

緑内障脳波の多角的研究 (図11, 表4)

田 中 良 則 (富山医科薬科大学医学部眼科学教室)

In the Electroencephalography of Glaucoma Patients

Yoshinori Tanaka

Dept. of Ophthalmol Faculty of Medicine,
Toyama Medical and Pharmaceutical University

要 約

緑内障患者52例(平均年齢60.6歳)について、安静閉眼時脳波検査を施行すると同時にパワースペクトルを用いて周波数分析(1~30Hz)した。対象を、視野病期別(湖崎分類)、視力別、年齢別、罹病期間別によって脳波を検討したところ、以下の結果が得られた。1) 病期別： β_1 波を病期別にみると、緑内障の悪化に伴ない、その占める割合は増加する傾向があり、各病期間には有意差を認めた。逆に α 波は、病期と共に減少し、I~II期とIV期*、I~II期とV~VI期**に有意差を認めた(* $p<0.05$, ** $p<0.01$)。また、病期の進行に伴ない、 θ 波は減少傾向、 β_2 波は増加傾向があった。 δ_1 波、 δ_2 波は各病期間に有意差はなかった。2) 視力別：0.1未満の群は β_1 波は14%余りを占めるのに対し、0.1~0.5の群及び0.6以上の群は10%前後であり、明らかな有意差があった($p<0.01$)。 α 波では、視力が良好な群(0.1~0.5の群及び0.6以上の群)は、0.1未満の群と比較して高い値を示した($p<0.05$)。3) 年齢別：対象を50歳未満、50歳代、60歳代、70歳代の4群に分類して年齢別に検討した。加齢と共に β_1 波の占める割合は増加し、50歳未満の群と70歳代の群とは有意差を認めた($p<0.05$)。 α 波には一定の傾向はなかったが、加齢によって減少する傾向を認めた。4) 罹病期間別： β_1 波は罹病期間が長くなるにつれて高値を占める傾向があり、3年未満の群と9年以上の群には有意差を認めた($p<0.05$)。 α 波は、その逆に低値を示す傾向を認めるが、統計学的有意差はなかった。以上の特徴的な緑内障脳波は、視野欠損の増加に伴ない視覚性刺激の低下が脳幹網様体に影響を与えた結果であろうと推察した。(日眼 91: 722-732, 1987)

キーワード：緑内障、脳波

Abstract

Fifty-two glaucoma patients, averaging 60.6 years, were subjected to both electroencephalography at rest with eyes closed and automatic wave-length analysis (1~30Hz) of the electroencephalographic power spectrum. The electroencephalography results were analyzed and the patients were then divided into groups according to visual field (stage of progress as classified by Kozaki), quality of visual acuity, age and duration or period of illness with the disease. 1) When the EEG β_1 wave-length band (13~20Hz) was analyzed with respect to the stage of disease, the β_1 wave portion of the entire power spectrum was found to increase in a statistically significant manner with the progress of disease. Contrarily, the incidence of α wave (8~13Hz) decreased with the progress of disease, and a statistically significant difference in incidence was observed between stages I~II and IV ($p<0.05$) and between stages I~II and V~VI stages ($p<0.01$), respectively. 2) The power spectra of these patients

別刷請求先：930-01 富山市杉谷2630 富山医科薬科大学医学部眼科 田中 良則

Reprint requests to: Yoshinori Tanaka, M.D. Dept. of Ophthalmol., Faculty of Medicine, Toyama Med. and Pharmaceutical Univ.

2630 Sugitani, Toyama-shi 930-01, Japan

(昭和62年4月2日受付) (Accepted April 2, 1987)

with glaucoma were also classified according to their visual acuity. Patients showing a visual acuity of below 0.1, β_1 wave appeared in approximately 14% of the total power spectrum, whereas for patients with a visual acuity of between 0.1~0.5 or above 0.6, the incidence was only 10%. There was a statistically significant difference between the group with visual acuity below 0.1 and that above 0.1 ($p<0.01$). The incidence of α wave was higher ($p<0.05$) in the group with better visual acuity, i.e. more than 0.1, than that with poor visual acuity. 3) The results were analyzed according to age (i.e. below 50, 6th, 7th, and 8th decade). Aging was found to cause an increase in the incidence of β_1 appearance, and there was a statistically significant difference between the incidence in the 6th and the 8th decade groups ($p<0.05$). However, there was no statistically significant difference the incidence of α waves, although the incidence tended to decrease with aging. 4) β_1 wave incidence tended to be higher with longer periods of illness, and there was a statistically significant difference between the wave incidence in the group of case suffering from glaucoma for less than 3years and that for the group suffering for more than 9years ($p<0.05$). On the Contrary, the α wave tended to appear less, but this difference was not statistically significant. 5) There was no difference between right and left side O_1 and O_2 values in any of the patients examined. In addition, no abnormal brain potential peak was observed during any electroencephalography recording. As was described above, glaucoma was studied from different aspects using the clinical electroencephalogram. Electroencephalographic studies of glaucoma are scarce, and therefore it is thought that the present results may be valuable in further glaucoma studies. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91 : 722—732, 1987)

Key words : Glaucoma, Electroencephalography

I 緒 言

緑内障は永続的視野障害を示す疾患であるので、正常人と比較して常に視覚性インパルスの低下した状態におかれていることは想像できる。この状態が長期間持続すれば脳波上何らかの変化が起こるのではないかと考え、前回¹⁾緑内障患者20例の脳波を記録し、パワースペクトルを用いて周波数分析したところ、正常人と比較して明らかな相違点を見出した。つまり、 β_1 波(13~20Hz)が正常対照群と比較して有意に高値で、 α 波(8~13Hz)の減少傾向、並びに α -attenuationが不良であることを報告した。この結果は、緑内障と脳波との関連をみた2~3の論文^{2)~5)}でみられる low voltage fast activity という特徴と一致していた。これら β 波の増加はいかなる原因で起こるのか推論の域を出ないが、緑内障という疾患が中枢神経系に何らかの影響を与え、脳波上特徴的变化を起こすことは確かなようである。

