

先天眼振の波形因子に関する研究 (図2, 表3)

目沢美佳子・鶴飼 一彦 (北里大学医学部眼科学教室)
山田 徹人・石川 哲

Quantitative Indices of Congenital Nystagmus:
Characteristics and Their Relations

Mikako Mezawa, Kazuhiko Ukai, Tetsuto Yamada
and Satoshi Ishikawa

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University

要 約

先天眼振患者12例 (jerk型8例, pendular型4例) の眼球運動を赤外線眼底テレビカメラを用いて眼底の映像から分析した。分析因子として、振幅、頻数、強さ、平均及び最大緩徐相速度、foveation time、眼位の空間的分布の時間的割合を示すヒストグラムの最頻値の占める割合を求めた。これら因子について、その特徴及び因子間の相関、各因子と対数視力との相関について分析を試みた。その結果、foveation timeとヒストグラム最頻値の割合、強さと振幅、平均緩徐相速度と強さなどが高い相関にあった。強さと振幅は、対数視力以外のすべての因子と有意な相関が認められた。眼振の強さまたは振幅は眼振の定量的指標として利用されているが、本因子は手術やバイオフィードバック治療の効果判定や静止位の決定などに使用できることが今回の眼底の映像分析から明らかになった。さらに対数視力と最も高い相関を示したのは、foveation timeであった。Foveation timeとヒストグラム最頻値の割合とは高い相関を示した。これらの結果から、臨床的には高感度のDC-EOGを用いれば測定が可能なヒストグラム最頻値の割合が十分にfoveation timeを反映し、今後眼振と視力の関係を解析して行く上で有用と思われる。(日眼 91:1008-1014, 1987)

キーワード：先天眼振, 波形, 因子, 相関

Abstract

Twelve cases of congenital nystagmus (8 jerky and 4 pendular type) were studied by an infrared television fundus camera. The patients were requested to watch the fixation target which was set inside the camera. The projected target on the retina and the fundus picture, including the papilla, macula and the fovea were monitored and recorded on videotape. Video pictures were analyzed by the method described previously. The following eight indices were analyzed; 1. amplitude, 2. frequency, 3. intensity, 4. mean slow phase velocity, 5. maximum slow phase velocity, 6. foveation time, 7. the maximum rate of the histogram indicating the rate of duration in each spatial position of the eye, and 8. log visual acuity. Correlations between each index were analyzed. The following results were obtained; The highest correlation coefficients were obtained between foveation time and the maximum rate of the histogram, between amplitude and intensity and between mean slow phase velocity and intensity. The Amplitude as well as the intensity of the nystagmus significantly correlated with all of the indices except with log visual acuity. This means that they are non-specific indices which can be used in quantitative evaluation of congenital nystagmus, that is, in determination of the neutral zone and for evaluation of surgical or biofeedback treatment. The foveation time with which visual

別刷請求先：288 神奈川県相模原市北里1-15-1 北里大学医学部眼科学教室 目沢美佳子

Reprint requests to: Mikako Mezawa, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Kitasato Univ.
1-15-1 Kitasato, Sagamihara 228, Japan

(昭和62年5月18日受付) (Accepted May 18, 1987)

acuity is most correlated cannot be measured without fundus monitoring instrument. However the present results suggested that the index of the maximum rate of the histogram which can be measured clinically by using accurate DC-EOG with the computing device will be useful to reflect foveation time. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 91: 1008—1014, 1987)

Key words: congenital nystagmus, waveform, index, correlation analysis

I 緒 言

先天性眼振の定性的解析としては、foveationの概念をとり入れたDell'Ossoの分類¹⁾がよく知られている。一方、眼振の定量的指数である振幅、頻数、強さ(振幅×頻数)などの因子は、静止位の決定やプリズム治療、バイオフィードバック治療、眼振手術などの効果判定に必要なものである。そして、これらの治療法により視力、あるいは視感度の向上が認められ^{2)~5)}、それは眼振の減少や強さ(頻数×振幅)の低下あるいは静止位の拡大によると言われている^{4)~6)}。また近江⁷⁾はAnderson手術施行後、視力が向上した症例において、緩徐相速度の減少が認められたと述べている。これに対しDell'Osso⁸⁾は眼振の強さばかりでなく、foveation timeのような波形因子も関係していると報告している。さらにHatayama⁹⁾は、プリズム治療後の視力改善には、波形やfoveation time以外の不明のメカニズムの存在を指摘し、眼球運動のslow sub-systemに関するものであると報告している。

