vertical deviation: Evidence of abnormal visual pathway projection. *Br J Ophthalmol* 68: 801-806, 1984.
- 2) **Boylan C, Clement RA, Howrie A**: Normal visual pathway routing in dissociated vertical deviation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 29: 1165-1167, 1988.
- 3) **Kriss A, Timms C, Elston J, Taylor D, Gresty M**: Visual evoked potentials in dissociated vertical deviation: A reappraisal. *Br J Ophthalmol* 73: 265-270, 1989.
- 4) **Bach M, Kommerell G**: Das Überwiegen kreuzender Sehnervenfasern ist ein Charakteristikum des Albinismus, aber nicht der dissoziierten Vertikaldeviation. *Fortscher Ophthalmol* 86: 253-255, 1989.
- 5) **Zubcov AA, Fendick MG, Gottlob I, Wizov SS, Reinecke RD**: Visual-evoked cortical potentials in dissociated vertical deviation. *Am J Ophthalmol* 112: 714-722, 1991.
- 6) **Barrett G, Blumhardt L, Halliday AM, Halliday E, Kriss A**: A paradox in the lateralisation of the visual evoked response. *Nature* 261: 253-255, 1976.
- 7) 久保田伸枝: 交代性上斜位. 丸尾敏夫(編): 眼科 Mook 10, 斜視・弱視. 金原出版, 東京, 123-130, 1979.
- 8) **Duane A**: A new classification of the motor anomalies of the eye. *Am Ophthalmol Otol* 5: 4, 1896.
- 9) **Verhoeff FH**: Occlusion hypertropia. *Arch Ophthalmol* 25: 780-795, 1941.
- 10) **Bielschowsky A**: Lectures on Motor Anomalies. Dartmouth College Publications, New Hampshire, 13-20, 1940.
- 11) **Helveston EM**: Dissociated vertical deviation, a clinical and laboratory study. *Trans Am Ophthalmol Soc* 78: 735-779, 1980.
- 12) 久保田伸枝: 交代性上斜位に関する研究. 第4報, 交代性上斜位にみられる視力障害について. *日眼会誌* 72: 279-282, 1968.
- 13) **Tsutsui J, Fukai S**: Human Strabismic Cases Suggestive of Asymmetric Projection of the Visual Pathway. In: Reinecke RD (Ed): *Strabismus*, Grune & Stratton, New York, 79-88, 1978.
- 14) **Ciancia AO**: Asymmetrical visual evoked potentials in congenital esotropia with bilateral limitation of abduction. *Binocular Vision* 3: 15-22, 1988.
- 15) **Cobb WA, Morton HB**: Evoked potentials from the human scalp to visual half-field stimulation. *J Physiol* 208: 39-40, 1970.
- 16) **Lehmann D, Skrandies W**: Multichannel mapping of spatial distributions of scalp potential fields evoked by checkerboard reversal to different retinal area. In: Lehmann D, et al (Eds): *Human Evoked Potentials. Applications and Problems*, Plenum Press, New York, 201-214, 1979.
- 17) 大野 仁, 入江純二, 河合一重, 松崎 浩: 左右半視野刺激によるVEP位相特性. *神眼* 3: 43-48, 1986.
- 18) 久保田競: 高次脳による視覚情報処理と眼球運動支配. *眼臨* 87: 1060-1063, 1993.
- 19) 川村祥介: “膝状体系”と“非膝状体系”の交錯結合. *神眼* 3: 16-22, 1986.
- 20) **Van Essen DC, Anderson CH, Felleman DJ**: Information processing in the primate visual system: An integrated systems perspective. *Science* 255: 419-423, 1992.
- 21) **Schiller PH, Logothetis NK**: The color-opponent and broad-band channels of the primate visual system. *Trans Neurosci* 13: 392-398, 1990.