慢性緑内障の病期分類の指標として、眼圧値、視力、トノグラフィーのC値、視野などが考えられるが、現在のところ湖崎の視野による病期分類が繁用されている。湖崎分類⁶⁾では、緑内障性視野変化の程度に基づいて6期に大別されており、病期の悪化は視野変化の進行を示している。緑内障患者の脳波とりわけ α 波や β_1

波が、緑内障病期とどのような関連があるか興味のあるところである。しかし、緑内障病期と脳波との関連をみた報告は全くみあたらない。さらに、緑内障患者の視力や年齢、罹患期間の長短が脳波に与える影響について、脳波の周波数分析を用いて検討した研究は全くない。

今回、以上の観点より、緑内障脳波を自動周波数分析し定量化を行ない、緑内障患者の病期別、視力別、年齢別、罹病期間別に検討したところ興味ある結果を得た。以上のように、電気生理学的手段である臨床脳波を用いて、緑内障を多角的に検討したので若干の考察を加え、ここに報告する。

II 実験方法

1. 対象

富山医科薬科大学附属病院眼科にて治療中の緑内障患者52例を対象とした。対象の性別年齢構成分布を表1に示す。男性24例女性28例で、症例の年齢分布は17歳から79歳までの平均60.6歳であった。これらの症例に脳の器質的病変のないことを確認した。緑内障の種類は、原発性開放隅角緑内障が30例で最も多く、原発性閉塞隅角緑内障9例、低眼圧緑内障3例、続発性緑内障10例の合計52症例であった。

緑内障視野の程度は、湖崎の分類⁶⁾に従った。2眼の

表1 緑内障患者の性別年齢構成分布

性別 年齢	男	女	計
10～19歳	2		2
20～29			
30～39	2		2
40～49	2	1	3
50～59	3	8	11
60～69	12	12	24
70～79	3	7	10
計	24	28	52

表2 周波数帯域の記号と周波数

周波数帯域	周波数
δ_2	1～2 Hz
δ_1	2～4
θ	4～8
α	8～13
β_1	13～20
β_2	20～30

うち不良眼の病期によりⅠ～Ⅱ期（湖崎分類Ⅰa, Ⅰb, Ⅱa, Ⅱb）, Ⅲ期（同Ⅲa, Ⅲb）, Ⅳ期（同Ⅳ）, Ⅴ～Ⅵ期（同Ⅴa, Ⅴb, Ⅵ）の4期に対象を分類した。各期の症例数は、Ⅰ～Ⅱ期16例, Ⅲ期16例, Ⅳ期10例, Ⅴ～Ⅵ期10例であった。

2. 脳波記録装置および分析装置

脳波記録装置は、日本光電製多用途脳波計 EEG-4117X を使用し、自動周波数分析装置として日本光電製データ処理装置システム ATAC-2300を用いた。今回の研究では、1Hz から30Hz の周波数についてのみ分析し、坂本ら⁷⁾の用いた6つの帯域に分類した（表2）。また、30Hz 以上の周波数については除外した。

3. 電極と装着部位

電極は、純銀製で直径11mm の脳波用皿電極を用いた。電極を装着しようとする頭皮上をアルコール綿で清拭し、脂肪分を除去した後、電極に電極糊をつけて頭皮に接着固定した。

電極の配置は、国際脳波学会連合標準電極配置法⁸⁾（ten twenty electrode system）を用いた（図1）。こ

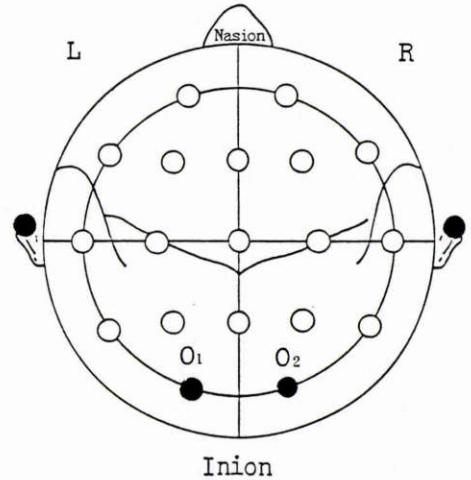


図1 電極の装着部位

の研究では、 α 波が優勢に出現し、かつ視覚領野のある後頭部（ O_1 , O_2 ）に電極を配置した。左右両耳垂を不関電極とする単極誘導にて、 O_1 , O_2 からの脳波を記録した。

4. 記録方法

午前10時から午前12時の時間帯に脳波検査を施行した。被験者を shield room のベッド上に仰臥位をとらせ、閉瞼安静の状態を十分にとらせてから安静閉瞼時脳波記録を開始した。

安静閉瞼時における脳波を任意部分で10秒間をまず記録・分析し、引続き任意の10秒間の脳波加算を行う。同様のことを任意の部分で5回施行する。つまり、安静閉瞼時において不連続的に50秒間の脳波について記録・分析を施行した。なおこの間、脳波を十分に観察しながら、筋電図などの artifact が混入した場合には、その間の分析を中止し、再度50秒間について分析を施行した。分析時間内の脳波への artifact の混入防止には極力努力した。

5. 分析方法

安静閉瞼時脳波を脳波計で記録すると同時に、自動周波数分析装置を用いてFFT法（Fast Fourier transform）によりパワースペクトルを求めた。パワースペクトル（ $P(\omega)$ ）とは、信号（脳波）の統計的特性を周波数領域で表わすものであり、つぎのように定義される⁹⁾。

$$P(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} |X_T(\omega)|^2$$

（ T ：時間, $X_T(\omega)$ ：有限継続信号のフーリエ変換）

この原理より得られたパワースペクトルの全エネルギー量と帯域別エネルギー量を算出し、帯域パワー構成比を求めた。

$$\text{帯域パワー構成比(\%)} = \frac{\text{帯域エネルギー量}}{\text{全エネルギー量}} \times 100$$

III 結 果

1. 各病期における症例の脳波

代表的な症例を示す。

1) I~II 期 (図2)

症例は75歳、女性。原発性開放隅角緑内障で、矯正視力右1.0、左1.0、視野は湖崎分類で右Ib、左Ib。罹病期間は1年9カ月。本症例の脳波を図2に示す。各帯域別のパワー構成比は、 $O_1 \cdot O_2$ それぞれ δ_2 波17.2%・19.7%、 δ_1 波10.5%・10.6%、 θ 波18.5%・17.0%、 α 波41.5%・40.9%、 β_1 波8.0%・7.2%、 β_2 波4.3%・4.6%であった。