今回、我々は、眼振の定量的指数として一般的に用いられている振幅、頻数、強さを眼振を特徴づける因子とみなし、これらの因子の他に平均及び最大緩徐相速度と、すでに我々の報告したfoveation time¹⁰⁾、さらに眼振の静止時間を重視して今回新たに導入した、眼位の単位時間ごとの空間的分布累計を示すヒストグラムから求められた最頻値の占める割合という、赤外線眼底テレビカメラを用いて観察しえた因子の計7個の因子を測定し、これらの因子の特徴ならびに因子間の相関、さらには視力と各因子との相関について、統計的処理を行い、考察を加え報告する。

II 対象及び方法

対象は北里大学病院眼科を受診した7歳から34歳までの先天性眼振患者12名である(Table 1)。この中には、新たに解析した3例(症例2, 3, 7)の他に前報¹⁰⁾の6例(1, 5, 6, 9, 10, 11)と谷¹¹⁾の3例(4, 8, 12)が含まれている。全例、水平眼振であり、症例4, 8,

Table 1 Cases, age, sex, visual acuity and the type of the congenital nystagmus

Case	Age/Sex	Corrected Visual Acuity	Type
1 FK	18/M	1.0	Jef
2 SS	30/F	1.0	Jef
3 NM	16/M	1.2	Jef
4 KT	34/F	0.8	Jef
5 TY	13/F	0.5	J
6 KM	17/F	1.2	DJ
7 KH	9/M	0.8	DJ
8 TH	24/F	1.2	J
9 IE	17/M	0.3	Pfs
10 IS	7/M	0.2	Pfs
11 IT	13/M	0.6	Pfs
12 HO	31/M	0.7	P

Jef: jerk nystagmus with extended foveation

J: pure jerk nystagmus

DJ: dual jerk nystagmus

Pfs: pendular nystagmus with foveating saccade

P: pure pendular nystagmus

12はわずかな回旋成分を含んでいる。ただし今回の分析では、これらの症例においても水平成分のみを対象とした。Jerk型は8例、pendular型は4例である。全てに生下時あるいは生後数カ月より眼振が出現しており、眼科的には、白内障や視神経をふくめた眼底病変は否定されている。

眼底像の記録とその像から眼振の波形をもとめる方法は、谷¹¹⁾の方法に若干の改良を加えて行った¹⁰⁾。約10秒間の眼振波形から、1) 振幅、2) 頻数、3) 強さ、4) 平均緩徐相速度、5) 最大緩徐相速度というよく知られた眼振の指数、および以下に詳細を示す6) foveation time、7) ヒストグラム最頻値の占める割合を求めた。Foveation timeは、Fig. 1 (top)に示すように網膜上での視標の位置がfoveola(0点)より±0.5度の範囲にある時間として測定し、一秒あたりの時間として求めた。ただし、その時間が50msec以下の単にこの領域を通過する場合、および1/60秒前の位置との差が0.5度以上の高速な動きは除外した。なお、偏心固視例(Case

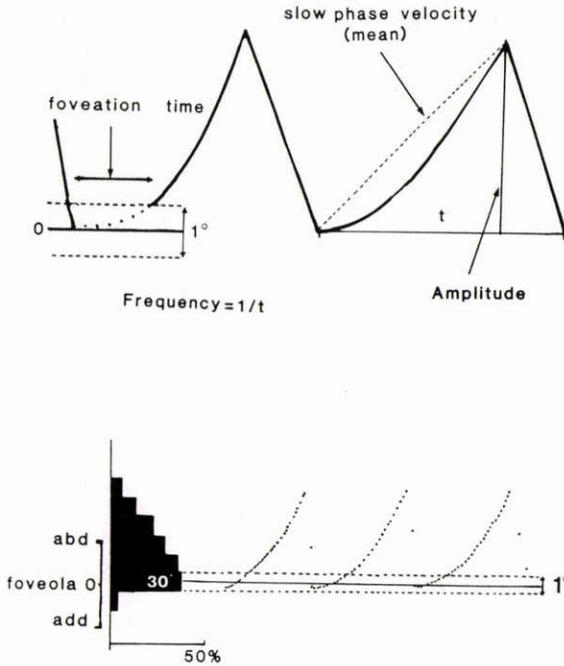


Fig. 1 Method for calculation of the indices. Foveation time is determined with duration during one cycle within the deviation of ± 0.5 degree. The time is converted to the duration in one second actually. Mean slow phase velocity is calculated from the slope shown by the dotted line (top). Histogram indicates the rate of duration in each spatial position of the eye (bottom).

