

## 宿題報告

## 形態覚遮断弱視 (図25, 表10)

粟屋忍 (名古屋大学医学部眼科学教室)

## 共同研究者

三宅 養三	三宅 三平	原田 敬志	安間 哲史	矢ヶ崎克哉	三浦 元也
矢ヶ崎悌司	森 林平	岩田 美雪	磯村悠宇子	鈴木 福江	大石 文恵
平井 陽子	稲垣 恭子	三枝 淳子	福富 桂子	柳田 和夫	安間 正子
安野 雅恵	池山 恵子	馬嶋 明	野崎 尚志	下條 信輔	平井 淑江
堀口 正之	山崎 淳	水上 寧彦	小泉恵里子	神谷あゆみ	長坂 智子
渡辺 徹朗	木内 誠	奥田 伸利	恒川 太史	横山健二郎	青山 昭夫
深津 康彦	平野 耕治	若松 幸三	山本 憲明	杉田 肇子	石川 恵
木村 英次	中村 富雄	久田 廣次	斎藤 昭	城山 敬康	玉井 一江
松崎 園子	松浦 雅子	丹羽 美佳	田村 富男	小林求美子	

## Studies of Form Vision Deprivation Amblyopia

Shinobu Awaya

Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine

## 要約

形態覚遮断弱視の頻度, 症状, 病態生理, 予防や治療などを研究するために, 名古屋大学眼科外来を受診した弱視の症例を昭和34年7月から9年間 (I群) と昭和46年1月からの13年間 (II群) に分けて頻度, 初診時年齢分布などを考察した. 二群間で, 弱視全体の新患総数に対する頻度には大きな差はなかったが, 遮断弱視の, 他の弱視に対する頻度はII群において著しく増加していた. これは, 遮断弱視の概念の解明, 診断法の進歩と, 他の弱視の減少などに起因すると考えられる. 遮断弱視には外斜視の合併が多いが, 内斜視を合併した例はほとんどが遠視を有していた. また遮断弱視に合併する斜視のなかにはA型斜視が高頻度に認められた. **Flash VEP** の異常は少ないが, **pattern reversal VEP** の振幅と波型の異常が明らかであった. 空間周波数特性には4型に分類される異常がみられた. 遮断弱視の予防や治療のために, 先天性片眼眼瞼下垂, 新生児黄斑部出血, **crowding phenomenon** などから, ヒトの視覚の感受性を調べた. 感受性は生直後ではやや低く, 1歳6カ月頃までは高く, 以後減弱して8歳の終わり頃までつづく. 感受性の高い期間内に弱視の予防と治療を行うために, 2歳6カ月以下の乳幼児の視力や立体視を検討した. このような年齢の乳幼児の立体視を測定するために, **monocular cue** のない新しい **TV-R.D. Stereo Test** を開発し報告した. 弱視の完全な治療のためには, 視力改善のみでなく, 立体視の維持, 獲得が必須であるが, 後者についてはなお大きな問題が残され, 今後の課題としてその重置性を強調した. (日眼 91:519-544, 1987)

キーワード: 形態覚遮断弱視, 視覚の感受性期間, 乳幼児の視力と立体視, **TV-Random Dot Stereo Test**, **VEP**

別刷請求先: 466 名古屋市昭和区鶴舞町65 名古屋大学医学部眼科学教室 粟屋 忍

Reprint requests to: Shinobu Awaya, M.D. Dept. of Ophthalmol., Nagoya Univ. School of Med.

65 Tsuruma-cho, Showa-ku Nagoya 466, Japan

(昭和62年3月19日受付) (Accepted March 19, 1987)

## Abstract

The studies of form vision deprivation amblyopia have been made with special reference to its incidence, symptomatology, pathogenesis, prevention and treatment in two research periods of year ; Period I (9 years from July, 1959 to June, 1968) and Period II (13 years from January, 1972 to December, 1985). The incidence of the six kinds of amblyopia (strabismic, anisometric, ametropic, microtropic, meridional, and deprivation amblyopia) among all the out-patients is 2.5% in the Period I and 3.0% in the Period II. However, the incidence of deprivation amblyopia as compared with that of the other types of amblyopia is much larger in the Period II (7.3%) than in Period I (3.9%). This is possibly due to the decrease of other types of amblyopia in the Period II. The association of exotropia is much more frequent than that of esotropia. All the esotropic cases showed refractive error of hypermetropia both in the normal and affected eyes, suggesting the accommodative factor may largely be responsible for the development of esotropia of the affected eye. An evident abnormality was encountered in pattern reversal visual evoked potential (VEP) in deprivation amblyopia, while flash VEP showed a less evident abnormality. Four types of abnormal patterns were observed in the modulation transfer function (MTF) in the cases of deprivation amblyopia examined. In order to prevent or effectively to treat deprivation amblyopia, the study of visual sensitivity or critical period for the development of deprivation amblyopia is essential and has been made from various parameters. They include (1) unilateral lid closure for a week or two since birth in the cases of unilateral congenital ptosis, (2) unilateral macular hemorrhage at birth lasting for several weeks thereafter, (3) the period of time during which the "crowding phenomenon" lasts, (4) the responsiveness to the sound eye occlusion, and (5) analysis of 191 cases which have a history of causative occlusion of one eye early in infancy. From the data obtained in these parameters, the visual sensitivity in humans is likely to be less sensitive for nearly a month immediately after birth and increases up to the peak at the 18 months of age, when it starts to decrease again with a waning slope up to the end of the 8th year of life. Under these studies, it is not difficult to cure visual acuity of deprivation amblyopia, if treated early enough. However, it is still almost impossible, at the present time, to preserve good stereoacuity in the cases of deprivation amblyopia. Therefore, it is very important to demonstrate the occurrence of stereopsis in early infancy within the very sensitive part of the critical period. For this purpose, we have developed a new apparatus of the "TV-Random Dot Stereo Test", which enables us to examine quantitatively the level of stereoacuity in infants without any false positive and with relatively high success rate. Therefore, to prevent amblyopia, it is suggested that visual acuity is to be evaluated by the PL method and stereoacuity by the TV-RD Stereo Test. The realization of this final goal of obtaining both good visual acuity and good stereoacuity, should be achieved in future with every possible effort and with extensive researches in the physiological, psychophysical and morphological aspects of stereoptic function. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 91 : 519—544, 1987)

**Key words :** form vision deprivation amblyopia, sensitivity of visual system, visual acuity and stereoacuity in infants, TV-RD Stereo Test, VEP

- 
- I. 緒言
  - II. 弱視の定義と分類
  - III. 二期間 (I群, II群) 別の弱視の頻度
  - IV. 形態覚遮断弱視と型別分類
  - V. 形態覚遮断弱視の二, 三の症候学的検討
    - 1. 眼位異常の種類, 合併頻度, 発生時期
    - 2. 視覚誘発電位 (VEP)
    - 3. 空間周波数特性 (MTF)
    - 4. 両眼視の喪失
  - VI. critical period (sensitive period) に関する考察
    - 1. 生直後の感受性
    - 2. 読み分け困難からみた視覚の発達
    - 3. 治療に対する反応
    - 4. 個々の症例による分析
  - VII. 視力と両眼視の把握による弱視の予防
    - 1. 乳幼児の視力測定

## 2. 乳幼児の立体視測定

## VIII. TV-Random Dot Stereo Test

## IX. 治療

## X. 結語

## I 緒言

弱視学の歴史は古く、16世紀<sup>1)</sup>にさかのぼるが、とくに、弱視眼の視力向上のために健眼遮閉を明確に提唱したのは18世紀のBuffon<sup>2)</sup>である。以後、Bangerter<sup>3)</sup>およびCüppers<sup>4)</sup>により弱視の分類と治療法が体系づけられ、1950年代よりこれらの二つの主流よりなる近代弱視学が導入され、我国における弱視学の黎明期を迎えた。しかし、この時期は、弱視の分類や治療の根底には症候学的な把握が根幹をなしていたため、病態生理に基づいた病因論の把握に乏しく、その分類にも統一性を欠き、治療適応にも不明確な点が多く、治療予後に至っては全く見通しのつかない状態であった。このような暗中摸索時代にも、我々の先輩や同僚のたゆまぬ努力と情熱の溢れる研究の結果、一步一步着実な前進を遂げ、昭和38年度の第57回日本眼科学会総会の宿題報告において、原田<sup>5)</sup>、植村<sup>6)</sup>、足立<sup>7)</sup>の三氏により、我国における弱視学に、病因論を踏まえた新しい体系づけがなされ、大きな飛躍をとげた。時あたかも米国におけるHubel<sup>8)</sup>、Wiesel<sup>9,10)</sup>ら、von Noorden<sup>11)</sup>の実験的弱視学の進歩と相まって、病態生理を基盤にした新しい弱視学が長足の進歩を遂げるに至った。

この間の歴史的変遷を詳細に述べる余裕はないし、またもとより本論文の目的とするところではないので、前述の歴史的変遷を背景として、とくに、弱視の概念の変革とそれに基づく診断と治療法の変化のなかで、先輩や同僚とともに著者が取り組んで来た「形態覚遮断弱視」の研究から得られたいささかの知見をまとめて述べてみたい。とくに、弱視が今日どこまで解決されており、また今日なお残されている問題は何か、さらに未来に対してどのようなchallengeとpromiseが横たわっているかという問題を背景において、形態覚遮断弱視が現代の弱視学の中でどのような位置を占めているかを述べるために、弱視全体の定義、分類、頻度などからはじめる。