2) III 期 (図3)

症例は77歳、男性。原発性開放隅角緑内障で、視力

右0.04 (0.1)、左0.1 (0.3)、視野は右IIIa、左IIIb。罹病期間は6年。本症例の脳波を図3に示す。各帯域のパワー構成比は、 $O_1 \cdot O_2$ それぞれ δ_2 波22.1%・21.2%、 δ_1 波8.9%・8.0%、 θ 波14.6%・15.9%、 α 波39.0%・38.8%、 β_1 波11.5%・12.1%、 β_2 波3.9%・4.0%であった。

3) IV 期 (図4)

症例は77歳、男性。続発性緑内障で、視力右0.01 (0.05)、左0.04 (0.8)、視野は右IV、左IIb。罹病期間は13年。本症例の脳波を図4に示す。各帯域のパワー構成比は、 $O_1 \cdot O_2$ それぞれ δ_2 波20.7%・18.0%、 δ_1 波13.6%・12.9%、 θ 波10.5%・15.9%、 α 波34.6%・33.9%、 β_1 波12.7%・12.1%、 β_2 波7.9%・7.2%であった。

4) V~VI 期 (図5)

症例は76歳、女性。原発性開放隅角緑内障で、視力右0.01 (0.05)、左0。視野は右Va、左VI。罹病期間は約30年。本症例の脳波を図5に示す。各帯域のパワー構成比は、 $O_1 \cdot O_2$ それぞれ δ_2 波20.3%・18.8%、 δ_1 波

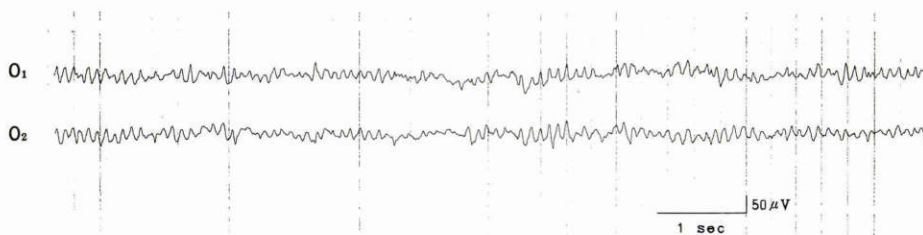


図2 <I~II期>F.I. 75歳 F.

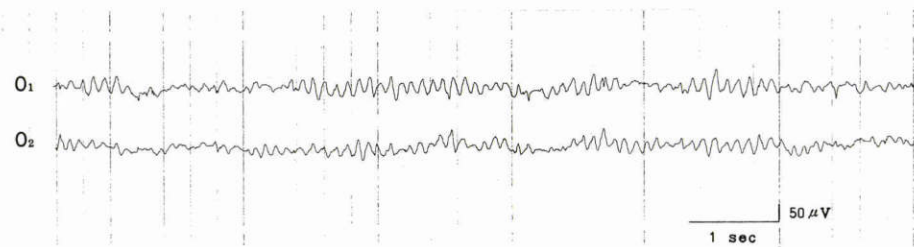


図3 <III期>M.Y. 77歳 M.

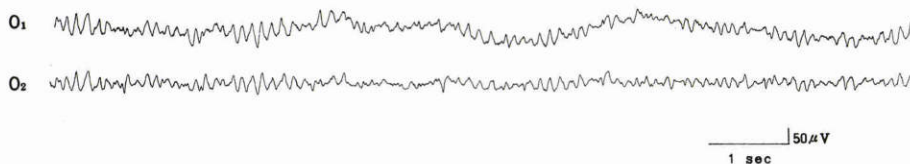


図4 <IV期>M.O. 77歳 M.

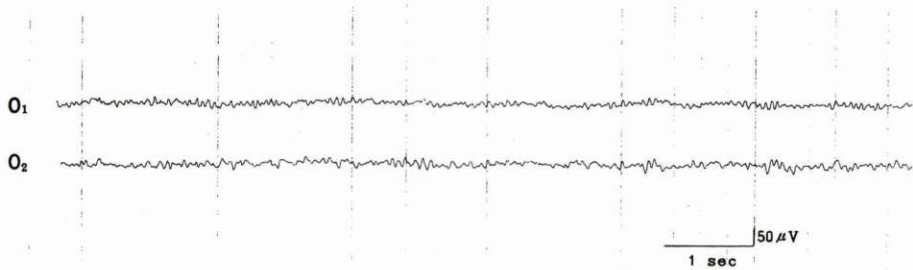


図5 <V~VI期>H.A. 76歳F.

表3 O₁における病期別各周波数帯域パワー構成比

(単位: %)

部位別周波数帯域 病期	O ₁					
	δ_2	δ_1	θ	α	β_1	β_2
I ~ II 期	20.0 ± 2.33	12.2 ± 1.99	16.4 ± 2.37	38.5 ± 4.24	7.59 ± 1.16	4.88 ± 1.01
III 期	20.6 ± 2.85	11.4 ± 1.99	14.3 ± 1.84	38.1 ± 4.14	9.95 ± 1.34	5.53 ± 1.56
IV 期	21.0 ± 2.74	10.7 ± 2.05	13.7 ± 3.44	35.5 ± 3.24	12.7 ± 1.48	6.27 ± 1.35
V ~ VI 期	20.2 ± 2.99	10.7 ± 1.90	13.3 ± 1.68	33.5 ± 3.99	15.7 ± 1.43	6.68 ± 1.82

表4 O₂における病期別周波数帯域パワー構成比

(単位: %)

部位別周波数帯域 病期	O ₂					
	δ_2	δ_1	θ	α	β_1	β_2
I ~ II 期	20.4 ± 2.80	11.7 ± 2.10	16.7 ± 2.22	38.4 ± 4.23	7.89 ± 0.93	4.89 ± 1.31
III 期	20.2 ± 2.39	11.3 ± 1.95	14.4 ± 2.87	38.1 ± 3.22	10.3 ± 1.40	5.78 ± 1.30
IV 期	20.0 ± 1.70	10.6 ± 1.81	15.3 ± 2.26	34.6 ± 2.86	13.1 ± 1.61	6.42 ± 1.41
V ~ VI 期	19.7 ± 2.46	11.3 ± 1.99	13.6 ± 1.53	33.0 ± 3.20	15.7 ± 1.55	6.70 ± 1.60

