

---

 原 著
 

---

## 健常成人の対側、同側および両側眼への閃光刺激による視覚性誘発電位 (VEP) の差異

枝川 浩二, 植村 桂次, 吉松

徳島大学医学部神経精神医学教室 (主任: 生田琢己教授)

(平成9年9月29日受付)

誠, 大蔵 雅夫, 生田 琢己

健常男性40名について、左右単眼および両眼閃光刺激により左大脳半球頭皮上から VEP を記録、検討して以下の結果を得た。(1)同側左眼刺激と対側右眼刺激により誘発された群平均 VEP 波形はよく類似しており、左右の眼の反応特徴や受容野特性は非常によく一致していることが確認された。(2)同側左眼刺激に対して対側右眼刺激による各被験者の VEP は、短～中潜時成分の潜時が有意に短く、頂点間振幅は有意に大きく、振幅のみならず潜時についても大脳半球の対側眼優位性が実証された。(3)単 (左) 眼刺激に対して両眼刺激による VEP の短～中潜時成分の潜時が有意に短く、頂点間振幅は有意に大きく、サルの両眼刺激で反応する "binocular depth cells" がヒトでも存在する可能性が示唆された。(4)長潜時成分の潜時は、同側左眼刺激よりも両眼および対側右眼刺激で有意に長く、これは興奮終息後の  $\alpha$  波再生の遅延として理解された。

視覚性誘発電位 (VEP) は中枢神経系 (CNS) の情報を提供し、脳の興奮性をよく反映するものとして<sup>10)</sup>、臨床神経領域においてしばしば用いられている<sup>16,26,37)</sup>。

哺乳類の視覚皮質においては、多くの神経細胞が両眼からの入力の影響を受けている<sup>29)</sup>が、単眼刺激と両眼刺激による視覚性誘発電位の差異についての研究は少なく、しかも、それらは短潜時・中潜時成分 (潜時200msec まで) を研究対象とし、長潜時成分についての研究はない。VEP の各波形の潜時と発生部位に関しては多数の報告があるが、Cigánék によれば刺激後90msec までの波形は一次視覚野またはそれに中継される領野の活動電位であり、90~240msec の波形は上記以外の他の皮質野の活動であり、240msec 以後の波形は回復反応を示す rhythmic after-discharge であるとされる<sup>7)</sup>。従って、短潜時成分では一次視覚野までの反応を、中潜時成分では一次視覚野以降の視覚連合野を含む反応を、長潜時成分では  $\alpha$  波

が再生する回復過程をそれぞれ検討することができると考えられる。本研究では、当教室の組織的な大脳誘発電位研究の一環として、短～中～長潜時の全成分を含む潜時1024msec までの VEP 成分を対象として、健常成人男性の同側左眼、対側右眼および両眼刺激による大脳左半球記録 VEP の差異について研究した。

## 研究対象

被験者は医学生、医局員を主とする成人男性健常者のみ40名 (21~33歳、平均年齢27.1歳) を対象とした。全員、精神病、てんかん、神経疾患、眼疾患などの既往はなく、屈折異常以外は視力障害も認められなかった。また、向精神薬の使用歴もなく、正常脳波であった。利き手は40名のうち34名が右利き、3名が左利き、3名が両利きであった。

## 研究方法

## 1・1 VEP 及び脳波の記録方法

各被験者の頭皮上に10-20国際電極法に準拠して記録電極を装着したあと、24~25℃に保たれた shielded room の中の記録用椅子に静臥閉眼状態で発光量片眼あたり400ミリカンデラの light-emission diode (LED) フラッシュ (刺激幅10msec) 刺激装置を内蔵したゴーグルを装着し、LED Visual Stimulator SLS3500 (日本光電、以下特記なければ同じ) により被験者40名について無作為に選ばれた前半20名は右片眼、左片眼、両眼の順に、後半20名は左片眼、右片眼、両眼の順に2秒間隔で各閃光刺激のサイクルをくり返し、VEP を含む脳波を記録しながら、同時に被験者の意識状態および EOG, EMG などのアーチファクト混入を脳波で監視した。

VEP を含む脳波は、各記録誘導から誘導され、脳波計 (EEG-6518) によって、時定数0.3sec、高域 filter 120 Hz で、hum 除去機能は作動させずに増幅され、各閃光

刺激と同期する trigger pulse とともに Data Recorder RX-50L (TEAC) で録磁された。

### 1・2 電極配置と記録誘導

頭皮上の記録電極の配置および名称は, 10-20電極法 (国際脳波学会連合標準電極法, 1949) に従った。当教室では, 加算平均して記録された個々の誘発電位 (EP) 波形について各記録誘導別に, 群平均 EP を求めて, より大きな EP 波形を記録でき, またそれぞれ AEP に対してより選択的に VEP を記録できる記録誘導としての優先順位が求められている。これらの研究結果<sup>13,34)</sup>から, VEP の選択的記録誘導として, 左大脳半球頭皮上で, それぞれ優先順位 6, 7 位の誘導を除く上位 5 位までの誘導を含む合計 6 誘導 (第 1 誘導: O1→T3, 第 2 誘導: O1→A1+2, 第 3 誘導: O1→T5, 第 4 誘導: O1→Cz, 第 5 誘導: T5→A1+2, 第 6 誘導: O1→P3) から記録した。

## 2 データ処理方法

VEP を含む脳波をアーチファクトの混入部位を避けて再生しながら, 各被験者の前記各記録誘導からの VEP を記録した。次に, その data 処理過程が主観に影響されない群平均 VEP を, 対側右眼刺激, 両眼刺激, 同側左眼刺激についてそれぞれ求め, その差異について検討した。さらに各被験者の VEP についての component analysis によって, 各成分の潜時, 振幅の違いを統計的に検定した。

### 2・1 VEP の再生処理

前記 Data Recorder により, 録磁された VEP を含む各誘導からの脳波と対応する各閃光刺激の trigger pulse とを再生しながら, 加算平均装置 (ATAC-210, 1024address×220bit) で, 解析時間1024msec にて100回加算平均して個々の VEP を記録し, PANAFACOMU-1100によって digital data として floppy disk に録磁し, 後で汎用 computer で処理した。

個々の VEP 波形はすべて, 記録機器系の状態を含む脳外の諸条件による基線の偏りや傾斜 (trend) を, 最小二乗法により基線からの各瞬時値の 2 乗和が最小になるように修正した。