## II 弱視の定義と分類

弱視の定義としては従来からBangerter<sup>3)</sup>によるものがしばしば受け入れられているが、これはあまりに

も概念的であり、著者は<sup>12)</sup>、以前から提唱している定義「1眼または両眼に斜視や屈折異常があったり、視性刺激の妨げとなるべき要因があって生じた視機能の低下」を用いている。

また、弱視の分類には、原因別分類を用い、(1)斜視弱視、(2)不同視性弱視、(3)微小角斜視弱視、(4)屈折異常性弱視(非正視弱視)、(5)経線弱視、(6)形態覚遮断弱視(以後、文中では遮断弱視と略す)の6種に分けた。

## III 二期間別の弱視の頻度

## 1. 方法

まず、検査対象期間をI群として1959年(昭和34年)7月から1968年(昭和43年)6月までの9年間と、II群として1972年(昭和47年)1月から1984年(昭和59年)12月までの13年間の2期間にわけて、前述の定義を満足する弱視患者の総数を検討した。

ついで、これらの症例を前述の分類に従って弱視の種類別分布を考察した。ただし一部の症例は過去にさかのぼって診断的統計をとるため、経線弱視は屈折異常性弱視に入れ、微小角斜視弱視は不同視性弱視または斜視弱視に入れて分類し、斜視弱視、不同視性弱視、屈折異常性弱視、形態覚遮断弱視の4種に分けて分布を考察した。

## 2. 結果および考察

まず、I群では弱視の総数は1,610例で新患総数に対する頻度は2.5%であり、II群では2,058例、3.0%で両群による弱視患者の頻度には大きい差はみられない。

表1 I群, II群における各種弱視の頻度

	I群	II群
斜視弱視	333 20.7 (%)	249 12.1 (%)
不同視性弱視	728 45.2 (%)	900 43.7 (%)
屈折異常性弱視	487 30.2 (%)	759 36.9 (%)
形態覚遮断弱視	62 3.9 (%)	150 7.3 (%)
計	1610 100 (%)	2058 100 (%)

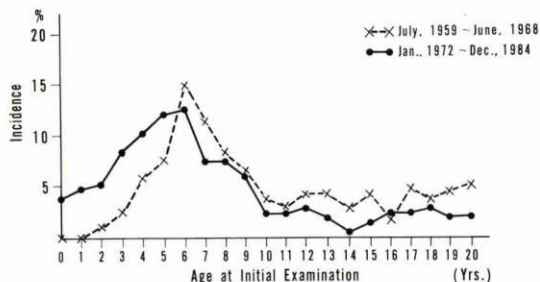


図1 I群, II群における斜視弱視の初診時年齢別頻度

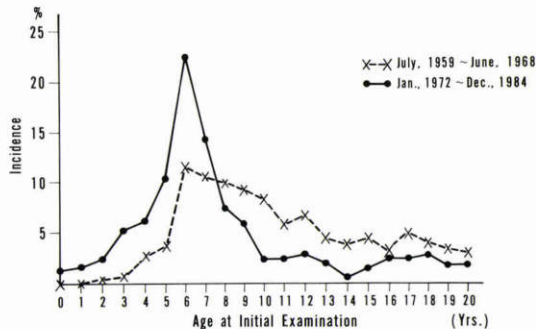


図2 I群, II群における不同視性弱視の初診時年齢別頻度

つぎに、弱視の種類別頻度をみると(表1)、I群では、1,610例の弱視中、斜視弱視333例(20.7%)、不同視性弱視728例(45.2%)、屈折異常性弱視487例(30.2%)、遮断弱視は62例(3.9%)であるのに対し、II群では、斜視弱視249例(12.1%)、不同視性弱視900例(43.7%)、屈折異常性弱視759例(36.9%)、遮断弱視150例(7.3%)である。両群を比較すると、斜視弱視はII群においてその頻度が明らかに低下しているのに対し、遮断弱視は逆にII群において顕著に頻度が上昇している。これに対して不同視性弱視と屈折異常性弱視の頻度は両群間にほとんど差がみられないことは興味深い。II群において斜視弱視の頻度が低下しているのは、予防や治療の進歩に基因しているものと考えられる。また遮断弱視の頻度がII群において上昇していることは、従来早期発見が比較的困難であり、そのため治療予後が不良であり、近年とくに強い関心を集めている弱視であることも原因のひとつと考えられる。

つぎに、両群間で以上のような頻度の変遷を示した4種の弱視の各々について初診時年齢別の頻度を比較することは、各種の弱視の動態をさらに詳しく把握でき、それに対する今後の対応に大切な指針を与えてくれるものと考えて検討を加えた。

(1) 斜視弱視 (図1)

I群の333例、II群の249例の斜視弱視例を初診時年齢別にその頻度分布を比較検討すると、I群に比してII群においては6歳未満の低年齢群に頻度が高くなり、6歳以上の高年齢群の頻度が低下していることが明らかである。特にI群では発見されなかった0歳時、1歳時の症例がII群で増加していることは、preferential looking法などによる低年齢児における視力の測定が可能となったため「弱視」としての確定診断が可能となったことによると思われる。このように早期

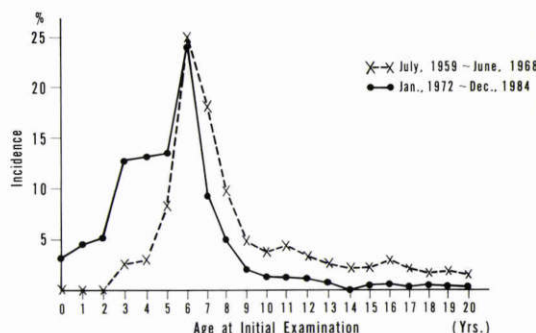


図3 I群, II群における屈折異常性弱視の初診時年齢別頻度

発見例が増加している事実は、早期治療により良好な予後につながるものであることを示している。しかし、頻度分布のピークが両群ともに6歳にあることは、斜視弱視の予防と治療の上でなお課題を残していることを物語っており、弱視の研究、治療に従事する者に対する問題を提起していると考える。

(2) 不同視性弱視 (図2)

I群の728例、II群の900例の年齢別頻度分布を比較すると、I群に比してII群では、8歳未満で頻度が高い。とくにI群ではほとんどみられなかった4歳未満において有意に高い頻度がみられることは、低年齢児をもつ親の、弱視に対する関心の増大と、低年齢における視力の定量的測定が可能となり、診断が容易になったためと考えられる。しかし、斜視弱視と同様に、不同視性弱視の分布のピークがやはり6歳にあることは、眼位異常がなく発見が困難な弱視であるため、早期発見に対して今後ますますの努力が必要であることを示している。

(3) 屈折異常性弱視 (図3)

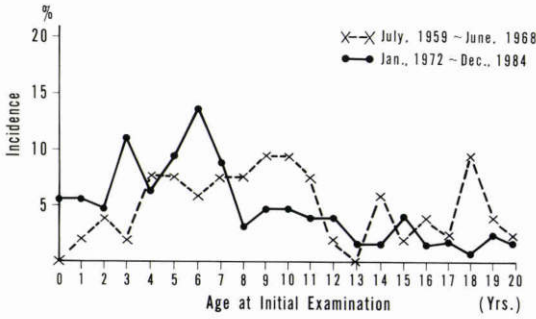


図4 I群, II群における形態覚遮断弱視の初診時年齢別頻度

I群の487例とII群の759例の年齢別頻度の分布を比較すると、5歳以上では両群ともに類似した分布を示すが、5歳未満の症例ではII群において頻度が高い。また6歳に両群ともに頻度のピークがみられることも前2種の弱視と類似した傾向がみられる。

(4) 形態覚遮断弱視 (図4)

I群の62例とII群の150例の年齢別頻度の分布を比較すると、7歳以下ではその頻度がII群において高く、8歳以上でおおむねその頻度が両群で逆転している傾向は前3種の弱視に類似しているが、各年齢別の分布様式は大きく異なり、両群ともに、比較的平坦な分布を示している。これは、乳幼児期に知らずに与えられ

た原因的遮断が見落とされ、高年齢になって初めて発見されたり、予後不良として放置されていた症例が新しい治療の可能性を求めて受診した折に発見されたりすることを示している。またII群で7歳以上の頻度が急に低下していることは、原因的遮断が激減したこと、また発見された場合は早期に適切な処置がなされて治療予後が良好となっていることを物語っていると思われる。

3. 小括

4種の弱視の初診時年齢別頻度の分布は、6歳を境として低年齢側ではII群における頻度が高く、高年齢側ではI群における頻度が高いという診断時期の低年齢化は、II群における早期発見、早期治療を反映しており、弱視診療の進歩を物語っていると思われる。しかしながら、いずれの種類弱視においても、I群、II群ともに頻度の分布が6歳にピークがみられることは、これらの弱視が今日なお「就学前検査」で発見されることの多い事実を意味しており、今後さらに早期発見の努力が必要である。

IV 形態覚遮断弱視と型別頻度

1. 方法

この弱視の型別分類としては、従来から、著者の提案している原因的遮断の期間と程度の差による次の三

表2 I群, II群における形態覚遮断弱視の原因別頻度

(I) July, 1959—June, 1968

Year Type	'59	'60	'61	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	Total	%
A	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	5	8.1
B	0	9	2	7	1	2	1	3	4	6	35	56.4
C	2	2	0	4	1	4	0	5	3	1	22	35.5
Total	2	12	3	11	2	6	1	9	8	8	62	100.0