11.9%・12.1%, θ 波13.4%・12.9%, α 波29.3%・32.2%, β_1 波17.8%・16.9%, β_2 波7.3%・7.1%であった。

2. 病期別・各帯域パワー構成比 (表3, 4)

1) δ_2 帯域 (1~2Hz)

O₁の病期別 δ_2 パワー構成比は, I~II 期20.0 ± 2.33% (平均 ± 標準偏差), III 期20.6 ± 2.85%, IV 期21.0 ± 2.74%, V~VI 期20.2 ± 2.99%であり, 各病期間で有意差はなく病期の進行に伴う変化は全く認められなかった。

O₂の病期別 δ_2 パワー構成比は, I~II 期20.4 ± 2.80%, III 期20.2 ± 2.39%, IV 期20.0 ± 1.70%, V~VI 期19.7 ± 2.46%で, O₁と同様各病期間で有意差は全く

認めなかった。

また, δ_2 パワー構成比の各病期における左右差 (O₁, O₂) は認めなかった。

2) δ_1 波帯域 (2~4Hz)

δ_1 波パワー構成比の占める割合は, δ_2 パワー構成比に比較すると少ない。O₁の病期別 δ_1 パワー構成比は, I~II 期12.2 ± 1.99%, III 期11.4 ± 1.99%, IV 期10.7 ± 2.05%, V~VI 期10.7 ± 1.90%であった。各病期間には有意差は認めなかった。

O₂の病期別 δ_1 パワー構成比は, I~II 期11.7 ± 2.10%, III 期11.3 ± 1.95%, IV 期10.6 ± 1.81%, V~VI 期11.3 ± 1.99%であった。各病期間には有意差はなく, また δ_1 パワー構成比の左右差も認めなかった。

3) θ 帯域 (4~8Hz)

O_1 の病期別 θ パワー構成比は、I~II期 $16.4 \pm 2.37\%$ 、III期 $14.3 \pm 1.84\%$ 、IV期 $13.7 \pm 3.44\%$ 、V~VI期 $13.3 \pm 1.68\%$ であった。進行病期になるに伴って θ パワー構成比は小さくなり、I~II期とIII期、I~II期とIV期の間に有意を認めた($p < 0.05$, t検定)。さらにI~II期とV~VI期に有意差を認めた($p < 0.01$)。

O_2 の病期別 θ パワー構成比は、I~II期 $16.7 \pm 2.22\%$ 、III期 $14.4 \pm 2.87\%$ 、IV期 $15.3 \pm 2.26\%$ 、V~VI期 $13.6 \pm 1.53\%$ で、 O_1 と異なり、病期と共に小さくならず、IV期がIII期より大きな値となっている。I~II期とIII期($p < 0.05$)、I~II期とV~VI期($p < 0.01$)のそれぞれの病期間で有意差を認めた。その他の病期間には有意差はなかった。また、 θ パワー構成比の各病期での左右差は認めなかった。

4) α 帯域 (8~13Hz) (図6)

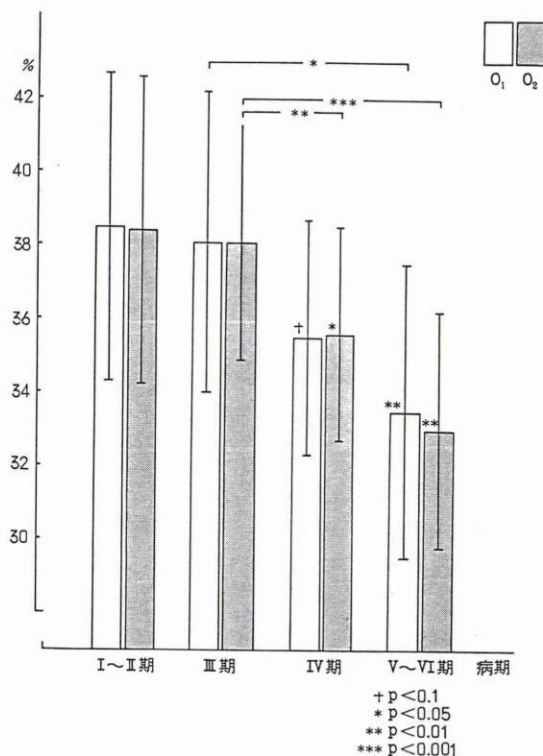
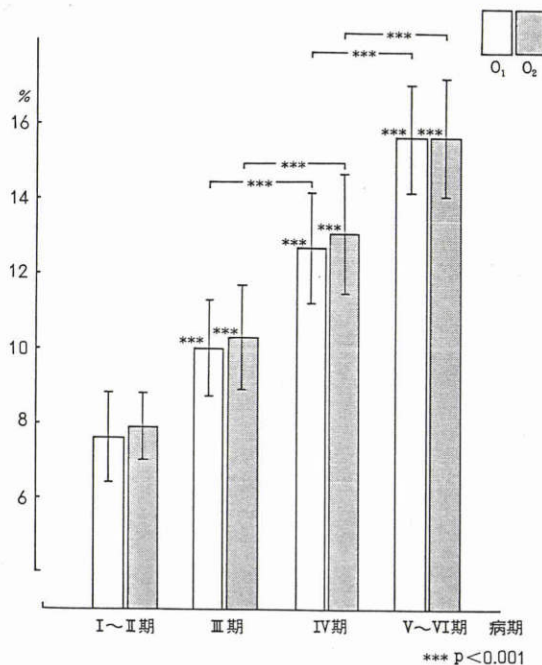
O_1 の病期別 α パワー構成比は、病期が進むに従い減少傾向があり、I~II期 $38.5 \pm 4.24\%$ 、III期 $38.1 \pm 4.14\%$ 、IV期 $35.5 \pm 3.24\%$ 、V~VI期 $33.5 \pm 3.99\%$ であった。I~II期とIV期に有意差傾向があり($p < 0.1$)、I~II期とV~VI期には有意差を認めた($p < 0.01$)。また、III期とV~VI期間の間にも有意差を認めた($p < 0.05$)。