### 2・1・1 群平均 VEP の成分の特定

各誘導別に, 同側左眼刺激, 対側右眼刺激および両眼刺激による群平均 VEP を求めた。

まず第 2 誘導の対側右眼刺激による群平均 VEP を computer の CRT 画面上に表示して, 視察により陽性波

形である P1~8 および陰性波形である N1~8 の各成分を特定し, それらの data (潜時と振幅) を記録し, それを基準として, 対側右眼刺激による各誘導の群平均 VEP の各成分を特定し, 各誘導の対側右眼刺激による群平均 VEP の基準とした。ついで, それらを基準として, 対応する両眼刺激による各誘導の群平均 VEP の各成分を特定し, 各誘導の両眼刺激による群平均 VEP の各成分の基準とした。さらに, この両眼刺激による群平均 VEP を基準として, 対応する同側左眼刺激による各誘導の群平均 VEP の各成分を特定した。

### 2・1・2 各被験者の VEP の成分の特定

各誘導別に, 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激それぞれの群平均 VEP を基準として, 各被験者の当該誘導からの同側左眼刺激, 対側右眼刺激および両眼刺激による VEP を computer の CRT 画面上に表示して, 視察により各成分を特定し, それらの data を記録した。

### 2・2 各 VEP 成分の解析

各誘導別に, 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による群平均 VEP の各成分潜時と各頂点間振幅について, それらの間の差異を比較した。

次に, 各誘導別に, 各被験者の VEP の各成分潜時と各頂点間振幅について, 同側左眼刺激に対する両眼刺激, および同側左眼刺激に対する対側右眼刺激の差異について t-検定で検討した。

## 研究結果

### 1 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による群平均 VEP の波形の検討

第 1~第 6 の各誘導から記録された同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による群平均 VEP は, いずれも概ね 3 相性の輪郭を呈し, 潜時 515msec までに P1~N8 の成分が認められた。同側左眼刺激, 対側右眼刺激による群平均 VEP は, すべての誘導でその波形は各成分潜時, 振幅ともよく類似しており, 両眼刺激による群平均 VEP は, 同側左眼刺激や対側右眼刺激による群平均 VEP よりも各成分の振幅が大であった。

最大陰性峰は第 1, 2, 3 誘導では各群平均 VEP とともに N3, 第 4 誘導では対側右眼刺激で N7, 同側左眼, 両眼刺激で N8 であった。第 5 誘導では各群平均 VEP とともに N4, 第 6 誘導では同側左眼, 対側右眼刺激で N7, 両眼刺激で N8 であった。

最大陽性峰は第 1 誘導では両眼刺激で P5, 同側左眼, 対側右眼刺激で P6, 第 2 誘導ではいずれも P6, 第 3

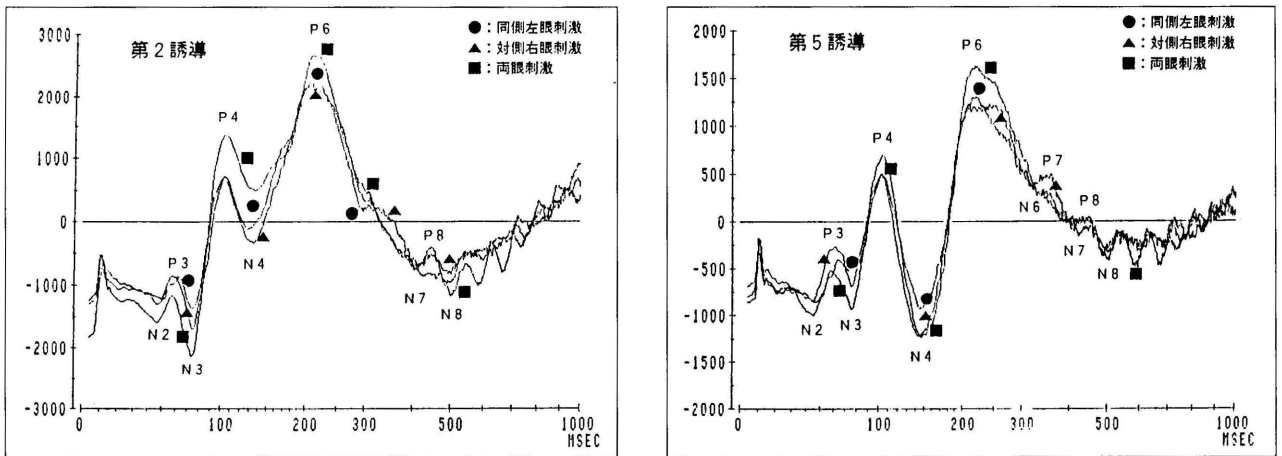


図1 第2誘導 (O1→A1+2), 第5誘導 (T5→A1+2) から記録された全40被験者の同側左眼刺激, 対側右眼刺激および両眼刺激による群平均 VEP。縦軸は基線からの振幅 (50µV=12800)。横軸は対数目盛。

誘導ではいずれも P5であった。第4誘導では対側右眼, 両眼刺激で P4, 同側左眼刺激で P5, 第5誘導ではいずれも P6, 第6誘導ではいずれも P5であった。(図1)

1・1 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による群平均 VEP の各成分潜時の差異

同側左眼刺激に対して, 対側右眼刺激の群平均 VEP での各成分潜時は, N6以前の成分については一貫した結果が得られなかったが, それ以後の成分では第4誘導, 第5誘導, 第6誘導の N6, P7で8~20%長く, その他の成分も長い傾向を示した。

同側左眼刺激に対して, 両眼刺激の群平均 VEP での各成分潜時は, 第5誘導以外の各誘導で, N6以前の成分についてはほとんどの成分で1~41%短く, 第1誘導の P4, N5, 第2誘導の P4, N4, P6, 第4誘導の P1, 第6誘導の P5は1~10%長かった。N6以後の成分ではほとんどの成分で1~10%長く, 第1, 4, 6誘導の P7と第3誘導の N6, P7が1~4%短かった。また, 第5誘導では P3, N4が1~9%短かったがそれ以外の成分は1~43%長かった。(表1, 2)