10) に関しては偏位している固視点を 0 点とみなした。

ヒストグラム最頻値の占める割合は次のように求める。たとえば、Fig. 1 (bottom) 右のような jerk 型の眼振波形（実際は、中心窩と網膜上の視標の像の位置関係）が赤外線眼底テレビから得られたとする。テレビから得られたデータであるため、波型は 1 秒間 60 の点で示される。この多数の点を、図左方に示すように眼位毎（1 度きざみ）に累積し、ヒストグラムを得る。通常はこの図のように中心窩で最高値をとる。しかし、偏心固視がある場合など、最頻値が中心窩以外の所にくる場合もある。その場合も、foveation time と同時に、いかに眼が静止する時間が長いかを重視して、最頻値の占める割合のみを求めた。この図の場合は 30% となる。

以上の 7 つの因子と視力の対数値をもとに各因子間の相関をもとめた。対数視力を目的変数、その他の指数を説明変数とした重回帰分析も試みたが、有意な重回帰は得られなかったので結果はここでは省略する。

III 結果

各症例の視力、振幅、頻数、強さ、平均及び最大緩徐相速度、foveation time、ヒストグラム最頻値の占める割合を Table 2 に示す。Table 3 は相関行列である。最も相関が高いのは、foveation time とヒストグラム最頻値の割合で、相関係数が 0.94 であった (Fig. 2-a)。次ぎに振幅と強さが 0.92 (Fig. 2-b)、平均緩徐相速度と強さが 0.91 (Fig. 2-c)、とそれぞれ高い相関を示した。また振幅と平均緩徐相速度 (Fig. 2-d)、振幅とヒストグラム最頻値の割合 (Fig. 2-e)、頻数と強

Table 2 Computed indices of the parameters of the congenital nystagmus

Case	Log acuity	Amplitude (deg)	Frequency (Hz)	Intensity (deg×Hz)	Foveation time (msec)	Mean slow phase velocity (deg/sec)	Histogram (%)	Max. slow phase velocity (deg/sec)
1	0	2.8	3.8	10.7	573	18.3	53.4	63
2	0	1.4	3.2	4.4	544	7.0	52.7	19
3	0.079	1.1	1.9	2.2	850	6.0	87.8	37.5
4	-0.097	2.1	2.5	5.2	583	9.6	51.6	16.8
5	-0.3	5.5	3.7	20.4	200	23.2	20.1	44.2
6	0.079	4.5	4.5	20.3	344	33.8	35.5	57
7	-0.097	4.6	4.0	18.4	234	25.6	19.6	53.6
8	0.079	2.9	2.0	5.8	330	9.7	37.5	15.5
9	-0.523	3.1	2.3	7.1	254	11.6	27.9	27.6
10	-0.699	6.1	3.1	18.9	133	29.6	19.4	55.3
11	-0.222	2.4	1.8	4.3	204	9.9	40.8	25.2
12	-0.155	4.0	2.6	10.4	366	26.2	33.1	35.1
mean±SD	-0.255±0.496	3.4±1.6	3.0±0.9	10.7±7.0	385±211	17.5±9.7	39.9±19.6	37.5±17.0

Table 3 Correlation matrix of the indices of the Table 2.

Amplitude							
0.54	Frequency						
0.92**	0.81**	Intensity					
-0.77**	-0.20	-0.59*	foveation time				
0.87**	0.73**	0.91**	-0.53	Mean slow phase velocity			
-0.84**	-0.38	-0.71**	0.94**	-0.63*	Histogram		
0.56*	0.73**	0.75**	-0.16	0.76**	-0.24	Max. slow phase velocity	
-0.56*	0.15	-0.28	0.68*	-0.23	0.62*	-0.06	Log acuity