O_2 の病期別 α パワー構成比も O_1 と同様の傾向がみられた。I~II期 $38.4 \pm 4.23\%$ 、III期 $38.1 \pm 3.22\%$ 、IV期 $34.6 \pm 2.88\%$ 、V~VI期 $33.0 \pm 3.20\%$ と病期の進行に伴ない減少する傾向がある。I~II期とIV期、I~II期とV~VI期の間には危険率がそれぞれ $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ で有意差を認めた。また、III期とIV期、III期とV~VI期の間にもそれぞれ $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ で有意差を認めた。また、各病期 α パワー構成比の左右差はなかった。

5) β_1 帯域 (13~20Hz) (図7)

O_1 の病期別 β_1 パワー構成比は、病期の進行に伴ない増加傾向を示している。I~II期 $7.59 \pm 1.16\%$ 、III期 $9.95 \pm 1.34\%$ 、IV期 $12.7 \pm 1.48\%$ 、V~VI期 $15.7 \pm 1.43\%$ であった。I~II期とIII期、III期とIV期、IV期とV~VI期の隣接する各病期間で有意差を認めた($p < 0.001$)。

O_2 の病期別 β_1 パワー構成比も O_1 と同様に、病期に伴ない増加傾向を認める。I~II期 $7.89 \pm 0.93\%$ 、III期 $10.3 \pm 1.40\%$ 、IV期 $13.1 \pm 1.61\%$ 、V~VI期 $15.7 \pm 1.55\%$ であり、隣接する病期間で有意差を認めた($p < 0.001$)。また O_1 、 O_2 には左右差はなかった。

図6 病期別・ α 帯域パワー構成比図7 病期別・ β_1 帯域パワー構成比

6) β_2 帯域 (20~30Hz)

O_1 の病期別 β_2 パワー構成比も β_1 パワー構成比と同様に病期の進行に伴ない増加傾向を示している。I~II期 $4.88 \pm 1.01\%$ 、III期 $5.53 \pm 1.56\%$ 、IV期 $6.27 \pm 1.35\%$ 、V~VI期 $6.68 \pm 1.82\%$ で、I~II期とIV期、I~II期とV~VI期の間に有意差を認めた ($p < 0.01$)。

O_2 の病期別 β_2 パワー構成比も O_1 と同様で増加傾向を示した。I~II期 $4.89 \pm 1.31\%$ 、III期 $5.78 \pm 1.30\%$ 、IV期 $6.42 \pm 1.41\%$ 、V~VI期 $6.70 \pm 1.60\%$ で、I~II期とIV期、I~II期とV~VI期間にそれぞれ危険率0.05、0.01で有意差を認めた。また、I~II期とIII期の間に統計学的有意差傾向があった ($p < 0.1$)。

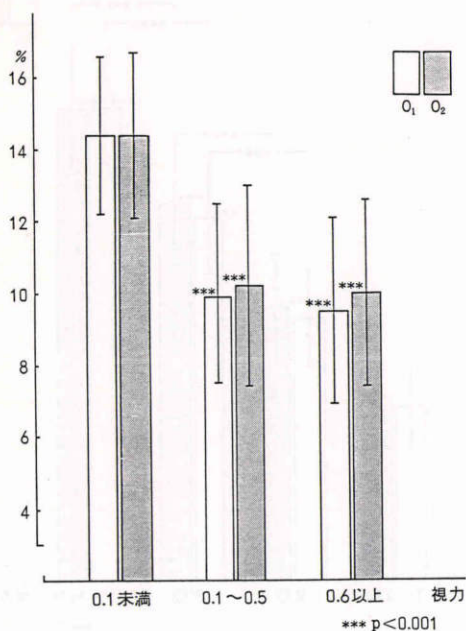
病期別の β_2 構成比においても O_1 、 O_2 の左右差は認めなかった。

3. 視力と $\beta_1 \cdot \alpha$ 帯域パワー構成比の関連

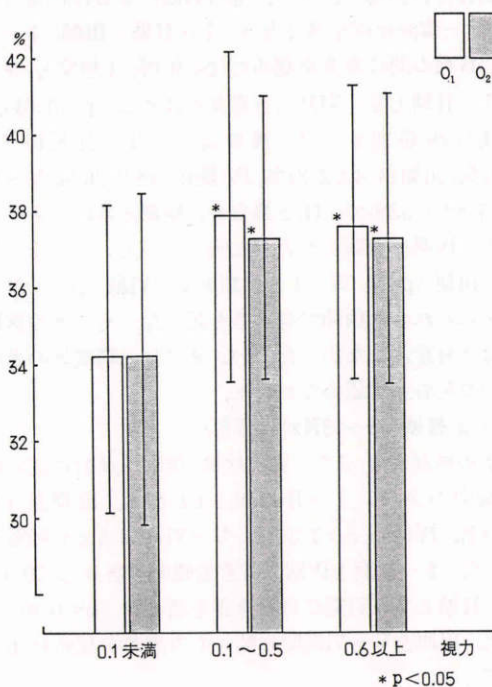
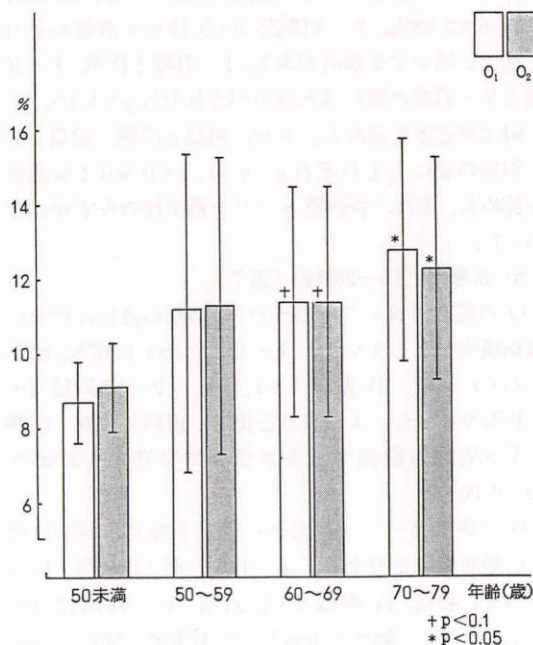
各症例の視力のうち不良眼を指標にして、0.1未満、0.1から0.5、0.6以上の3群に分類した。各群の構成は、それぞれ13例、17例、22例であった。