1・2 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による群平均 VEP の各頂点間振幅の差異

群平均 VEP での隣接する各頂点間振幅のうちで最大

表1 同側左眼, 対側右眼, 両眼刺激による各記録誘導からの群平均 VEP 各成分の潜時 (msec) と比

	1 CH			2 CH			3 CH		
	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE
P1									
N1				39	0.59				
P2				41	0.66	0.95			
N2	42	0.93	1.10	51	0.90	0.92	52	0.94	0.94
P3	60	0.97	1.00	63	0.92	0.92	59	0.95	0.98
N3	75	1.00	0.99	74	1.00	1.01	76	0.96	0.97
P4	100	1.01	1.02	101	1.03	1.02	101	1.07	1.07
N4	114	0.97	1.04	128	1.05	1.05	113	1.01	1.01
P5	168	0.87	0.96				163	0.96	0.99
N5	180	1.02	1.00						
P6	223	1.00	1.01	207	1.02	1.01			
N6	292	1.00	1.03	295	1.02	1.02	292	0.99	0.99
P7	307	0.98	1.00	305	1.00	1.01	320	0.96	0.96
N7	403	1.01	1.03	413	1.11	1.00	411	1.10	1.01
P8	444	1.07	1.00	448	1.05	1.00	449	1.06	1.09
N8	497	1.02	1.01	489	1.02	1.02	496	1.03	1.00

	4 CH			5 CH			6 CH		
	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE
P1	20	1.10	1.00				25	1.00	0.96
N1	33	0.91	0.94	21	1.43		30	0.93	1.07
P2				25	1.28				
N2				45	1.00	1.00			
P3	63	0.89	0.92	64	0.91	0.95	59	0.92	0.97
N3	75	0.99	0.99	72	1.04	1.04	76	0.96	0.99
P4	97	0.99	1.00	101	1.03	1.01	98	0.99	1.03
N4	116	0.98	1.03	148	0.99	0.97	112	1.00	1.01
P5	134	0.99	0.96				143	1.01	1.05
N5	183	0.99	1.00				196	0.97	1.01
P6	236	0.96	0.99	219	1.00	0.95	236	0.96	0.96
N6	287	1.01	1.12	296	1.14	1.08	288	1.01	1.11
P7	310	0.99	1.11	299	1.14	1.20	317	0.98	1.12
N7	408	1.01	1.01	414	1.02	1.00	406	1.02	1.02
P8	453	1.04	1.00	449	1.01	0.96	453	1.04	1.01
N8	496	1.04	1.04	489	1.03	1.01	500	1.03	1.03

各記録誘導から記録された同側左眼刺激による群平均 VEP 各成分の潜時および同側左眼刺激 (LE) に対する, 両眼刺激 (BO), 対側右眼刺激 (RI) の各潜時の比。

なもの, 同側左眼刺激に対して両眼刺激では第3誘導を除き, 37~91%大きかった。また, 同側左眼刺激に対して対側右眼刺激では, 第1, 第2, 第4, 第5誘導で3~23%大きく, 第3, 第6誘導で7~15%小さかった。

表2 同側左眼刺激に対する, 両眼刺激, 対側右眼刺激による群平均 VEP 各成分の潜時の比

	BOTH VS. LEFT						RIGHT VS. LEFT					
	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH
P1												
N1		↓ ↓										↑
P2		↓ ↓				↑ ↑						
N2	↓	↓ ↓	↓				↑	↓	↓			
P3		↓				↓		↓		↓		
N3												
P4									↑			
N4												
P5	↓ ↓											
N5												
P6												
N6						↑ ↑				↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑
P7						↑ ↑				↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑
N7		↑ ↑										
P8	↑		↑						↑			
N8												

BOTH VS. LEFT; 同側左眼刺激に対する両眼刺激による群平均 VEP 各成分の潜時の比

RIGHT VS. LEFT; 同側左眼刺激に対する対側右眼刺激による群平均 VEP 各成分の潜時の比

↑ ; 6~10%の潜時延長      ↓ ; 6~10%の潜時短縮  
 ↑↑ ; 11%以上の潜時延長      ↓↓ ; 11%以上の潜時短縮  
 空欄は95~105%

対応する主要な頂点間振幅のうちで最大なものは, 同側左眼刺激に対して両眼刺激では28~46%大きかった。また, 同側左眼刺激に対して対側右眼刺激では, 第6誘導以外の誘導で1~10%大きく, 第6誘導で5%小さかった。(表3)

2 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による各被験者 VEP の component analysis による結果

2・1 同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による各被験者の VEP

各誘導から記録された同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による各被験者の VEP は, いずれも基本的には当該記録誘導からの群平均 VEP に類似した波形を呈した。VEP の各成分の出現頻度は18~100%であり, 第2誘導の各刺激による P1 および両眼刺激による P5, N5, 第5誘導の同側左眼刺激による P1, P5, N5 および両眼刺激による P5, N5 は40%以下であったが, 全誘導の同側左眼刺激, 対側右眼刺激, 両眼刺激による288成分中239成分(83%)が80%以上の出現率であった。2・1・1 t-検定による同側左眼刺激と対側右眼刺激, 両眼刺激の各被験者 VEP の潜時の差異の検定

同側左眼刺激に対して, 両眼刺激による各被験者の VEP の潜時は, 第1, 第2, 第3, 第4, および第6誘導での P1 ~N5 で有意差を認めた成分は第1誘導の P1 が15%長かったほかはすべて3~29% (平均9%) 短く, P6 ~N8 で有意差を認めた成分はすべて4~5% (平均4%) 長かった。また, 第5誘導では, 16成分中

8成分が2~33% (平均11%) 有意に長かった ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ )。

同側左眼刺激に対して, 対側右眼刺激による各被験者の VEP の潜時は, 第1, 第2, 第3, 第4, および第6誘導での P1 ~N5 で有意差を認めた成分(第3誘導の N5, および第4誘導の N1, P2, N2, P3) はすべて4~11% (平均6%) 短く, P6 ~N8 で有意差を認めた成分(第2誘導の N7, P8, N8, 第4誘導の N6, P7) はすべて4~6% (平均5%) 長かった。また, 第5誘導では, 16成分中6成分が5~50% (平均18%) 有意に長かった ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ )。(表4)

2・1・2 同側左眼刺激, 対側右眼刺激および両眼刺激による各被験者 VEP の頂点間振幅の差異の t-検定

同側左眼刺激に対して, 両眼刺激の頂点間振幅はすべての誘導において有意に大きいものが多く, 検討できた22頂点間振幅のうち, 第1誘導では14頂点間振幅が26~166%, 第2誘導では16頂点間振幅が24~195%, 第3誘導では14頂点間振幅が22~319%, 第4誘導では13頂点間振幅が29~429%, 第5誘導では11頂点間振幅が39~103%, 第6誘導では16頂点間振幅が32~130%それぞれ有意に大きかった ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ )。