(II) January, 1972—December, 1984

Year Type	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	Total	%
A	7	10	8	4	1	5	5	2	3	3	2	3	3	56	37.3
B	3	5	3	7	2	5	7	9	5	4	6	7	4	67	44.7
C	2	4	1	1	2	2	3	2	3	3	2	2	0	27	18.0
Total	12	19	12	12	5	12	15	13	11	10	10	12	7	150	100.0

A: Short-term complete deprivation B: Long-term complete deprivation

C: Long-term incomplete deprivation

型<sup>13)</sup>に分けて扱うが、これら三型の弱視発生機序や病態生理は本質的には同じものと考えている。

## 2. 結果および考按 (表2)

### (A) 短期間完全遮断群

約1週間前後の形態覚刺激が完全に遮断されたために発生したと考えられる遮断弱視で、I群では62例中5例(8.1%)と低い頻度を示す。I群に属する時期すなわち1959年より1968年は、わずかに1週間程度の遮断により弱視がひきおこされるとは考えられていなかったため発見されず斜視弱視の中に混入されていた例も多いが、既往歴から短期間の原因的遮断が明らかであった症例は、再診断のもとにこの群に入れた。II群では150例中56例(37.3%)がみられその頻度は約5倍に増加をしている。

### (B) 長期間完全遮断群

長期間とは約2週間以上を意味し、この期間の形態覚刺激の完全遮断によって生じたと考えられる遮断弱視がこの群に属し、外傷性および先天性白内障、角膜の外傷などによる透光体の混濁、眼瞼や眼窩の炎症や血管腫などによっておこる眼瞼閉鎖によるもので、従来から典型的な遮断弱視と考えられていた群である。I群では62例中35例(56.5%)がみられ、II群では150例中67例(44.7%)が存在し、II群においてやや低下している。

### (C) 長期間不完全遮断群

形態覚の遮断の程度が点状白内障や線状の角膜混濁などにみられるように不完全であっても、生直後あるいは生後早期より存在し、長期間継続したために生じたと考えられる遮断弱視で、この概念も昭和53年著者<sup>12)</sup>がはじめて発表したもので、I群では62例中22例(35.5%)、II群では150例中27例(18.0%)である。

## 3. 小括

以上(A)、(B)、(C)各型の遮断弱視をI群、II群で比較すると、前群では、(A)型が極めて少なく、眼瞼内反症を主とする眼瞼の小手術後の眼帯による遮断弱視は、当時注目されていなかったため診断されず、さかのぼって病歴のみによる判定には困難な点も多く(A)型の症例が少ないと考えられる。遮断弱視には内斜視の合併より外斜視の合併が多いことはよく知られているが、斜視弱視にみられた外斜視の頻度はI群においてもII群においてもともに2.0%を示し、差がないことから、最終診断として確定された斜視弱視の中に遮断弱視が混入している可能性はあまり大きくないと考えられる。

## V 形態覚遮断弱視の二、三の症候学的検討

遮断弱視の特徴的徴候としては、従来より、矯正視力は0.2以下、外斜視の合併頻度が高く<sup>14)</sup>、鼻側偏心固視が多く、その結果として高頻度にparadoxical fixationが認められること、立体視の完全な破壊、VEPの異常などが多くの文献<sup>15)</sup>に報告され広く受け入れられている。従って本項ではこれらの症状のうちその原因が明らかでなかった点などについて新しく検討した結果、および、従来の知見にさらに症例を加えて得られた新しい結果についてののみ考察する。

### 1. 眼位異常の種類、合併頻度、発生時期

遮断弱視においては、ごく早期に治療されない場合、恒常性の斜視が発生することはよく知られている。この場合、大部分の症例は外斜視を示すが内斜視を示す例もある。またこの眼位異常は原因的遮断の直後に発生することもあるし、ある程度の期間を経てから発生する例もある。眼位異常の種類や発生時期を調査し、それがどのような要因と関係しているかを知ること、遮断弱視の病態生理を研究する上でも有益であると考えられる。そこで、今回著者は、内反症手術に伴う眼帯を主とする約1週間の短期間完全遮断によって生じた遮断弱視について、その眼位異常の種類と屈折の関係、眼位異常の発生時期、むき運動の異常、各眼の手術後の眼帯によって左右各眼の視覚刺激が遮断された合計の期間などの要因といかなる関係にあるかについて検討した。

#### (1) 症例及び方法

症例は、約1週間の眼帯によって生じた遮断弱視65例である。眼帯を必要とした原因疾患の内訳は、内反症手術59例、眼瞼外傷3例、眼瞼腫瘍2例、先天性眼瞼下垂手術1例である。内反症手術例59例のうち、片眼を1回手術した例は11例、両眼ひき続いて1回ずつ手術した例は45例、両眼交互に計3回手術した例が3例であった。原因的遮断の時期は生後3ヵ月から3歳に亘っている。

この65例について、(i) 眼位異常の種類、(ii) 眼位異常の種類と屈折異常、(iii) 眼位異常の種類とその発生時期、(iv) むき運動の異常と斜視発生時期、(v) 左右各眼が原因的遮断を受けた合計の期間と斜視発生時期の5項目について検討した。

屈折は、アトロピンあるいはサイクロゾール点眼による調節麻痺下で検査したが、年長者の一部は、調節

表3 形態覚遮断弱視65例の眼位と健眼の屈折異常 (Spherical Equivalent)

眼位 \ 屈折異常	外斜視	内斜視
-6 ≤ <-5	1	
-5 ≤ <-4		
-4 ≤ <-3		
-3 ≤ <-2	2	
-2 ≤ <-1	1	
-1 ≤ <-0.5	3	
-0.5 ≤ ≤+0.5	36	5
+0.5 < ≤+1	7	
+1 < ≤+2	4	2
+2 < ≤+3	2	2
計	56	9
平均	-0.0323 (σ=1.122)	+0.861 (σ=1.286)

表4 形態覚遮断弱視65例の眼位と弱視眼の屈折異常 (Spherical Equivalent)

眼位 \ 屈折異常	外斜視	内斜視
-9.0 ≤ <-8.0	1	
-8.0 ≤ <-7.0		
-7.0 ≤ <-6.0		
-6.0 ≤ <-5.0		
-5.0 ≤ <-4.0		
-4.0 ≤ <-3.0		
-3.0 ≤ <-2.0	1	
-2.0 ≤ <-1.0	2	
-1.0 ≤ <-0.5	6	
-0.5 ≤ ≤+0.5	25	4
+0.5 < ≤+1.0	10	
+1.0 < ≤+2.0	8	1
+2.0 < ≤+3.0		3
+3.0 < ≤+4.0	3	
+4.0 < ≤+5.0		1
計	56	9
平均	+0.261 (σ=1.682)	+1.458 (σ=1.853)

麻痺剤を用いていない。眼位異常の発生は、発症当時の写真、母親の観察、当時の眼科受診結果などにより判断した。むき運動の異常は、上斜筋、下斜筋の過動、不全や、A-pattern、V-patternの存在によって判定した。遮断された合計の期間は、内反症において1眼を1回手術したものは1週間、左右各眼をひき続いて手術したものは2週間、左右各眼ひき続いて手術し、さらに先に手術した方の眼を再手術したものを3週間とみなした。

(2) 結果および考按 (表3, 4)

(i) 眼位異常の種類

65例のうち56例(86%)が外斜視を示し、9例(14%)が内斜視を示した。上下斜視が合併している場合も斜視角が小さいため水平斜視に含め、全例を外斜視か内斜視かの二群に分けた。

(ii) 眼位異常の種類と屈折異常

眼位異常の発現には、固視眼である健眼の屈折異常の関与が大きいと考えられるので弱視眼とともに健眼の屈折値を検討した。

健眼の spherical equivalent は、外斜視例では、-5.25D から+0.625D にわたり、平均-0.03D (σ=

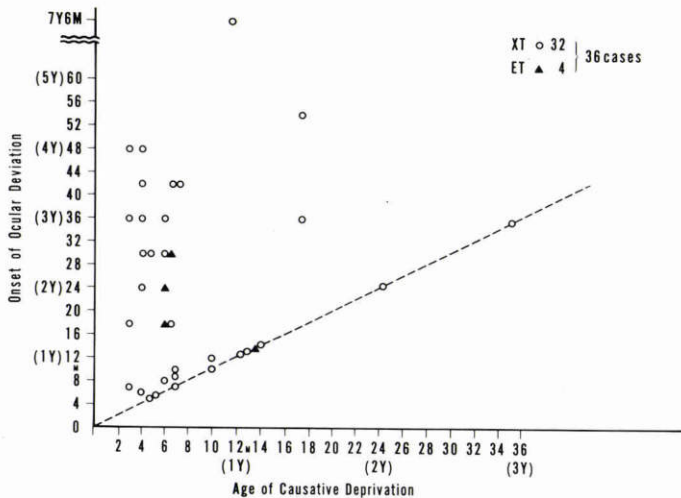


図5 原因遮断の与えられた時期と外斜視・内斜視の発症時期

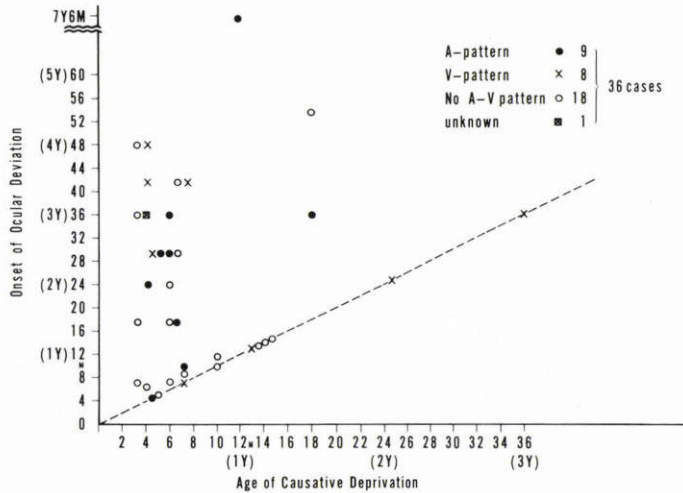


図6 原因遮断の与えられた時期とA-V型斜視の発症時期

表5 形態覚遮断弱視65例のA-V型斜視の頻度

斜視型	症例数	%
A pattern	18例	27.7
V pattern	11例	16.9
A-V pattern (-)	28例	43.1
不明	8例	12.3
計	65例	100.0