1) β_1 帯域パワー構成比 (図8)

O_1 、 O_2 共に視力0.1未満の群は、14.4%と比較的高い値を示しているが、他の2群は10%前後と低値である。視力0.1未満の群と、視力0.1~0.5の群・0.6以上の群との間には明らかな有意差を認めた ($p < 0.001$)。しかし、 $O_1 \cdot O_2$ のそれぞれの視力0.1~0.5の群と視力0.6以

図8 視力別・ β_1 帯域パワー構成比

上の群の間には有意差はなかった。また、3群の左右差についても統計学的有意差は認めなかった。

2) α 帯域パワー構成比 (図9)図9 視力別・ α 帯域パワー構成比図10 年齢別・ β_1 帯域パワー構成比

視力0.1未満の群の O_1 では $34.2 \pm 4.1\%$ 、 O_2 では $34.2 \pm 4.4\%$ であるのに対し、視力0.1~0.5・0.6以上の群は O_1 、 O_2 共に37%台の値となっており、図9に示す如く有意差を認めた。 O_1 、 O_2 共に視力0.1~0.5の群は、視力0.6以上の群と比較して占める割合は軽度であるが大きくなっている。この両群間には有意差は認めなかった。また、各群の O_1 および O_2 での左右差は β_1 帯域と同様に認めなかった。

4. 年齢と $\beta_1 \cdot \alpha$ 帯域パワー構成比の関連

年齢によって、50歳未満7例、50歳代11例、60歳代24例、70歳代10例の4群に分類して各群間の β_1 、 α 、 θ 帯域パワー構成比を比較検討した。

1) β_1 帯域パワー構成比 (図10)

$O_1 \cdot O_2$ 共に、加齢に伴って β_1 帯域パワー構成比は上昇する傾向がある。50歳未満の群の O_1 、 O_2 は、それぞれ $8.7 \pm 1.1\%$ 、 $9.1 \pm 1.2\%$ であり、60歳代のそれは、 $11.4 \pm 3.1\%$ 、 $11.4 \pm 3.1\%$ であり、有意差傾向を示した。70歳代の O_1 、 O_2 はそれぞれ $12.8 \pm 3.0\%$ 、 $12.3 \pm 3.0\%$ であり、50歳未満の群の O_1 及び O_2 それぞれと比較すると明らかな有意差を認めた ($p < 0.05$)。また、各群間での左右差はなかった。

2) α 帯域パワー構成比

β_1 帯域パワー構成比と異なり、加齢による一定の傾向は認めなかった。50歳未満の平均値は37%台、60歳代になると36%前後と低下し、60歳代には37%と増加、しかし70歳代になると34%と低値を示した。 O_1 、 O_2 に50歳未満の群と他の3群間には統計学的有意差はなかった。しかし、 O_1 における60歳代と70歳代の各群間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。また、各群での O_1 と O_2 の間には有意差はなかった。

3) θ 帯域パワー構成比

$O_1 \cdot O_2$ の θ 帯域パワー構成比は、50歳未満群で $15.5 \pm 2.14\%$ ・ $14.6 \pm 3.94\%$ 、50歳代で $15.0 \pm 2.66\%$ ・ $15.2 \pm 2.29\%$ 、60歳代で $14.0 \pm 2.19\%$ ・ $15.0 \pm 2.46\%$ 、70歳代で $15.4 \pm 3.46\%$ ・ $16.4 \pm 2.34\%$ であり、各群間に有意差はなく加齢による徐波化は明瞭には認められなかった。

5. 罹病期間と帯域パワー構成比の関連

対象の罹病期間を3年未満、3年以上6年未満、6年以上9年未満、9年以上の4群に分類した。それぞれの群の内訳は12例、9例、11例、10例であった。今回、罹病期間不明の1例と急性閉塞隅角緑内障の9例は除外した。

1) β_1 帯域パワー構成比 (図11)

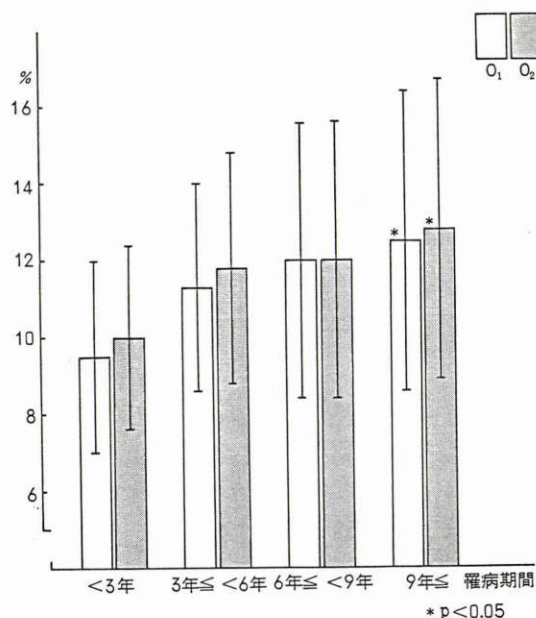


図11 罹病期間別・ β_1 帯域パワー構成比

O_1 、 O_2 共に罹病期間が長くなるに従って、 β_1 帯域パワー構成比は増加傾向を示した。3年未満の群の O_1 、 O_2 のパワー構成比はそれぞれ $9.6 \pm 2.5\%$ 、 $10.0 \pm 2.4\%$ であったが、9年以上のパワー構成比はそれぞれ $12.5 \pm 3.9\%$ 、 $12.8 \pm 3.9\%$ で、この両群間には有意差を認めた。他には有意差はなかった。また、各群の O_1 、 O_2 における左右差は認めなかった。