同側左眼刺激に対して, 対側右眼刺激の頂点間振幅は各誘導とも, 1~5頂点間振幅で16~297%有意に大きかった ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ )。

また, 対応する主要な頂点間振幅のうちで最大なものは, 両眼刺激では第1誘導で P5 -N8 が42%, 第2誘導で N3 -P6 が41%, 第3誘導で N3 -P5 が33%, 第4誘導で P4 -N8 が44%, 第5誘導で N4 -P6 が39%, 第6誘導で P5 -N7 が38%同側左眼刺激に対してそれぞれ有意に大きく ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ ), 対側右眼刺激では第5誘導で N4 -P6 が16%同側左眼刺激に対して有意に大きかった ( $p < 0.05 \sim p < 0.01$ )。(表5)

考 察

本研究での同側左眼刺激および対側右眼刺激によって誘発されたそれぞれの群平均 VEP は, 全ての誘導でその波形はよく類似していた。正常者の両眼全視野閃光刺激による VEP は著明な半球間対称性を示す<sup>17)</sup>ことが知られており, 本研究でのこの結果は, フクロウでは左右の片眼全視野刺激による VEP は振幅, 波形, 潜時とも同一であった<sup>30)</sup>との報告や, 正常者の片眼を覆っての視覚性誘発電位は半球間非対称は認められなかった<sup>9)</sup>との報告およびネコの多様なパターン刺激による単一細胞記

表3 同側左眼刺激, 両眼刺激, 対側右眼刺激による各記録誘導からの群平均 VEP の各頂点間振幅之比

	1-CH			2-CH			3-CH		
	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE
P1-N1									
N1-P2				7.9	4.23				
P2-N2				96.5	3.70	1.89			
N2-P3	415.3	1.25	1.20	371.3	1.12	1.21	33.6	1.60	0.58
P3-N3	671.4	1.66	1.20	513.7	1.86	1.65	476.3	1.28	1.02
N3-P4	1790.8	1.69 M	1.03 M	2072.4	1.69 M	1.17 M	1081.3		1.20
P4-N4	381.3	0.58	0.45	811.0	1.09	1.29	150.2		0.19
N4-P5	1162.0	0.83	0.86				1574.8		0.85 M
P5-N5	269.0	3.85	0.71						
N5-P6	469.1	1.92	0.69						
P6-N6	2096.9	1.01	0.87	2102.1	1.06	0.90			M
N6-P7	160.4	0.40	0.39	103.6	0.21	0.53	130.3	0.70	0.77
P7-N7	900.5	1.27	1.09	1031.3	1.34	1.05	501.1	1.23	1.18
N7-P8	545.6	0.34	0.73	380.6	0.25	0.52	286.9	0.51	0.79
P8-N8	637.3	0.76	0.39	597.3	0.60	0.53	214.9	0.74	0.26
N3-P5	2571.5	1.46 MM	1.04				2505.9	1.30 MM	1.04 MM
N3-P6	2771.6	1.31	1.01 MM	3639.9	1.32 MM	1.07 MM			
P4-N7	1362.1	0.61	0.83	2378.5	0.92	1.06			
P4-N8	1856.2	1.39	0.96	1462.3	1.56	0.98	979.4		1.01
N4-P6	2636.9	1.26	0.99				2404.0	1.18	0.96
P5-N7	1947.9	1.48	0.84	1679.0	1.52	0.92	907.4		0.91
P5-N8	2728.6	1.33	0.90				2332.0	1.23	0.91

	4-CH			5-CH			6-CH		
	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE	LEFT	BO/LE	RI/LE
P1-N1	273.1	0.70	1.15				42.5	1.20	1.19
N1-P2				63.6	0.28				
P2-N2				154.5	1.66				
N2-P3				444.3	1.09	1.30			
P3-N3	561.3	2.83	1.92	103.5	4.13	4.09	511.5	1.98	1.23
N3-P4	1789.1	1.91 M	1.23 M	987.1	1.65	1.21	1021.8	1.83 M	1.05
P4-N4	337.0	1.28	2.23	1406.2	1.37 M	1.23 M	162.7	0.90	0.50
N4-P5	462.3	0.58	0.12				858.4	1.31	0.84
P5-N5	1943.4	1.25	0.56				1247.1	1.42	0.77
N5-P6	1720.1	1.21	0.75				638.7	1.21	0.53
P6-N6	1743.8	1.07	0.96	809.4	1.67	1.11	1245.5	1.16	0.93 M
N6-P7	157.5	1.30	1.58	53.2	1.14	3.05	112.3	1.27	0.69
P7-N7	929.1	1.53	0.91	621.3	0.79	0.86	499.2	1.28	0.87
N7-P8	705.1	0.55	0.78	124.0	0.87	0.70	517.9	0.44	0.77
P8-N8	801.3	0.79	0.53	413.2	0.88	0.88	422.7	0.87	0.46
N3-P5	1914.4	1.70	0.79				1717.5	1.66	1.00
N3-P6	1691.1	1.72	1.01	1816.9	1.41	1.06	1109.1	1.67	0.99
P4-N7	239.0	0.30	1.05	2236.0	1.28 MM	1.10 MM	250.0	0.51	0.44
P4-N8	2613.4	1.37	1.06 MM	547.7	1.55	0.99	1545.1	1.27	0.97
N4-P6	2738.7	1.25	0.75				2240.8	1.31	0.95 MM
P5-N7	2709.6	1.42 MM	0.97	836.9	1.32	0.98	1449.9	1.44	0.89
P5-N8	2834.9	1.30	0.69				2145.6	1.43 MM	0.90

各記録誘導から記録された左眼刺激による群平均 VEP 各成分の頂点間振幅 (50  $\mu$ V=12800), および左眼刺激 (LE) の頂点間振幅に対する両眼刺激 (BO), 右眼刺激 (RI) の頂点間振幅の比。  
M: 隣接する頂点間振幅の最大値, MM: 特定の頂点間振幅の最大値。