1.12)であり、内斜視例では-0.5Dから+3.0Dにわたり平均+0.86D ( $\sigma=1.29$ )であった。-1.0Dから+1.0Dまでの屈折異常の小さい例の割合は外斜視例では56例中46例(82%)、内斜視例では9例中5例(56%)を占めていた。弱視眼の屈折異常分布は健眼のそれに極めて類似していた。

(iii) 眼位異常の種類とその発生時期 (図5)

65例のうち発症時期を知り得た36例では、その時期により二群に大別される。すなわち、第1群は原因的遮断後4カ月以内に発症した例であり、図の点線上あるいはその近辺に示されている(直後斜視発生例)。第2群は原因的遮断から1年以上後に発症した例で図の点線より離れた位置に分布している。外斜視32例のうち、直後斜視発生例は15例(46.9%)であった。内斜視4例では、直後斜視発生例は1例(25%)であった。すなわち、外斜視も内斜視も直後に発生する頻度には有意の差はみられなかった。

(iv) むき運動の異常と眼位異常の発生時期 (図6)

むき運動については、全65例のうち、不明8例(12.3%)を除くと、正常28例(43.1%)、1眼または

両眼の上斜筋過動症(A型斜視)18例(27.7%)、1眼または両眼の下斜筋過動症(V型斜視)11例(16.9%)であった(表5)。これらの値は一般水平斜視中のA型斜視、V型斜視の頻度に比して大きい<sup>20)21)</sup>。しかし、眼位異常の発生時期のわかっている36例のうち、むき運動不明の1例を除いた35例では直後斜視の発生例は、正常18例のうち10例(55.6%)、A型9例のうち2例(22.2%)、V型8例のうち2例(25.0%)であり、直後に斜視が発生する頻度はA型、V型とは有意の関係がみられなかった。

(v) 眼位異常の発生時期と各眼が原因的遮断を受けた合計の期間との関係

65例のうち、1眼が約1週間の原因的遮断を受けた例が17例、左右各眼ひき続き合計2週間の遮断を受けた例が45例、各眼1週間ずつとさらに先に遮断された眼の1週間の合計3週間の原因的遮断を受けた例が3例あった。このうち眼位異常の発生時期がわかっている36例では、1週間のみ原因的遮断例は8例、このうち、直後斜視発生例は4例(50%)であった。左右各眼合計2週間の遮断例27例と合計3週間の遮断例は合わせて28例でこのうち、直後斜視発生例は12例(42.9%)であった。即ち原因的遮断を除去した直後に斜視が発生する頻度は両群の間に差がみられなかった。

(3) 小括

以上に述べたごとく遮断弱視には、外斜視の合併が圧倒的に多い。原因として考えられることは、斜視弱視と全く逆に斜視が弱視の原因ではなく、結果であり、



弱視眼の抑制に端を発した廃用性斜視 (sensory secondary exotropia) と同類のものと考えられる。しかし内斜視を示す症例と健眼の屈折異常との関係は興味深く、内斜視を示す9例のなかには、-0.5Dを越す近視は1例もみられない。近見時に調節機序を介して弱視眼の眼位に影響をおよぼすと思われる。

運動面の非共同性、とくに斜筋の過動や不全の関与も興味深い。所見の得られた57例中約半数にA-V型斜視がみられ、しかも上斜筋過動のあるA型斜視が、下斜筋に過動を示すV型斜視より多い。このことは、水平斜視のなかで、一般にはV型斜視がA型斜視より頻度が高いという事実と全く逆の関係にあり、下方視、読書眼位における運動面の非共同性、不均衡性が短期間の感覚面の融像破壊に拍車をかけ、顕性斜視を発症させる一因となりうると考えられる。

斜視発生の時期との関係では、外斜視と内斜視、A-patternとV-patternとの間に統計学的有意差はないように思われる。

## 2. 遮断弱視のVEP

遮断弱視の網膜および視路における電気生理学的変化を調べるために、遮断弱視の10例についてVEPを検討した。

### (1) 症例および方法

年齢10歳から22歳に亘る、協力的で信頼性のある記

録が可能であった遮断弱視10例について、pattern reversal VEP および flash VEP を検査した。検査条件の詳細は以下のごとくである。

### 刺激条件

#### pattern reversal VEP

luminance 88cd/m<sup>2</sup> check size 30'  
contrast 80% frequency 1.75Hz (transient)  
13Hz (steady state)

stimulus field 25°

#### unstructured light VEP (Ganzfeld system による)

energy 66mw/m<sup>2</sup> frequency 13Hz

### 記録条件

time constant 0.1sec.

high cut 100Hz

### (2) 結果および考按

まず、長期間完全遮断による典型的な遮断弱視の症例をVEPとともに示す。

症例 C.S. 19歳、女。

生直後より左眼瞼を含む顔面に広範囲な血管腫が存在し、治療のため生後2カ月から6カ月間左眼を含めて圧迫繃帯をうけた。

視力：右；1.2

左；0.02 (n.c.)