2) α 帯域パワー構成比

β_1 帯域とは逆に、罹病期間に反比例して α 帯域パワー構成比は、減少傾向を示している。しかし、各群間には統計学的有意差は全く認めなかった。また、各群の O_1 と O_2 の左右差はなかった。

6. 突発性異常波の有無

緑内障52症例の脳波記録中には、突発性異常波は全く認められなかった。

IV 考 按

1. 病期別の緑内障の特徴

正常対照群と比較した緑内障の特徴は、 β_1 波の有意な増加と α 波の減少傾向であった。その β_1 波並びに α 波に注目して病期別に検討すると、 β_1 波は病期が進むにつれてパワー構成比の明らかな増加を示し、各病期間に有意差を認めた。また、 α 波はI~II期とIII期では明瞭な変化はないが、病期の進行に伴って減少傾向を示し、I~II期とIV期及びV~VI期、III期とIV期及

びV～VI期との間に有意差がみられた。さらに、病期と共に β_2 波は増加傾向を認め、 θ 波は逆に減少傾向を示した。以上の結果は、緑内障病期別の脳波上の特徴と考えられる。

脳波を緑内障病期別に検討するということは、換言すれば、視野の広狭による脳波の変化をみたことになる。湖崎分類⁶⁾のI, II期は内部イソプターの沈下のみで周辺部に変化のない状態、III期はI, II期に加えてnasal stepで代表されるように周辺部からの視野狭窄、IV期はIII期よりさらに狭窄の強い状態、V, VI期になると固視部のみの視野が周辺部視野のみ、あるいは視野なしの状態である。このように病期の進行は、視野の範囲の狭小化を示している。病期別で著明な変化のある β_2 波の増加と α 波の減少という脳波上の変化の原因として、視野の狭小化による中枢神経系に対する視覚性インパルスの低下が推測される。

2. 視力別の緑内障脳波の特徴

視力によって、視力0.1未満、0.1から0.5、0.6以上の3群に分類して β_2 波、 α 波の変化を検討した。両波共に視力0.1未満群と他の2群間には有意差を認め、視力0.1～0.5群と0.6以上の群には統計学的な差はなかった。視力0.1未満群で β_2 波は14%台と増加し、 α 波の減少という結果が得られた。その原因として、この群を構成する13例のうち9例が病期別のV～VI期の症例が含まれ、IV期が3例、III期が1例と末期緑内障が比較的多いことが挙げられる。また、視力0.1～0.5群と視力0.6以上の群の β_2 波と α 波には全く差はなく、 α 波についてみた場合には視力0.1～0.5群が平均値で視力0.6以上群より逆に高値を占めていた。つまり、0.1以上の視力を有する緑内障患者の脳波には、0.1未満に認められるような特徴的な変化はなかった。

緑内障が視力に影響を与えるのは、湖崎分類V期以上の場合であり、V期以上になると固視部視野にも影響がおよび視力低下を来すが、I期からIV期までは視力にはあまり影響を与えないとされている¹⁰⁾。視力別に脳波をみた場合、視力0.1を境にして脳波の変化が著しい。つまり、視力不良群(0.1未満群)が視力の比較的良好な他の2群と比較して脳波上変化があるということは、固視部機能の有無が脳波に強く影響を与えることを示唆しているのではないかとと思われる。

3. 年齢別の緑内障脳波の特徴

加齢とともに β_2 波は増加し、50歳未満の群と70歳代の群には有意差を認め、60歳代の群とは有意差傾向を示した。 α 波は、加齢による一定の傾向はないが、50

歳未満の群の平均値は50歳以上の他の3群の平均値より大きな値を示している。また、徐波である θ 波では加齢による変化は全くなく、徐波化傾向は認めなかった。

一般に加齢、老齢化に伴う脳波の変化として、i) α 波のslow化、ii) 徐波化成分の増加、iii) α -blockingの消失、iv) α 波の広汎化(diffuse α)などがあげられる¹¹⁾¹²⁾。さらに、原田ら¹³⁾は速波成分が40歳代より増加傾向を示し、60～70歳代に最大となるという結果より、速波成分の増加は加齢と無関係ではないと述べている。今回の年齢と共に β_2 波が増加傾向を示した一因として、脳の加齢現象の関与が考えられる。また、病期別に60歳代と70歳代の占める割合は、IV期80%・V～VI期70%と高率である。緑内障という疾患は慢性経過をたどるために加齢と共に病期の悪化を引き起こす可能性を示している。つまり、年齢とともに β_2 波の増加を示す他の要因として、先に病期別の脳波所見を述べたように、緑内障そのものの進行の関与が考えられる。

4. 罹病期間別の緑内障脳波の特徴

罹病期間が長くなるにつれて、 β_2 波は増加傾向を示した。3年未満群と9年以上群には、 O_1 , O_2 とともに有意差を認めた。 α 波には、統計学的な差はないが罹病期間とともに減少傾向を認めた。

V～VI期の症例10例のうち、罹病期間が9年以上の症例は6例あり、10年から30年の幅があり、平均罹病期間は11.6年であった。罹病期間の長い群には緑内障進行例の多いことが原因であろう。緑内障の視野は、一般的に悪化することはあっても改善することはないとされている。つまり、緑内障特有の視野障害が存在した場合、その状態あるいはそれ以下の視野狭窄が継続することになる。中摩¹⁴⁾の盲人脳波の研究では、盲人は対照群として α 帯域の低下並びに速波帯の高値という結果を得ている。そして、盲人の永続的なvisual deafferentationが原因であると結論し、視覚的なインパルスと脳波の発生機序に密接な関係を考察している。中摩の対象者48例中、視力0.04の1例を含め20例が不完全失明者であった。緑内障の視野障害と盲とは本質的には異なるだろうが、盲人脳波でみられるように、緑内障で視覚的インパルスが永続的に低下することは、脳波発生機序に何らかの関連を与える可能性がある。今回の罹病期間の長短によって脳波上変化が認められたことは、緑内障においても脳波の発生機序に関連深いことを示唆するものと考えられる。