録での左右の眼の反応特徴や受容野特性は非常によく一致している<sup>38)</sup>との報告と一致する。これはフラッシュ刺激は一次視覚野と視覚連合野の広い範囲における反応を引き起こす<sup>44)</sup>ことに加え, ヒトの視交叉では視神経の約半数が交叉<sup>9)</sup>していることや一次視覚野の表面のそれぞれの眼が占める領域はほぼ等しい<sup>32)</sup>ことから了解できる。

本研究においては, VEP を左半球より記録していることから, 記録半球に対する同側左眼と対側右眼からの VEP を検討することとなる。同側左眼刺激に対して対側右眼刺激によって誘発された VEP については, 第3誘導と第4誘導で短~中潜時成分の潜時が有意に短く, 各誘導で頂点間振幅が有意に大きかった。このような対側眼からの入力優位性を示す報告としては, ネコの視

索核における対側眼による活性化<sup>22)</sup>, ネコの海馬領域における対側眼にのみ反応する神経細胞<sup>24)</sup>, ネコの17野と18野の境界にある対側眼支配の細胞群<sup>11)</sup>, TAAの眼内注入によるサル<sup>17)</sup>の17野IV層における注入眼と反対側のみの銀粒子集積<sup>21)</sup>, サルの一次視覚野において対側眼の占める領域が広い部分が存在する<sup>32)</sup>, ヒトの視交叉では55%が交叉で45%が非交叉<sup>9)</sup>, 左眼視は心臓支配の交感神経を刺激することから右大脳半球を活性化<sup>45)</sup>などがあり, 本研究の結果に認められる潜時短縮, 振幅増大で示される対側眼優位性は上述の報告からも支持される。また, 単眼視視野 (視野の最も側頭側に対応する網膜部位) の入力は対側半球の一次視覚皮質最前端部へ投射するという事実と, フラッシュ刺激により網膜周辺部の伝達速度の速い神経線維が活性化<sup>12)</sup>との報告からも潜時における対側眼優位性が予測され, 本研究結果の第4誘導における短潜時成分であるN1~P3が有意に潜時が短いことを説明できる。本研究と類似する研究結果としては, ヒトの片眼遮蔽により非交叉 (刺激眼と同側) 半球から記録された VEP で約15%の振幅減少が認められたとの報告<sup>9)</sup>が唯一あり, 本研究結果と振幅の差を含めて一致したが, 潜時が短いという対側眼入力優位性を示した報告は本研究以外にはこれまでにない。

本研究では, いわゆる”きき眼”の調査は行っておらず, きき眼と VEP の対側眼優位性との関連は検討できなかったが, きき眼が刺激されたときに比べて非きき眼が刺激されたときの方が VEP の波形はより小さいことが示唆される<sup>19)</sup>との報告や, 右ききかつ右眼ききの被験者についてのみ単眼視よりも両眼視で視覚固執持続 (persistence duration) が有意に短く, 反応強度との間に逆の関係が認められる<sup>18)</sup>との報告があり, VEP の振幅および反応時間ときき眼, きき手との関連が示唆され, 本研究で示された対側眼優位性ときき眼との間にも何らかの関連が存在するものと推測され, きき眼, きき手を考慮に入れた更なる検討が必要と思われる。

第5誘導を除くすべての誘導において, 同側左眼刺激に対して両眼刺激によって誘発された VEP の短~中潜

表4 同側左眼刺激に対する，両眼刺激，対側右眼刺激による各被験者 VEP の各成分潜時の t-検定

	BOTH VS. LEFT						RIGHT VS. LEFT					
	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH
P1	↑											
N1		↓↓				↑↑				↓↓		↑↑
P2		↓↓										↑↑
N2		↓↓								↓↓		
P3			↓↓	↓↓								↑↑
N3			↓									
P4						↑						
N4			↓									
P5	↓↓		↓									
N5												
P6								↑				↑
N6									↑		↑↑	
P7						↑↑						
N7		↑↑	↑↑	↑								↑
P8		↑↑	↑↑									
N8		↑↑	↑↑									

BOTH VS. LEFT；同側左眼刺激に対する両眼刺激による各被験者 VEP の各成分潜時の差の t-検定

RIGHT VS. LEFT；同側左眼刺激に対する対側右眼刺激による各被験者 VEP の各成分潜時の差の t-検定

↑；長い(↑；P<0.05, ↑↑；P<0.01), ↓；短い(↓；P<0.05, ↓↓；P<0.01)

時成分の潜時が有意に短く頂点間振幅が有意に大きかった。これは Adachi-Usami and Lehmann<sup>2)</sup>の結果と一致しており，視覚システムへの両眼の入力は単眼に比べてより効果的である<sup>1,4,6,33)</sup>ことを支持している。潜時は，有意なものについては3~29% (平均9.9%) 短く，単眼刺激は両眼刺激よりも1.4~4.9%潜時が有意に長かったとの Adachi ら報告<sup>2)</sup>や，単眼遮蔽により単純反応時間が約6%増加したとの Woodman らの報告<sup>46)</sup>とほぼ一致する。頂点間振幅については，各誘導の最大頂点間振幅の同側左眼刺激に対する両眼刺激の比は1.33~1.44 (平均1.40) と有意に大きく，単眼の感受性の平均に対する両眼の比は約1.4であるとの Campbell らの報告<sup>5)</sup>をはじめ，単眼刺激に対する両眼刺激の電気的脳活動の有意な増強を示す各報告<sup>2,3,36,39-41)</sup>とも振幅の比の程度を含めて一致した。Hubel ら<sup>20)</sup>はサル<sup>18)</sup>野において両眼が同時に刺激されたときのみ優勢に興奮することができる” binocular depth cells”の存在を報告したが，単(左)眼刺激に対して両眼刺激によって誘発された VEP の短~中潜時成分の潜時が有意に短く，頂点間振幅が有意に大きいという本研究結果から，” binocular depth cells”がヒトでも存在し，この一群の神経細胞が活性化されることにより両眼刺激で電気的脳活動が有意に増強することが示唆される。これは，二次視覚野において単眼よりも両眼刺激でより多くのニューロンが活性化されるとの Skrandies の報告<sup>39)</sup>と矛盾しない。短潜時成分については，視覚の信号処理を促進させる回帰性入力が外側膝状体，一次視覚野に存在する可能性が示唆される。更にこれらの結果には，Adachi らも指摘するように<sup>2)</sup>，収束性