屈折：右；正視

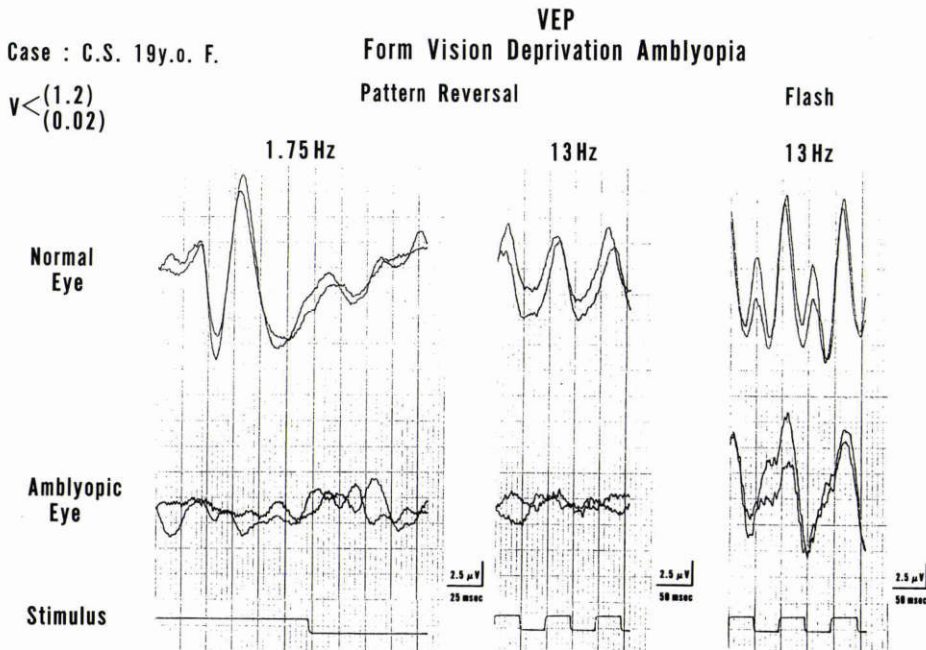


図7 形態覚遮断弱視の症例にみられた pattern reversal VEP および flash VEP

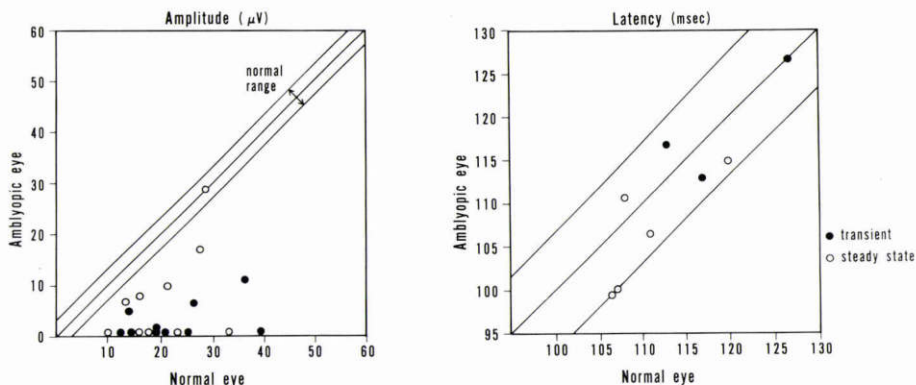


図8 形態覚遮断弱視10例にみられた pattern reversal VEP の振幅および潜時

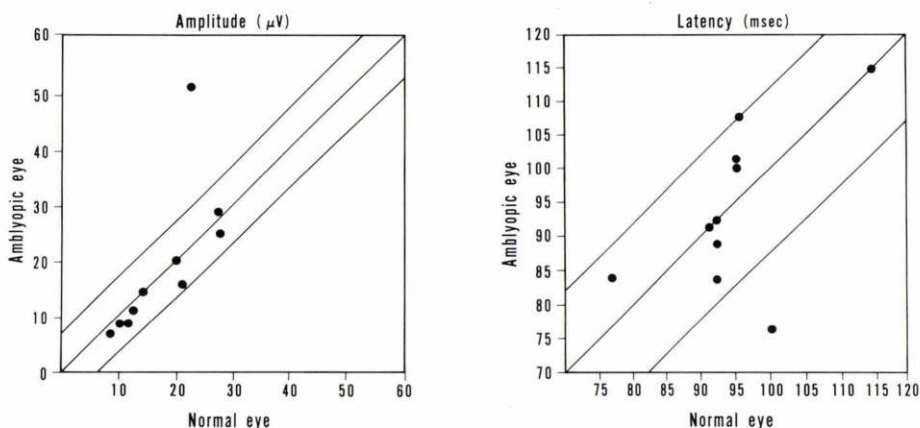


図9 形態覚遮断弱視10例にみられた flash VEP の振幅および潜時

左； $-3.0_D = \text{cyl} - 1.0_D \text{ Ax. } 180^\circ$

眼位：左外斜視 $10^\Delta$

固視点：(左)鼻側偏心固視

眼底：(両)正常

VEP：左右差顕著

Pattern reversal VEP では、刺激周波数1.5Hz (transient) によっても13Hz (steady state) によっても振幅の左右差は極めて顕著である。しかし、潜時については顕著な左右差はみられない。また flash VEP では振幅についても潜時についても顕著な変化はみられなかった(図7)。10例全例についての pattern reversal VEP の振幅と潜時について総括すれば(図8)、transient では、振幅について全例が左右差の正常範囲を逸脱して異常性を示し、潜時について全例が左右差の正常範囲に留まっている。また、steady state の振幅は1例を除く9例に有意な左右差を示し、潜時は全例が左右差の正常範囲内に留まった。また flash VEP につ

いての10例の総括(図9)では、振幅においても潜時においても1例が左右差の正常域を逸脱するのみで、他の9例はその正常範囲に留まっている点が、pattern reversal VEP と flash VEP との大きな差異であると思われる。全症例についてこれらの所見をまとめて示す(表6)。ただし、flash VEP については、著者らの以前の報告<sup>14),25)</sup>では振幅や潜時に軽度の異常を示す症例もみられたので、今後さらに詳細な検討が必要である。

(3) 小括

VEP 検査は今日、網膜および視路の病態生理を解明する一つの重要な手掛りであると思われるが、信頼ある、再現性を示す症例は、年齢的にある程度の限界があること、従って乳幼児では十分な検査ができないという欠点をもっている。年齢的に信頼できる症例では、弱視症状、視路の変化は固着し、いわば癥痕化した病巣を反映しているとも云うことができる。したがって

表6 形態覚遮断弱視10例にみられた pattern reversal VEP および flash VEP

Case	Sex	Age (Yrs.)	Corrected Visual Acuity	Deviation	Comparison of VEPs from the two eyes					
					Pattern Reversal VEP				Flash VEP	
					Transient (P1)		Steady State		Steady State	
					Amplitude	Latency	Amplitude	Latency	Amplitude	Latency
H.K.	F	15	R: 0.02 L: 1.2	ET	A << N	A - N	A << N	A - N	A = N	A = N
M.S.	F	13	R: 0.02 L: 1.2	XT	A << N	A - N	A << N	A - N	A = N	A = N
C.S.	F	19	R: 1.2 L: 0.02	XT	A << N	A - N	A << N	A - N	A = N	A = N
H.N.	M	16	R: 0.02 L: 1.5	XT	A << N	A - N	A << N	A - N	A = N	A = N
Y.S.	F	13	R: 1.0 L: 0.03	ET	A << N	A - N	A << N	A - N	A = N	A = N
R.I.	M	11	R: 0.03 L: 1.0	XT	A < N	A = N	A < N	A = N	A = N	A = N
S.Y.	F	10	R: 0.06 L: 1.0	XT	A << N	A - N	A < N	A = N	A = N	A = N
S.T.	F	22	R: 0.07 L: 1.5	XT	A < N	A = N	A < N	A = N	A > N	A = N
H.M.	M	14	R: 1.2 L: 0.1	ET	A < N	A = N	A = N	A = N	A = N	A = N
S.K.	F	14	R: 1.2 L: 0.1	XT	A << N	A - N	A < N	A = N	A = N	A = N

A: Amblyopic eye << : No response in the amblyopic eye - : incomparable because of no response in the amblyopic eye  
 N: Normal eye >, < : Significant difference  
 = : No significant difference

VEPを新鮮例の予後の判定に用いることは困難である。原因的遮断後間もない遮断弱視の新鮮な段階における、なお、可逆的な視機能の変化をとらえることの必要性が感じられる。しかし、このためには、症例の年齢的限界があることなど、今後も遮断弱視の電気生理学的研究には解決されるべきいくつかの問題が残されている。

3. 空間周波数特性

近年、種々の眼科疾患において、とくに、網膜より視中枢に至る視路の諸機能を検討する方法の一つとして、laser 干渉縞を用いた網膜大脳系の空間周波数特性(modulation transfer function 以後 MTF と略す)の測定が導入され、報告<sup>22)~24)</sup>がされてきた。そこで著者が長期間経過を観察した典型的な遮断弱視13例について共同研究者の柳田ら<sup>25)</sup>が MTF を測定した。

(1) 症例および方法

原因的視覚遮断の明らかな典型的な遮断弱視で年齢8歳から23歳におよぶ、検査に信頼性のある13例について MTF の検査を行った。遮断弱視を原因別にながめると、先天性白内障2例、鉗子分娩による角膜障害1例、内反症手術後の眼帯によるものが10例である。

測定装置は刺激光として波長633.8nm, 0.5mW の He-Ne laser を用い、Dove prism を回転することにより干渉縞の方向を変え、検査視角を5°の範囲で水平経線と垂直経線方向について MTF を測定した。

被検者はあご台に頭部を固定し、視標は Maxwell 視し、2 から50cycles/degree の範囲の干渉縞を短時間呈示し、コントラストを0から上昇し、干渉縞が見えて来る時点を7回測定し、うち5回の平均値を求めた。

(2) 結果および考按

得られた MTF の所見を波型により4型に分けた。I型は全周波数領域にわたって感度が低下しているが正常眼の曲線とほぼ平行する型である。II群は全域にわたり感度が低下しているがピークが低周波域に移動した型、III群は明らかなピークを示さないが、周波数の増加に伴い感度が低下を示しながら、その cut-off 周波数が正常眼のそれと変わらない型、IV型はピーク形成はないが cut-off 周波数が正常眼に比して極度に低周波域に留まる型である(図10)。水平経線に対しては、I型4例、II型3例、IV型6例、垂直経線に対しては、I型4例、II型3例、III型2例、IV型4例であった(表

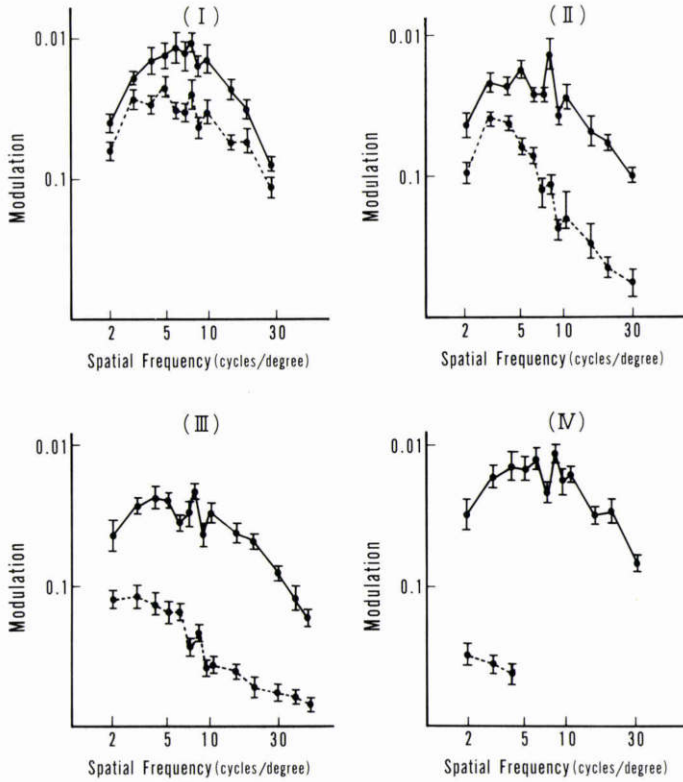


図10 形態覚遮断弱視13例にみられた空間周波数特性の4種の波型

表7 形態覚遮断弱視13例にみられた空間周波数特性

Case	Sex	Age	Causative Occlusion	Corrected Vision	VEP	Deviation	Fixation Pattern	Horizontal Orientation	
								Types of MTF Pattern	Vertical Orientation
K.K.	M	16	Entropium	0.1		XT	Temporal	II	III
V.I.	F	11	Entropium	0.2	Sl.Abnorm.	XT	Nasal	I	I
M.T.	F	18	Entropium	0.02	Sl.Abnorm.	XT	Nasal	IV	IV
H.K.	M	9	Entropium	0.2	Sl.Abnorm.	ET	Nasal	I	I
K.H.	F	9	Hordeolum	0.09	Abnormal	X(T)	Nasal	IV	IV
H.H.	F	16	Entropium	0.2		ET	Nasal	I	I
S.T.	M	13	Entropium	0.2		XT	Temporal	II	II
K.S.	M	15	Entropium	0.07	Abnormal	XT	Nasal	II	II
Y.E.	F	9	Lid Trauma	0.2	Abnormal	XT	Nasal	I	I
K.E.	F	8	Trauma	0.02	Abnormal	XT	Nasal	IV	IV
K.I.	F	22	Cong.Cat.	0.05	Sl.Abnorm.	ET	Nasal	IV	IV
M.Y.	F	20	Forceps Deliv.	0.1	Sl.Abnorm.	XT	PF	IV	IV
Y.K.	F	8	Cong.Cat.	0.01				IV	IV

MTF: Modulation Transfer Function Cong.Cat.: Congenital Cataract Forceps Deliv.: Forceps Delivery  
Sl.Abnorm.: Slightly Abnormal

7).