** : p < 0.01
* : p < 0.05

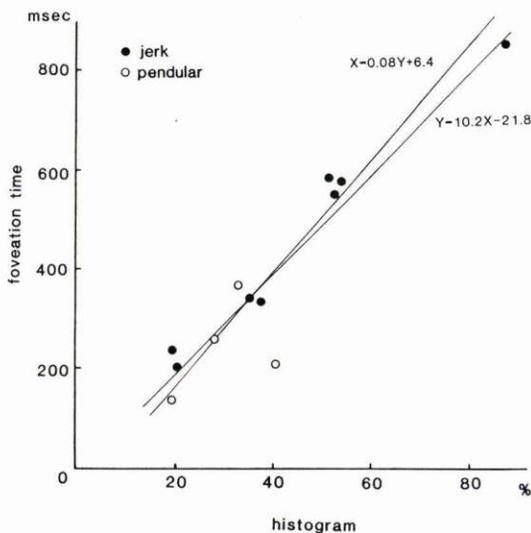
さ (Fig. 2-f) も比較的相関が高かった。逆に相関が低いのは、対数視力と最大緩徐相速度、対数視力と頻数、foveation time と最大緩徐相速度、頻数と foveation time、対数視力と平均緩徐相速度などであった。n=12 であり、自由度を10として相関係数を t 検定すると、 $r=0.576$ 以上で危険率 5% 以下、 $r=0.708$ 以上で危険率 1% 以下で有意な相関があるといえる。

IV 考 按

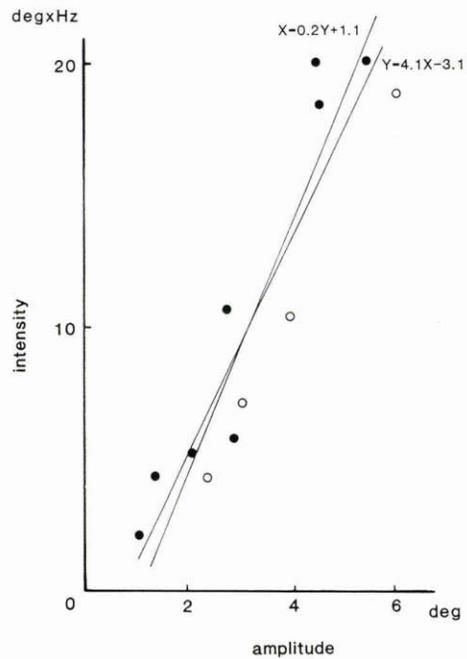
Foveation は、fovea で固視している状態または、固視しようとしている状態を意味する。この状態は、直

視下にて fovea と固視灯の網膜上に投影された視標との位置関係を観察しなければ不明である。それには、赤外線眼底テレビカメラのような装置を必要とするが欠点としては分析に多大な時間を要することである。

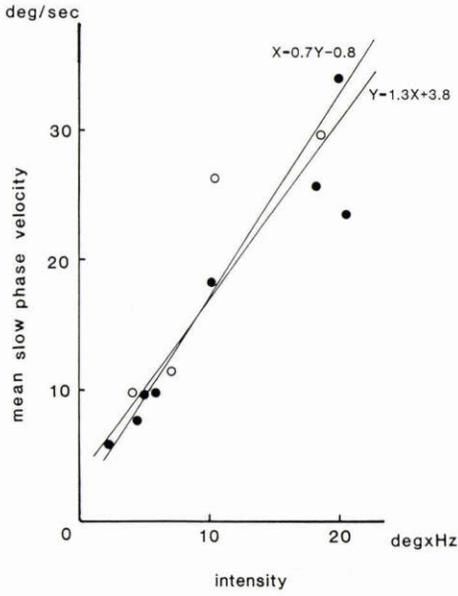
今回の分析の結果、foveation time とヒストグラム最頻値の割合の相関が最も高かった。急速なあるいは大きな眼球運動はヒストグラム上では薄く広く平均し



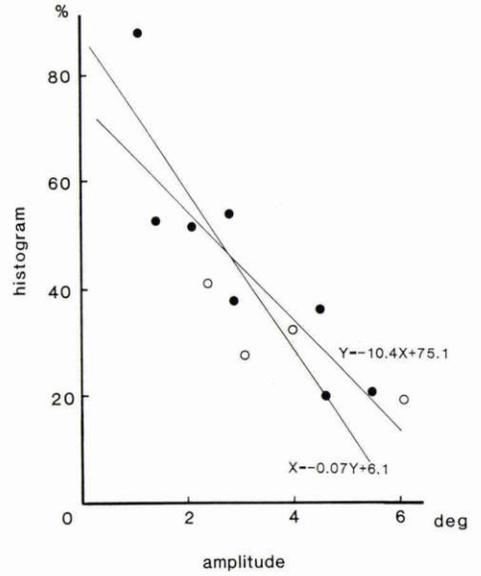
(a) Relationship between foveation time (msec) and the maximum rate (%) of the histogram ($r=0.94$, $p<0.001$).