表5 同側左眼刺激に対する両眼刺激，対側右眼刺激による各被験者 VEP の各頂点間振幅の t-検定

	BOTH VS. LEFT						RIGHT VS. LEFT					
	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH	1 CH	2 CH	3 CH	4 CH	5 CH	6 CH
P1-N1												
N1-P2												
P2-N2		↑				↑						
N2-P3									↑↑		↑↑	↑↑
P3-N3		↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						↑
N3-P4	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						
P4-N4		↑			↑↑	↑↑			↑		↑↑	
N4-P5												
P5-N5	↑↑	↑	↑↑			↑						
N5-P6					↑					↑		
P6-N6	↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑				↑		↑
N6-P7	↑	↑	↑	↑	↑↑	↑↑						
P7-N7	↑	↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑						
N7-P8	↑	↑										
P8-N8	↑↑	↑↑	↑									
N3-P5	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑								
N3-P6	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						↑
P4-N7	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						
P4-N8	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						
N4-P6		↑				↑↑						
P5-N7	↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						
P5-N8	↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑						

BOTH VS. LEFT；同側左眼刺激に対する両眼刺激による各被験者 VEP の各頂点間振幅の差の t-検定

RIGHT VS. LEFT；同側左眼刺激に対する対側右眼刺激による各被験者 VEP の各頂点間振幅の差の t-検定

(↑；P<0.05で有意に大きい, ↑↑；P<0.01で有意に大きい)

救心路や並列処理なども関与しているかもしれない。また，これらの結果は，临床上，一般に両眼視力は片眼視力よりもよいという事実によく一致しているように思われ，様々な視覚課題の処理において単眼よりも両眼が優位であるとの Blake の報告<sup>4)</sup>や，閾値の低下および主観的な明るさの増加で示される両眼入力は単眼入力に比べてより効果的であるとの Rose の報告<sup>33)</sup>からもこの一致が支持される。

網膜に始まる視覚刺激の伝達路は，膝状体系，非膝状体系の2種に分類され，前者が大半を占める。通常の視覚に関与するといわれる膝状体系は網膜神経節β細胞→視神経→視索→外側膝状体→視放線(または外側膝状体鳥距溝路)→一次視覚野→視覚連合野(Brodman18, 19野)の経路を通り，視覚性定位および注意のメカニズムに関与するといわれている非膝状体系は網膜神経節α細胞→視神経→視索→上丘→(以下網状に連絡し)視床枕→視覚連合野および頭頂葉連合野(Brodman5, 7野)の各部位を通り大脳皮質に到達するほか，眼球運動や方向にかかわる副視索系や視蓋前域への投射線維も存在する。また，視覚性皮質からは外側膝状体や視床核を含む種々の皮質下中枢への投射線維がある<sup>27,43)</sup>。第5誘導は電極設置部位が，解剖学的に一次視覚野よりも前側方であり，他の誘導と比較して，V2, V3を含む視覚連合野や非膝状体系の活動がより反映されていると考えられ，他の誘導とは逆に対側右眼刺激および両眼刺激 VEP の短~中潜時成分の潜時が長い傾向があらわれた

ものと推測され、川島ら<sup>23)</sup>の指摘する、閃光刺激による VEP の電位発生源は左右後頭領域と大脳深部の広範囲な部位に多電源として存在し、それらは時間差をもって作動するという可能性が示唆される。

VEP の各波形の起源については現在まだ不明の点が多く、その潜時と発生部位に関する多数の報告があり<sup>7, 8, 12, 14, 15, 25, 31, 35, 43, 47)</sup>一致した見解が得られていないが、これらの報告から30~40msec までは視神経、視索、外側膝状体などの皮質下が起源であり、40~100msec 付近が一次視覚野、それ以降は視覚連合野由来と考えられている。第1誘導の両眼刺激で同側左眼刺激に対し P1 の潜時が有意に長い、本研究における P1 は潜時20~30 msec で出現しており、視覚刺激が外側膝状体に到達するまでの反応と考えられ、頭皮上からの記録では正確に反映されていない可能性も考えられる。

VEP の長潜時成分については、潜時250msec 以降はいわゆる photic after discharge であるとされている<sup>7)</sup>。photic after discharge は一般に光刺激により中断された脳波の  $\alpha$  波が再生される現象であるとされている<sup>28)</sup>。本研究では、P6 以降の長潜時成分において同側左眼刺激に対する両眼刺激と対側右眼刺激の両者で有意に潜時が長く、上述のようにこれら両者の短潜時~中潜時成分の興奮が同側左眼刺激に比べて強いため、興奮が終息し  $\alpha$  波が再生するまでにより長い時間を要するものと考えれば理解できる。

本研究では、同側左眼刺激に対する対側右眼刺激および両眼刺激の検定を行っており、対側右眼刺激に対する両眼刺激については統計学的検討がなされていないが、有意差を認めた最大頂点間振幅では、同側左眼刺激に対する対側右眼刺激で16%大きいのにに対し両眼刺激で平均40%大きく、対側右眼刺激に対しても両眼刺激はより強い電氣的脳活動を引き起こすことが予想される。また、潜時については、同側左眼刺激に対して有意に短い成分は対側右眼刺激で平均6%短いのにに対し両眼刺激で平均9%短く、長潜時成分の有意に長い成分は対側右眼刺激で平均7%長いのにに対し両眼刺激で平均6%長かった。対側右眼刺激に対し両眼刺激はより早く視覚野を興奮させる可能性が考えられ、前述の"binocular depth cells"の存在と矛盾しないが、その回復過程においては大きな差はないものと思われる。

VEP の記録方法は本研究で用いたフラッシュ刺激のほかにはパターン反転刺激があり、前者は後者に比べてばらつきが大きいとされているが、富岡らの報告<sup>42)</sup>によれば

LED フラッシュ VEP はパターン VEP と比較してその差はわずかでかなり安定した刺激方法であるとされる。また、パターン反転刺激は視覚野の主に網膜中心窩を投影する領域を活性化するのに対しフラッシュ刺激は一次視覚野と視覚連合野の広い範囲における反応を引き起こす<sup>44)</sup>ことから本研究における LED フラッシュ刺激の有用性が確認される。

## 結 論

健常男性40名を被験者として、LED フラッシュ刺激装置を用いた左同側右対側単眼および両眼刺激により得られた長潜時成分を含む視覚誘発電位を左大脳半球頭皮上の6記録誘導(O1→T3, O1→A1+2, O1→T5, O1→CZ, T5→A1+2, O1→P3)から記録した。結果を統計的に検討して以下の結果を得た。