全体的にながめると、視力が0.2以上の症例はI型の曲線を示す例が多く、視力が0.1以下の症例では、IV型

の曲線を示す例が多かった。また今回対象としたすべての症例が偏心固視を示しており、上述の異常波型の成立には異常固視の因子<sup>26)</sup>が大きく関与していると思

われる。しかし、固視点異常の偏心度の大きさや眼位の種類との関係については詳細は不明である。また、低周波域における感度低下にみられる側方抑制についても、今後さらに検討を要する。

### (3) 小括

今回扱った13例の症例から得られた結果を総括的にまとめると、(i) 全周波数領域での感度の低下、(ii) ピークが低周波数側へ移動あるいは消失、(iii) cut-off周波数の低下、(iv) 同一症例においても、水平経線に対するMTF波型と垂直経線に対する波型が異なる例がみられたことである。

### 4. 両眼視の喪失

遮断弱視は斜視弱視と同様に視力低下のほかに両眼視機能の完全な喪失があることはよく知られている。Wiesel, Hubel<sup>(10)27)</sup>のネコやサル of 皮質ニューロン眼優位性ヒストグラムも実験弱視学の知見として有名である。

81例の遮断弱視について、大型弱視鏡による同時視は全例(-)、Titmus Stereo Testsによる立体視も全例不合格であったが、これは当然の結果である。しかし、残像ひきとり試験による網膜対応をみると81例中、

正常対応27例、対応異常22例、抑制5例、検査不能27例であった。視覚中枢における両眼視細胞の破壊がありながら、残像ひきとり試験による正常対応が、検査可能であった症例の半数の27例も存在することは非常に意味深い。

ヒトは生まれながらにして、両眼の中心窩中心窩の対応を網膜と視路の構築として備えているが、1眼の遮断により、その眼が抑制を受け、正常対応の pathway を残したまま両眼視を失っているものと思われる。顕性斜視の出現により、日常両眼視である立体視は完全にやぶれていても、もっとも分離視のつよい検査として、中心窩と中心窩の対応は維持されている症例もあるのである。

## VI Critical period (sensitive period) に関する考察

Hubel や Wiesel<sup>(27)28)</sup>をはじめとする、サルやネコを使った弱視の実験モデルによれば、これらの動物における視覚発達の感受性期間、弱視発生の critical period が生後約3カ月位であることは広く受け入れられている。またヒトにおける感受性期間についても、

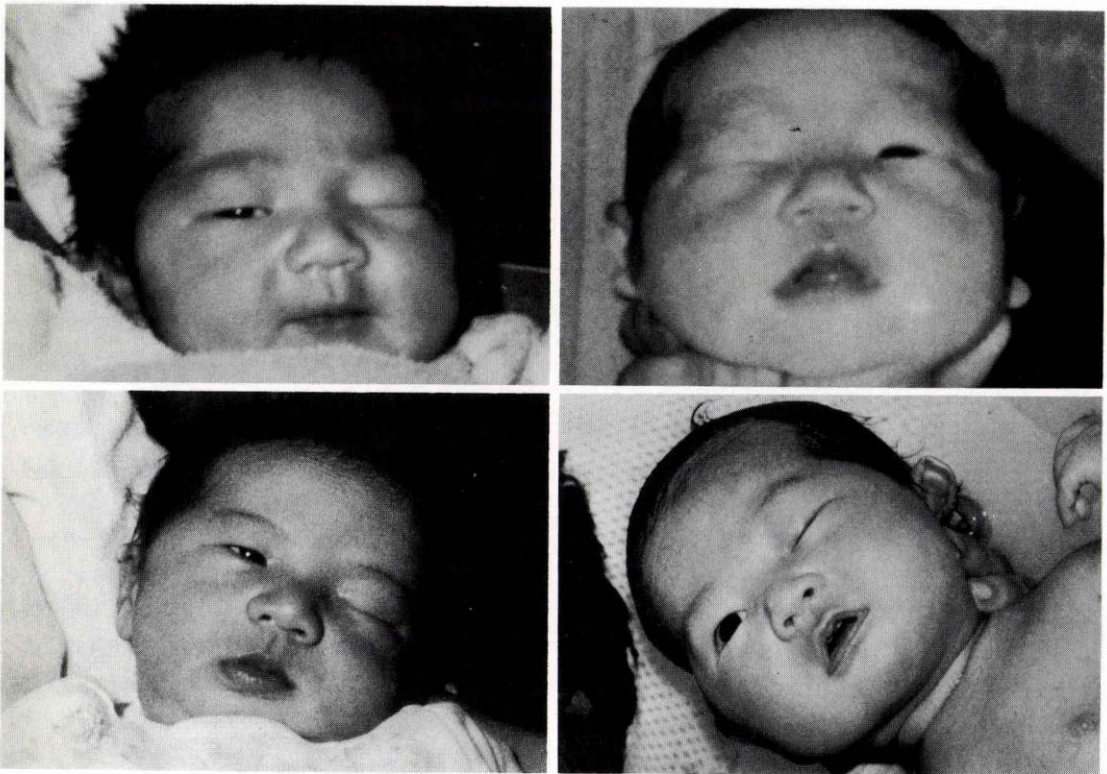


図11 生直後から約2週間、患眼の完全閉眼を示した先天性片眼眼瞼下垂

表8 生直後、患眼閉鎖を示した先天性片眼眼瞼下垂12例の視力、立体視および眼位

Case	Sex	Age	Ptotic eye	Period of lid closure after birth	Visual acuity	Ocular Deviation	Stereopsis
1. M.W.	M	7M	L-eye	1 M	R: 0.3 L: 0.4	Ortho	No definite response
2. H.N.	M	6Y	L-eye	1 M	R: 1.2 L: 1.0 (7Y)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(9/9)
3. H.O.	M	2M	L-eye	2 W	R: 1.0 L: 0.6 (n.c.)	Ortho	Lang: cat(+)car(+)*star(+)
4. A.T.	F	1Y	R-eye	2 W	R: 0.6 L: 0.7 (3Y7M)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(5/9)
5. F.M.	M	24 days	R-eye	10 days	R: 0.3 (0.8) L: 0.6 (1.0)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(6/9)
6. S.M.	F	3M	R-eye	10 days	R: 1.0 L: 1.0 (3Y9M)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(8/9)
7. K.T.	F	17M	R-eye	10 days	R: 0.8 (n.c.) L: 0.6 (n.c.)	Ortho	Lang: cat(+)car(+)*star(+)
8. T.H.	M	1Y	R-eye	1 W	R: 0.4 (n.c.) L: 0.6 (n.c.)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(5/9)
9. M.Y.	F	3Y	R-eye	10 days	R: 1.0 L: 1.0	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(9/9)
10. M.I.	F	2Y4M	R-eye	1 M	R: 0.2 L: 0.2	Ortho	Lang: cat(+)car(+)*star(+)
11. K.F.	M	4Y11M	L-eye	2 W	R: 0.4 (1.0) L: 0.3 (0.9)	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(9/9)
12. S.F.	F	5Y9M	L-eye	1 M	R: 1.2 L: 1.0	Ortho	Titmus: F(+)A(3/3)C(8/9)

二、三の報告<sup>29)30)</sup>がみられるが、著者ら<sup>31)33)</sup>は従来より種々のパラメーターにより分析を試みて発表してきた。今回はさらに症例を増やして次のパラメーターよりヒトにおける視覚の感受性を検討した。

### 1. 生直後の感受性

(1) 先天性片眼眼瞼下垂における生直後の眼瞼閉鎖例について

先天性片眼眼瞼下垂は一般に遮断弱視を発生しないことは従来より著者らの主張<sup>34)~36)</sup>するところであり、また同様の報告<sup>37)</sup>もみられる。これは、眼瞼下垂眼は第一眼位や下方視では十分両眼視を維持しているからと考えられる。しかしながら、先天性片眼眼瞼下垂のなかには、生直後より一定期間、患眼が完全に閉鎖していた既往がある例に時々遭遇する(図11)。著者らは、明らかな記録のある12例について種々の視機能を検討した結果(表8)、弱視は1例もみられず、年齢的に両眼視機能が検査可能であった症例ではすべて良好な両眼視がみられた。このことより、ヒトでは生直後の約1カ月は視覚の感受性は低く、この期間の視覚刺激の遮断は弱視起因性が低いと考えられる。先天性白内障や早期の外傷性白内障が、弱視起因性が非常に高いのは、視覚刺激の遮断が生直後の1カ月を越え、その後