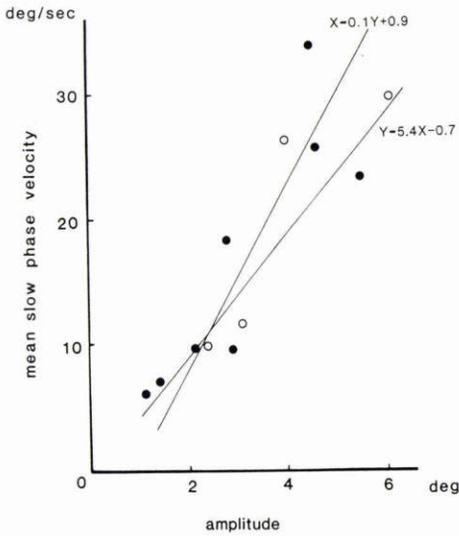
(b) Relationship between the amplitude and the intensity ($r=0.92$, $p<0.001$).



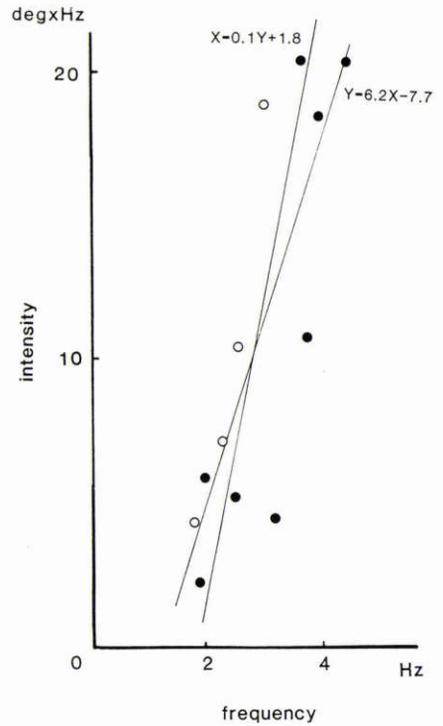
(c) Relationship between intensity (degree · Hz) and mean slow phase velocity (degree/sec) ($r=0.91, p<0.001$).



(e) Relationship between amplitude (degree) and the maximum rate (%) of the histogram ($r=-0.84, p<0.001$).



(d) Relationship between amplitude (degree) and mean slow phase velocity (degree/sec) ($r=0.87, p<0.001$).



(f) Relationship between frequency (Hz) and intensity (degree · Hz) ($r=0.81, p<0.01$).

Fig. 2 Relationships between the highly correlated indices. Regression line of the ordinate to the abscissa and the line which shows the reversed regression are drawn in each figure.

て分布するため、最頻値としてとらえにくい、foveationをおこなっていたり、遅い動きが連続して存在するとそれはヒストグラムの最頻値の割合増加として表される。Foveation time も、fovea と網膜上の視標が、一致している範囲でとどまっていたり、それを中心とする遅い眼球運動をしている一秒あたりの時間で示される。両者の相関が高いのはそのためであり、予測された結果である。しかし、臨床的にこれらを測定しようというときには大きな違いが存在する。即ち、foveation time は眼底直視下でしか測定できないものであるのに対し、ヒストグラム最頻値の割合は十分安定した DC-EOG に例えばマイクロコンピュータを組込んだ回路を付け加えれば測定可能となる。

強さは、振幅に頻数を乗じたものである。強さと振幅の相関は、頻数が一定のとき、最大 ($r=1$) となり、眼振患者の頻数が大きな範囲に散らばっていないかぎりあるていどの相関は得られる。同様に強さと頻数の相関は振幅の分布に強く依存する。今回の12例では、頻数が $2.95 \pm 0.90 \text{ Hz}$ 、振幅が $3.38 \pm 1.58 \text{ 度}$ (いずれも平均±標準偏差)、変動係数 (標準偏差/平均) はそれぞれ 0.305, 0.467 であり、頻数の分布がせまいため強さと振幅の相関が大きくなった。また、強さは振幅など5項目との間に危険率1%以下の相関、foveation time とは5%の水準の相関があり、対数視力以外の因子すべてとの間に有意な相関を認めた。このことは、強さを知ることで他の因子をある程度推測できることを示唆している。振幅も強さと似た傾向を示した。以上から強さは、臨床的に眼振を評価する時利用するのに適している因子と考えられる。

平均緩徐相速度は、波形にかかわらず Fig. 1 (top) の点線の勾配により求められるため実質的には振幅/緩徐相時間で決定される。もし急速相時間がゼロであればこの値は振幅/周期であり、これは振幅×頻数(=強さ)を示す。Jerk 型眼振の場合は急速相時間の割合は小さいため、強さと平均緩徐相速度はほぼ同じものになる。その他の場合も急速相時間はさほど大きな値はとらず、両者の相関は高くなる。