1. 同側左眼刺激と対側右眼刺激によって誘発された群平均 VEP は、全ての誘導でその波形はよく類似しており、左右の眼の反応特徴や、同側左眼刺激および対側右眼刺激に対する大脳皮質受容野特性は非常によく一致していることが確認された。

2. しかし、同側左眼刺激に対して対側右眼刺激によって誘発された各被験者の VEP については、第3誘導と第4誘導における短~中潜時成分の潜時が有意に短く、各誘導における頂点間振幅が有意に大きかった。この結果より振幅についてだけでなく、潜時についても大脳半球の対側眼優位性が初めて実証された。

3. 単(左)眼刺激に対して両眼刺激によって誘発された VEP の短~中潜時成分の潜時が有意に短く、頂点間振幅は有意に大きかった。有意差のある成分を検討したところ、潜時は平均9.9%短く、最大平均頂点間振幅は平均40%大きかった。この結果は従来報告されている単(左)眼刺激よりも両眼刺激に対する電氣的脳活動が有意に強いことをその程度まで一致して再確認するものであり、サルにおける"binocular depth cells"がヒトでも存在する可能性が示唆された。

4. P6 以降の長潜時成分潜時は、同側左眼刺激より、両眼刺激および対側右眼刺激で有意に長く、これら両者の短~中潜時成分の興奮が同側左眼刺激に比べて強いため、興奮が終息し photic after discharge として  $\alpha$  波が再生するまでにより長い時間を要するものとして理解された。

本研究について、徳島大学神経精神医学教室の教室員

各位の協力と支援，ならびに古田典子助手のデータ処理への寄与に深謝します。

## 文 献

1. Adachi, E. : Binocular effects on the VECP amplitude vs spatial frequency curve. *Acta. Soc. Ophthalmol. Jpn.*, **83** : 298-301, 1979
2. Adachi-Usami, E., Lehmann, D. : Monocular and binocular evoked average potential field topography : upper and lower hemiretinal stimuli. *Experimental Brain Research*, **50** : 341-346, 1983
3. Apkarian, P.A., Nakayama, K., Tyler, C.W. : Binocularity in the human visual evoked potential : facilitation, summation and suppression. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **51** : 32-48, 1981
4. Blake, F.W., Fox, R. : The psychophysical inquiry into binocular summation. *Percept. Psychophys.*, **14** : 161-185, 1973
5. Campbell, F.W., Green, D.G. : Monocular versus binocular visual acuity. *Nature*, **208** : 191-192, 1965
6. Campbell, F.W., Maffei, L. : Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. *J. Physiol. (Lond)*, **207** : 635-652, 1970
7. Cigánek, L. : The EEG response (evoked potential) to light stimulus in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **13** : 165, 1961
8. Cracco, R.Q., Cracco, J.B. : Visual evoked potentials in man : early oscillatory potentials. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **45** : 731-739, 1978
9. Crell, D., Witkop, C.J.Jr., King, R.A. : Asymmetric visually evoked potentials in human albinos : evidence for visual system anomalies. *Invest. Ophthalmol.*, **13** : 430-440, 1974
10. Devos, J.E. : The visual evoked response as a measure of brain excitability. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **43** : 544, 1977
11. Diao, Y.C., Jia, W.G., Swindale, N.V., Cynader, M.S. : Functional organization of the cortical 17/18 border region in the cat. *Exp. Brain Res.*, **79** : 271-282, 1990
12. Ducati, A., Fava, E., Motti, E.D.F. : Neuronal generators of the visual evoked potentials : intracerebral recording in awake humans. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **71** : 89-99, 1988
13. 絵内利啓，斎藤孝一：VEP および AEP の選択的記録のための10-20電極法による電極配置(補遺). *四国医誌*, **41** : 39-44, 1985
14. Givre, S.J., Schroeder, C.E., Arezzo, J.C. : Contribution of extrastriate area V 4 to the surface-recorded flash VEP in the awake macaque. *Vision Res.*, **34** : 415-428, 1994
15. 早川友恵：ヒトにおける視覚の情報処理過程の研究パターン視覚の成立機転について. *眼科臨床医報*, **88** : 1166-1170, 1994
16. Harding, G.F.A. : The visual evoked potentials in neurophthalmic disorders. *In* : *Visual Evoked Potentials* (Desmedt, J.E., ed.), Elsevier, Amsterdam, 1990, pp. 147-167
17. Harmony, T., Ricardo, J., Otero, G., Fernandez, G., et al. : Symmetry of the visual evoked potential in normal subjects. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, **35** : 237-240, 1973
18. Harris, A.R., Lovegrove, W.J. : Visible persistence as a function of viewing condition and eye-handedness relationship. *Cortex*, **20** : 55-66, 1984
19. Heravian, S.J., Douthwaite, W.A., Jenkins, T.C. : Effect of attention on the VEP in binocular and monocular conditions. *Ophthalmic Physiol. Opt.*, **12** : 437-442, 1992
20. Hubel, D.H., Wiesel, T.N. : Cells sensitive to binocular depth in area 18 of the macaque monkey cortex. *Nature*, **225** : 41-42, 1970
21. Hubel, D.H., Wiesel, T.N. : Functional architecture of macaque monkey visual cortex. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **198** : 1-59, 1977
22. Hoffmann, K.P., Schoppmann, A. : A quantitative analysis of the direction-specific response of neurons in the cat's nucleus of the optic tract. *Exp. Brain Res.*, **42** : 146-157, 1981
23. 川島幸夫，田淵昭雄，松田盈子：複合的画像診断法によるパターン反転中潜時視覚誘発反応の電位発生源の検討. *脳波と筋電図*, **20** : 53-62, 1992
24. Kazarian, A.L., Hekimian, A.A., Harutiunian-Kozak, B. A., Grigorian, G.G., et al. : Responses of cat's dorsal hippocampal neurones to moving visual stimuli.