5. 緑内障と脳波の関係について

緑内障患者に脳波上特徴的变化の起こることは、従来より報告されている。平沼ら²⁾は、原発性緑内障10例に共通して振幅の小さい速波、いわゆる low voltage fast activity を認めている。原発性緑内障47例の脳波検査を行なった小口ら³⁾は、9~10Hzの α 波が優勢で、光刺激に対する反応性が乏しく、過呼吸で速波化を示すという特徴を報告している。また、開放隅角性と閉塞隅角性の2種の緑内障には差異は見い出せないとしている。Krejciら⁴⁾は、原発性緑内障125例の脳波を記録し、緑内障初期群の68%に β 波が優勢で、進行群で加えて α 波の抑制と θ 波や δ 波の増加を認めている。Duke-Elder⁵⁾によると、すべての種類の緑内障で α 波の減少と β 波の増加がみられるという。以上、緑内障患者の脳波の報告例に共通しているのは、 β 波(速波)の増加と α 波の減少である。この共通点は、前回の正常対照群と比較した結果と一致しており、緑内障と脳波上変化とは密接な関係があると考えられる。

緑内障は慢性経過を示し、視野が悪化することはあっても改善は望めない疾患であり、この疾患のもつ特異性と脳波との関連について興味深いところである。緑内障の視野変化のある眼は正常人と比較して視覚性インパルスの低下は想像でき、その変化が中枢神経系に何らかの影響を与えることは推察できる。そのため今回の研究では、緑内障脳波に特徴的である α 波と β 波に的を絞り、病期別、視力別、年齢別、罹病期間別に分類して多角的に緑内障脳波を検討したわけである。その結果、緑内障において、視野範囲が狭いこと、固視部機能がないこと、高齢であること、罹病期間が長いことが脳波ことに α 波や β 波に影響を与えることを示すことができた。端的に言えば、視機能障害が強い程、さらに罹病期間が長い程脳波変化は起きやすいこととなる。この脳波上の変化は、脳波の発生機構に関連しているものと思われる。脳波の発生機構、特に α 波の形成に関して Andersenら¹⁵⁾の視床の紡錘波活動説が有力である。さらに、 α 波の周期や電位差には一次感覚路以外に脳幹網様体が密接に関与していることが知られている。Jasper¹⁶⁾は、動物を用いた実験で、photic drivingは一次感覚路からのインパルスが脳幹網様体から視床中継核を経て皮質活動に影響する結果として起こると考えている。また、Moruzziら¹⁷⁾、Lindsleyら¹⁸⁾¹⁹⁾は、脳幹網様体の皮質波に与える影響について報告しており、いずれも脳幹網様体は意識水準に関与すると共に脳波の賦活、抑制に密接に

関係していることを証明している。この点からすると、今回の視機能障害の強い緑内障患者で α 波の減少と β 波の増加を認めた一因として、慢性的な視覚性インパルスの低下が一次感覚路を経て脳幹網様体に影響した結果でないかと思われる。

一般的に、脳波施行時の精神活動や外界に対する注意が脳波に影響すると言われている。今回の研究において、患者の意識状態、心理的事象が脳波に影響を与えている可能性は否定しえない。特に、緑内障患者は精神医学的にみて、心気性、不安強迫傾向、気分易変性などの性格傾向を指摘されている²⁾²⁰⁾。臨床的に速波の意味づけは十分に確立されていないが、脳に器質的病変のない緑内障患者に β 波が増加していたのは、視機能障害という状態に加えて性格的背景も考慮すべきであろう。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました窪田靖夫教授に深謝いたします。

本論文の要旨は、第91回日本眼科学会総会(京都、1987)で発表した。

文 献

- 1) 田中良則：緑内障患者の臨床脳波学的研究。眼紀 37: 125—134, 1986.
- 2) 平沼 博, 根岸達夫, 三ツ井金吾：原発性緑内障の精神医学的考察。臨眼 14: 1820—1827, 1960.
- 3) 小口 徹, 大野新治, 大久保修一他：原発性緑内障の脳波。臨床脳波 21: 393—394, 1979.
- 4) Krejci L, Krejcova H: Correlation of pathological cochleovestibular, optokinetic and electroencephalographic findings in patients with glaucoma. Ann Ophthalmol 12: 502—512, 1980.
- 5) Duke-Elder S: System of ophthalmology XI. London, Henry Kimpton, 482—483, 1976.
- 6) 湖崎 弘：緑内障視野の進行形式。三島済一, 塚原勇, 植村恭夫, 眼科 Mook 9, 緑内障の診療, 東京, 金原出版, 65—89, 1979.
- 7) 坂本捷房, 高木末夫：脳波の分析とその応用。東京, 医学書院, 203—222, 1957.
- 8) 大熊輝雄：臨床脳波学。東京, 医学書院, 34—38, 1979.
- 9) 井上 健：脳波。京都, 金芳堂, 214—218, 255—261, 1983.
- 10) 湖崎 弘, 井上康子：視野による慢性緑内障の病期分類。日眼 76: 1258—1268, 1972.
- 11) 亀山正邦：神経と精神の老化。東京, 医学書院, 74—88, 1976.
- 12) 長谷川和夫, 佐々木三男：老年精神医学。東京, 医学書院, 182—197, 1971.
- 13) 原田正純, 鹿子木敏範, 宮崎美代子：加齢が脳波に

- 及ぼす影響の研究. 体質医研報 32: 27—39, 1982.
- 14) 中摩昭二: 盲人脳波の帯域周波数分析的研究. 鹿児島大学医学雑誌 12: 1888—1923, 1960.
- 15) Andersen P, Sears TA: The role of inhibition in the prasing of spontaneous thalamo-cortical discharges. *J Physiol* 173: 459—480, 1964.
- 16) Jasper H: Diffuse projection system: The integrative action of the thalamic reticular system. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1: 405—420, 1949.
- 17) Moruzzi G, Magoun HW: Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroenceph. Clin Neurophysiol* 1: 455—473, 1949.
- 18) Lindsley DB, Bowden JW, Magoun HW: Effect upon the EEG of acute injury to the brain stem activating system. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1: 475—486, 1949.
- 19) Lindsley DB, Schreiner LH, Knowles WB, et al: Behavioral and EEG changes following chronic brain stem lesions in the cat. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 2: 483—498, 1950.
- 20) Ripley HS, Wolff GH: Life situations, emotions, and glaucoma. *Psychosom Med* 12: 215—224, 1950.
-