もなお長期間に亘り視覚遮断がつづくためと考えられる。

### (2) 新生児黄斑部出血

生直後の視覚遮断のいま一つの例として新生児の黄斑部出血が考えられる。

新生児の黄斑部出血には弱視起因性があるとする報告<sup>38)39)</sup>と、弱視起因性がないとする報告<sup>40)~43)</sup>がある。著者ら<sup>44)</sup>は従来これらの症例に弱視をみていない。黄斑部外の網膜出血は通常1~2週間の比較的短期間に吸収されるが、黄斑部出血は次第に吸収、縮小を示すが、完全吸収に至るのは1~2カ月、ときにはさらに長期間を要する例もしばしばある(図12)。著者らは、このような症例10例の出血吸収後の視機能を検討した結果、両眼間の視力差はみられず、眼位はすべて正位を示し、測定できた3例は500~1,200sec. of arcの立体視を示していた(表9)。なかでも症例9は、生後間もなく、黄斑部をおおう網膜前出血が約4カ月続き、完全に吸収するのに5カ月を経ている(図13)。この症例は、出血吸収後は、検眼鏡的には眼底にも中間透光体にも異常はみられず、眼位は正位であり、生後10カ月時にP.L. Acuityは、患眼0.2、健眼0.2で、各眼の視力差はみられなかったが、後述するTV-R.D.Stereo

表9 新生児黄斑部出血の10例の視力、立体視及び眼位

Case	Sex	Affected eye	Duration of Hem.	Initial Exam.		Final Exam.			Stereopsis
				Age	V.A. (PL)	Age	Visual Acuity	Ocular Deviation	
1. Y.F.	F	R	3 M	7M	R: 0.075 L: 0.075	2Y4M	R: 0.6 L: 0.6	Ortho	1200"
2. J.O.	F	R	6 W	4M	R: 0.04 L: 0.025	9M	R: 0.075 L: 0.075	Ortho	
3. S.M.	M	R	2 M	5M	R: 0.01 L: 0.005	1Y2M	R: 0.05 L: 0.04	Ortho	
4. C.K.	F	L	6 W	10M	R: 0.1 L: 0.05	1Y7M	R: 0.05 L: 0.05	Ortho	600"
5. A.O.	M	L	1 M	6M	R: 0.005 L: 0.005	1Y3M	R: 0.06 L: 0.06	Ortho	
6. M.S.	M	L	2 M	4M	R: 0.01 L: 0.005	1Y5M	R: 0.05 L: 0.04	Ortho	
7. M.H.	F	R	4 M	6M	R: 0.005 L: 0.01	2Y	R: 0.075 L: 0.075	Ortho	500"
8. K.K.	M	R	5 M	3M	R: 0.008 L: 0.008	10M	R: 0.2 L: 0.2	Ortho	1200"
9. Y.A.	F	R	1 M	6M	R: 0.01 L: 0.01	3Y10M	R: 0.5 L: 0.4	Ortho	
10. K.N.	M	L	3 M	4 M	R: 0.06 L: 0.06	10 M	R: 0.1 L: 0.1	Ortho	1200"

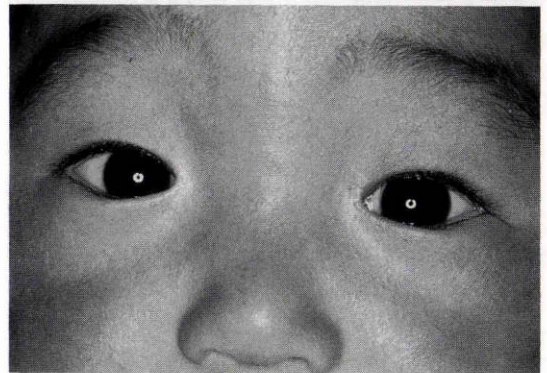
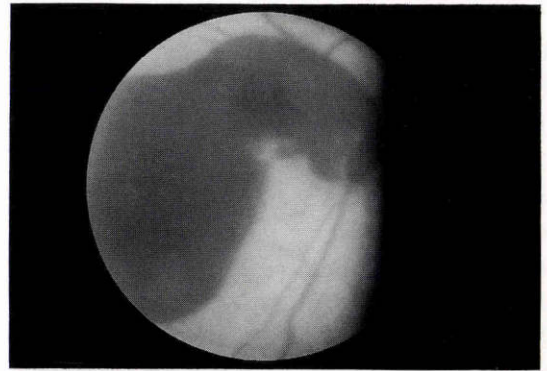
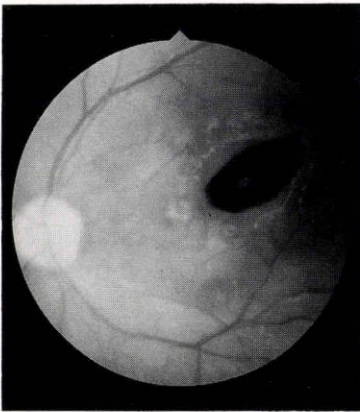


図12 新生児黄斑部出血の1例(上), 2歳時の外眼写真(下)

図13 新生児黄斑部出血, 網膜前出血の1例(上), 9カ月時の外眼写真(下)

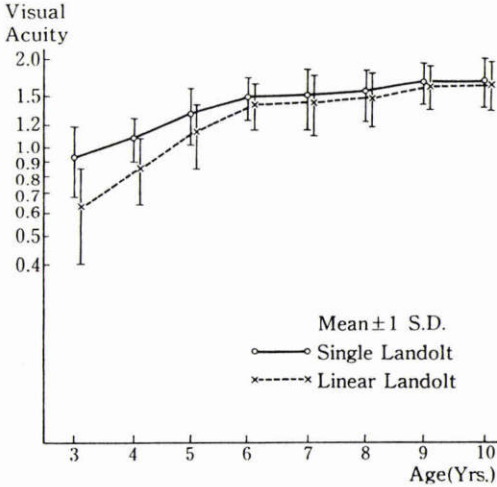


図14 3歳から10歳の正常児830眼の字ひとつ視力および字づまり視力の平均値ならびに標準偏差

Testには良好な反応を示さなかった。これは、年齢的限界によるものか否か、今後の視力や立体視の発達動向に興味もたれるところである。

2. 読み分け困難からみた視覚の発達

読み分け困難という現象はかつて、Irvine<sup>45)</sup>, Bangerter<sup>3)</sup>により弱視眼視力の特徴とされ、いままでにこの観点<sup>46)~53)</sup>から行われた多くの研究がみられる。しかし、今日では未熟視覚を示すものとして、幼児視力の特徴と考えられている。著者らはこの点<sup>32)54)55)</sup>に着目し、このような読み分け困難現象が、正常児において生後何歳ころまで続くかを検討することにより、視覚発達の完成時期を知る手段として検討した。すなわち、3歳児より10歳児まで各年齢ごとに1眼づつの字ひとつ視力と字づまり視力を測定した結果、8歳のおわりまでは、両種の視力に統計的有意の差が認められた<sup>56)</sup> (図14)。すなわち明確な「読み分け困難現象」がこの年齢まで存在することから、ヒトの視覚の発達にはほぼ8歳のおわりころまでつづくのではないかという結論を得た。

3. 治療に対する反応

遮断弱視が固定化した例では、如何なる治療にも抵抗して視力改善は得られないことは周知の事実である。前述の遮断弱視の短期間完全遮断群では、視覚発達に対する障害が比較的軽度な例が多く、この群の遮断弱視例は、やや後になって健眼遮断治療が開始されてもある程度の視力改善を示す症例がみられる。そこで、このような症例68例について治療開始年齢と視力

Recovery of V.A.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20<	Total	
Poor*			•	•	••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	36
Fair**						•	•	•	•	•	•			•										6
Good***	•	•	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	••	26

\* Poor : 0.2 or less \*\* Fair : 0.3 to 0.5 \*\*\* Good : 0.6 or better

図15 形態覚遮断弱視（短期間完全遮断型）68例における健眼遮断開始年齢と視力予後

の改善の程度に検討を加えた(図15)<sup>32)</sup>。その結果では、2歳までに治療を開始した2例はともに良好な視力改善を、2歳から8歳の終わりまでの間に治療を開始した48例では、良好24例、やや良好4例、不良20例を示し、視力改善の予後のよい例と悪い例が相半ばした。しかし、9歳以後にはじめて治療を開始した18例のなかには良好な視力改善を示した例が1例も認められなかった。このことから、ヒトでは視覚の感受性期間はやはり8歳のおわり頃までつづくのではなからうかと考えられる。

4. 原因的遮断の時期・期間と弱視発生の関係

1眼の原因的遮断の既往のある症例が、その時期・期間により弱視の発生にどのような関与を示すかということは、弱視発生の critical period を知るためには極めて大切である。著者らは先に検討した173例にさらに症例を追加して191例について分析を加えた。横軸に原因的遮断の開始時期を連続的に示し、縦軸に原因的遮断の期間を区分し、弱視例(視力0.2以下)を黒丸、非弱視例を白丸で表した(図16)。1週間程度の短期間完全遮断群に属する弱視例は71例であるが、このうち18カ月までに遮断をうけた例が68例(95.8%)であり、残りの3例は24カ月に2例、36カ月に遮断されたものが1例であった。すなわち、1週間程度の短期間の遮断では、生後18カ月頃までが弱視になる頻度が高い。すなわち、この時期までは視覚の感受性は極めて高いと考えられる。しかし、遮断期間が長くなるにつれて、幼児の年齢が大きくなっても弱視発生がみられる。実際に弱視を発生させた原因的遮断がもっとも大きい年齢で与えられた例は、4歳時に1眼の角膜炎を生じ、角膜白斑を残して治癒したが、12年後に角膜移植を行い透光体や眼底には全く異常を認めなかったにもかか