- Acta. Neurobiol. Exp. Warsz., 55 : 99-107, 1995
25. Kraut, M.A., Arezzo, J.C., Vaughan, Jr., H.G. : Intracortical generators of the flash VEP in monkeys. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 62 : 300-312, 1985
  26. Maurer, K., Brünner, M., Hopf, H.C., Lowitzsch, K. : Visual pattern evoked responses (VER), acoustically evoked responses (AER) and electrically evoked blink reflexes in assessment of neurofibromatosis. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 43 : 524, 1977
  27. Nieuwenhyus, R., Voogt, J. and van Huijzen, Chr. : The human central nervous system-A synopsis and atlas. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1988 ; 水野昇, 岩堀修明, 中村泰尚 (訳) ; 図説中枢神経系, 医学書院, 東京, 1991, pp. 171-175
  28. Peacock Jr., S.M. : Averaged "after-activity" and the alpha regeneration cycle. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 28 : 287-295, 1970
  29. Poggio, G.F., Poggio, T. : The analysis of stereopsis. *Ann. Rev. Neurosci.*, 7 : 379-412, 1984
  30. Porciatti, V., Fontanesi, G., Raffaelli, A., Bagnoli, P. : Binocularity in the little owl, *Athene noctua*. II. Properties of visually evoked potentials from the Wulst in response to monocular and binocular stimulation with sine wave gratings. *Brain Behav. Evol.*, 35 : 40-48, 1990
  31. Pratt, H., Bleich, N., Berliner, E. : Short latency visual evoked potentials in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 54 : 55-62, 1982
  32. Rosa, M.G., Gattass, R., Fiorani, M. Jr., Soares, J. G. : Laminar, columnar and topographic aspects of ocular dominance in the primary visual cortex of cebus monkeys. *Exp. Brain Res.*, 88 : 249-264, 1992
  33. Rose, D. : The binocular-monocular sensitivity ratio for movement detection varies with temporal frequency. *Perception*, 9 : 577-580, 1980
  34. 斎藤孝一, 絵内利啓 : VEP (視覚誘発電位) の選択的記録のための10-20電極法による電極配置. *四国医誌*, 41 : 263-277, 1985
  35. Schroeder, C.E., Tenke, C.E., Givre, S.J., et al : Striate cortical contribution to the surface-recorded pattern-reversal VEP in the alert monkey. *Vision Res.*, 31 : 1143-1157, 1991
  36. Shea, S.L., Aslin, R.N., McCulloch, D. : Binocular VEP summation in infants and adults with abnormal binocular histories. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 28 : 356-365, 1987
  37. Sklar, F.H., Ehle, A.L., Clark, W.K. : Visual evoked potentials : a noninvasive technique to monitor patients with shunted hydrocephalus. *Neurosurgery*, 4 : 529-534, 1979
  38. Skottun, B.C., Freeman, R.D. : Stimulus specificity of binocular cells in the cat's visual cortex : ocular dominance and the matching of left and right eyes. *Exp. Brain Res.*, 56 : 206-216, 1984
  39. Skrandies, W. : Monocular and binocular neuronal activity in human visual cortex revealed by electrical brain activity mapping. *Exp. Brain Res.*, 93 : 516-520, 1993
  40. Sloper, J.J., Collins, A.D. : Binocular enhancement of the visual evoked potential in patients with Duane's syndrome. *Doc. Ophthalmol.*, 86 : 47-53, 1994
  41. Suter, P.S., Bass, B.L., Suter, S. : Early and late VEPs for reading stimuli are altered by common binocular misalignments. *Psychophysiology*, 30 : 475-485, 1993
  42. 富岡恵美子, 古本好江, 武智修 他 : LED 刺激による視覚誘発電位 (VEP) の検討 (第1報) LED 刺激と Pattern 刺激の比較. *医学検査*, 41 : 1610-1616, 1992
  43. 筒井 純 : 視覚誘発電位のトポグラフィ. *臨床脳波*, 29 : 445-449, 1987
  44. Van der Marel, E.H., Dagnelie, G., Spekreijse, H. : Subdurally recorded pattern and luminance EPs in alert rhesus monkey. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 57 : 354-368, 1984
  45. Weisz, J., Szilágyi, N., Láng, E., Adám, G. : The influence of monocular viewing on heart period variability. *Int. J. Psychophysiol.*, 12 : 11-18, 1992
  46. Woodman, W., Young, M., Kelly, K., Simoons, J., et al. : Effects of monocular occlusion on neural and motor response times for two-dimensional stimuli. *Optom. Vis. Sci.*, 67 : 169-178, 1990
  47. Yoneda, K., Sekimoto, S., Yumoto, M., Sugishita, M. : The early component of the visual evoked magnetic

field. Neuroreport, 6 : 797-800, 1995

## *Differences of visual evoked potentials (VEPs) evoked by contralateral or ipsilateral monocular and binocular flash stimuli*

*Koji Edagawa, Keiji Uemura, Makoto Yoshimatu, Masao Okura and Takumi Ikuta*

*Department of Neuropsychiatry, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima*

*(Director : Prof. Takumi Ikuta)*

### SUMMARY

Differences among VEPs evoked by left and right monocular, and binocular flash stimuli were studied with 40 healthy male subjects (21-33 y.o.). VEPs were evoked by LED flash stimuli and derived from the six derivations and recorded with 1024 msec of analysis time. The following results were obtained.

1) In all of six derivations, the contours of the group mean VEPs were roughly similar in both ipsilateral left monocular and contralateral right monocular stimuli. These findings demonstrate that response characteristics and receptive field properties of the two eyes are well coincided with each other.

2) In details, the latencies of the short and middle latency components of the third (O 1→T 5) and the fourth derivation (O 1→Cz) in contralateral right monocular VEPs were significantly shorter than those in ipsilateral left monocular VEPs. In all derivations, the peak to peak amplitudes in contralateral right monocular VEPs were significantly larger than those in ipsilateral left monocular VEPs. These findings verified the hemispheric dominant laterality of the contralateral eye, even with latencies, besides with amplitudes.

3) As compared with left monocular VEPs, the latencies of the short and middle latency components in binocular VEPs were significantly short and the peak to peak amplitudes in binocular VEPs were significantly large. These findings might suggest the existence of "binocular depth cells" of the monkey, which respond when the two eyes stimulated simultaneously, even in man.

4) In details, the latencies of the long latency components in binocular and contralateral right monocular VEPs were significantly longer than those in ipsilateral left monocular VEPs. This finding suggests the delay of the alpha regeneration as a photic after discharge following VEPs, because binocular and contralateral right monocular stimuli are stronger than ipsilateral left monocular stimuli.

Key words : visual evoked potential, monocular vs binocular, contralateral vs ipsilateral, laterality, human