振幅とヒストグラムは負の比較的高い相関にあった。これは振幅が大きいほど通過する網膜の部位が平均化する傾向にあることを意味している。

最大緩徐相速度は、平均緩徐相速度と強さに対して相関が高かった。このこともある程度予想できることである。

対数視力は、どの因子とも相関が低いという結果が

えられた。Foveation time が相関係数 0.68 で最も高く、つぎにヒストグラムの最頻値が高く、両者とも危険率 5% での有意な相関にあった。従来より、振子様眼振は視力が不良で、衝動性眼振は比較的良好であるといわれている。果して眼振のどの様な因子が視力に最も関与しているのであろうか。Kestenbaum¹²⁾ は左右の視力が異なる時、振幅が大きいほどふつう視力が悪いと言っている。また、強さとの関係を示唆する報告もある⁵⁾⁶⁾。しかし、これだけで説明することは難しい。一方半田ら¹³⁾ は、固視のインパルスと眼振のインパルスのどちらが優位かで視力の良否が決まるとしており、固視機能の優れている例ほど視力はよいと述べている。Dell'Osso ら¹⁾ は、foveation time に注目し、船橋ら¹⁴⁾ も急速相直後の plateau time を foveation time とみなし視力と最も相関したと述べている。我々の結果では、やはり foveation time が今回対象とした因子のなかでは最も高い関係にあった。ただし前述したように有意とはいえなかった。先天眼振では波形にかなりの経時変化があり、バラツキが多い。そのような因子を10秒程度のみじかいサンプルから計算したことから、本来視力と相関があったにもかかわらず表面に表われにくいと考えられた。一方、他の因子は、たとえば振幅が増加すれば強さも増加するように、時間的な変動があったとしても互いの関係を保つ傾向にあると考えられる。以上のことから、視力の良否を、唯一の因子例えば foveation time のみで説明する事は困難と思われた。しかし Dell'Osso のいう foveation time という波形因子が視力に関与している割合が高い事は確認できたと思われる。

文 献

- 1) Dell'Osso LF, Daroff RB: Congenital nystagmus waveforms and foveation strategy. Doc Ophthal 39: 155—182, 1975.
- 2) Metzger EL: Correction of congenital nystagmus. Am J Ophthal 33: 1796—1797, 1950.
- 3) Bagolini B: Orthoptic and prismatic treatment of congenital nystagmus, in Reinecke RD (ed): Strabismus. New York, Grune & Stratton, 191—201, 1978.
- 4) 広瀬勝子, 藤山由紀子, 若倉雅登他: 先天眼振 (Jerk 型) のプリズム治療—EOG による分析. 眼臨 73: 1162—1169, 1981.
- 5) Ababi RV, Carden D, Simpson J: A new treatment for congenital nystagmus. Brit J Ophthal 54: 2—6, 1980.
- 6) Dell'Osso LF: Improving visual acuity in con-

- genital nystagmus, in Smith JL, Glaser JS (eds): Neuro-ophthalmology. Saint Louis, C.V. Mosby, 98—106, 1973.
- 7) **Ohmi E, Fujita J, Tuboi T, et al:** Electrophysiological analysis of congenital nystagmus before and after Anderson's surgery, in Reinecke RD (ed): Strabismus. New York, Grune & Stratton, 159—167, 1978.
 - 8) **Dell'Osso LF, Flynn JT:** Hereditary congenital nystagmus. Arch Ophthal 92: 366—374, 1974.
 - 9) **Hatayama R, Kawai K, Matsuzaki H:** A study of prismatic treatment of congenital nystagmus by the electro-oculogram. 日眼 90: 263—271, 1986.
 - 10) **目沢美佳子, 山田徹人, 鶴飼一彦他:** 先天性眼振のfoveationに関する研究. 日眼 91: 270—276, 1987.
 - 11) **谷いづみ:** 先天性眼振に関する研究. 日眼 85: 25—32, 1981.
 - 12) **Kestenbaum A:** Clinical methods of neuro-ophthalmologic examination. New York, Grune & Stratton, 335—400, 1961.
 - 13) **半田一雄:** 視力と眼振. 日眼 72: 1405—1414, 1968.
 - 14) **船橋利理, 藪本充雄, 中井三量他:** 先天性眼振の眼振波形分析による視力低下の考察. 神眼 1: 414—419, 1984.
-