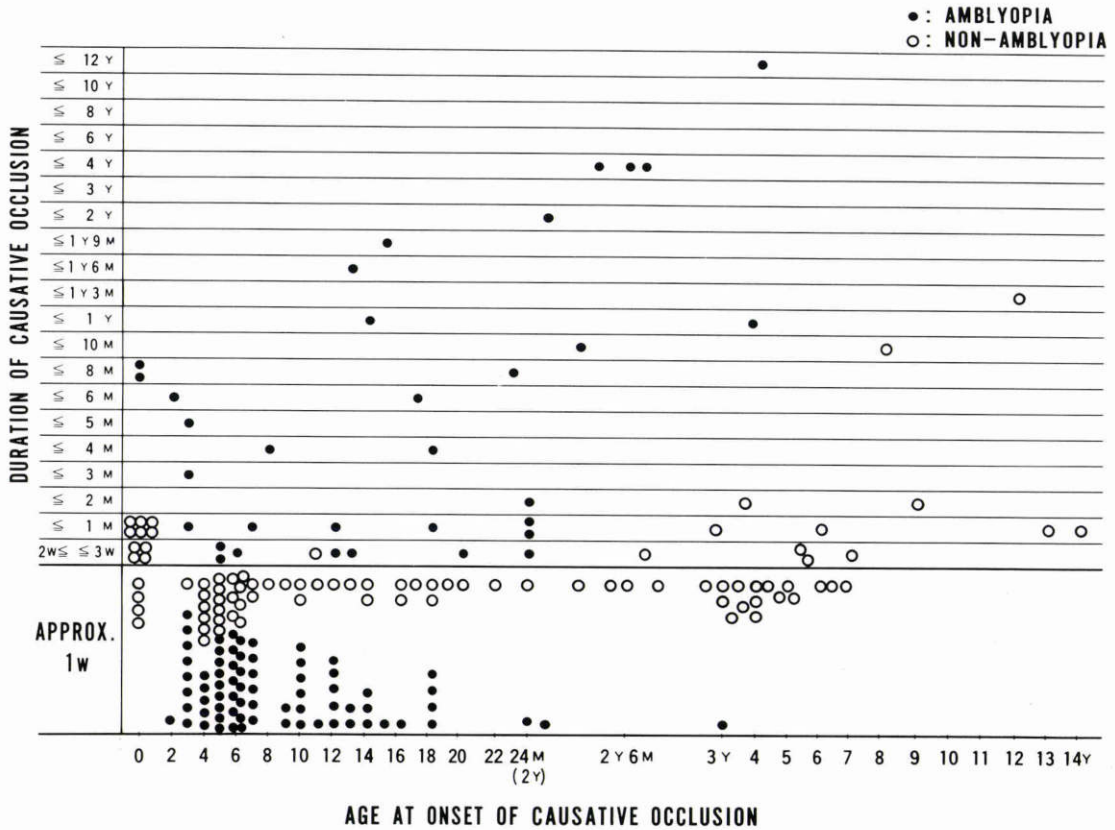


図16 片眼性視覚刺激遮断の既往のある191例における弱視の発生状況

ならず、典型的な遮断弱視となっていた症例である。また逆に、生後1カ月以内においては、1カ月以内の遮断例はいずれも弱視を発生しなかったことから、この期間はヒトの視覚の感受性は低いことを物語るように思われる。1眼遮断の既往があっても弱視を発生しない例は、視力障害を主訴として来院しないので発見されにくい宿命にある。したがって、ここに供覧した非弱視の症例も、偶然に遮断の既往が発見された例もあり、1眼の遮断歴がありながら、非弱視となっている症例は他に多く埋もれていると考えられ、ここでは弱視発生頻度を論ずるものではない。ただし、全体として、遮断期間が長いほど、また遮断時期が低年齢ほど弱視例が多い傾向にあることは明白である。

(1) 考按

以上のように考えると、ヒトの視覚の感受性期間はおよそ8歳の頃までにつき、この頃に視覚の成熟化が完成されるように思われる。von Noorden<sup>29)</sup>は、ヒトの感受性はほぼ5歳までとし、以後感受性は減衰する

が個体差があり、7歳の外傷性白内障後に可逆的な弱視を生じた例を報告している。Vaegan<sup>30)</sup>は、多くの先天性白内障の術後の視力予後を分析して、生後4カ月未満は感受性が低く、6~30カ月の間がもっとも高く、3~10歳の間は視覚の遮断効果は弱いと述べている。しかし、「9歳を越せば、いくら長期間片眼を遮閉しても弱視にならないか」という問に対して、明確に答えることのできる研究結果はない。しかしながら、片眼弱視の弱視眼視力が、成人になってから健眼の視力を失った後にある程度の改善をしたという報告例はみられる<sup>57)58)</sup>。

著者らも同様な症例を1例経験しているのでここに記載する。症例は46歳の男子で、両眼に陳旧性の軽度の角膜実質性混濁があり昭和43年頃右眼視力0.03(矯正不能)、左眼視力0.4(矯正不能)であった。その後左眼は緑内障を発生し、Scheie氏濾過手術を受けて眼圧のコントロールもよく、視力も維持されていたが、昭和45年4月28日、優位眼である左眼の濾過性瘢痕の

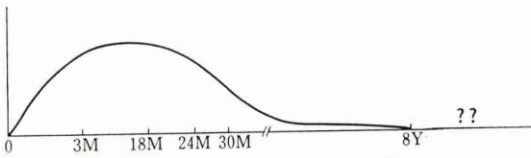


図17 ヒトの視覚の感受性期間

感染により全眼球炎を生じたため、左眼の眼球摘出を施行した。この時点では、右眼視力はやはり0.03（矯正不能）であった。その後昭和51年7月12日には、残された右眼視力は0.01（0.2）と改善を示し、昭和61年4月24日現在、右視力は0.01（0.2×-10.25D）と同じ矯正視力を維持している。この症例は、他の合併症もあり、単純な例とは考えられないが、しかし、45歳以後においても、かつて0.03矯正不能であった弱視眼が優位眼の摘出後ある程度の視力改善を示した例と考えられる。

(2) 小括

以上の各項において得られた結果を総括すれば、ヒトの視覚の感受性は、生直後の約1カ月は低く、以後次第に高くなり、1歳6カ月位までがもっとも高く、以後次第に減衰して8歳の終わり頃までつづくものと考えられる（図17）。

### VII 視力と両眼視の把握による弱視の予防

弱視の予防や治療が奏効するためには、感受性期間内に原因的遮断を可及的に予防し、また原因的遮断の既往が発見された場合や、他の種の弱視起因性疾患、例えば片眼性斜視、不同視や両眼の屈折異常などが発見された場合には、感受性期間内に原疾患の矯正や治療を施し、かつ健眼遮断を行うことが常に必須である。そのためには、ヒトの視覚の感受性の高い期間に左右各眼の視力を定量的に把握し、かつ各眼の視力間に有意の差のあることを把握しなければならない。なぜならば、もし、各眼の視力の間には差がない例で1眼を遮断すれば、その治療は健眼遮断にならず、その眼に原因的遮断を与えることになり、遮断弱視を発生させる危険性が大きいからである。このように考えると、感受性の高い2歳半以前の幼児に対して視力や両眼視機能とくに立体視を測定することが極めて大切となる。

#### 1. 乳幼児の視力測定および視力発達

乳幼児の視力発達に関する研究は、古くから眼科領域のみでなく発達心理学の領域においても多くの報告

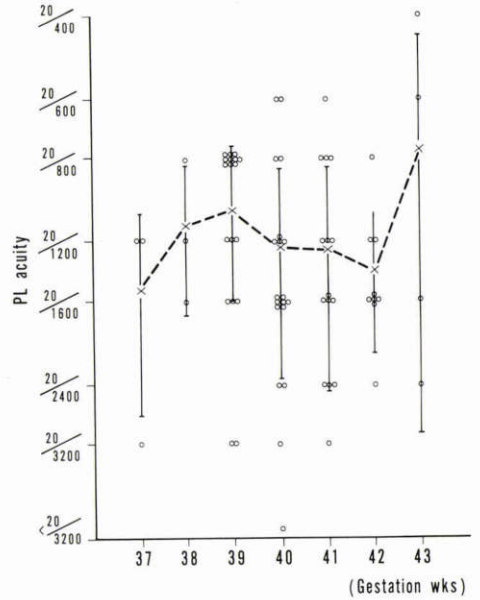


図18 新生児72例の Teller Acuity Card による PL 視力の修正在胎週数別平均値および標準偏差

がなされている。種々の方法のなかで、最も臨床的かつ実用的な方法として現在定着しつつある方法が preferential looking (P.L.)<sup>59)~66)</sup>法である。著者ら<sup>67)68)</sup>も今までに P.L.法による乳幼児の視力測定法や月齢別平均視力、各眼の視力間の有意差について報告した。

今回は Washington 大学 (Seattle) の Teller らにより開発された新しい Teller Acuity Card<sup>69)</sup>による新生児の視力測定結果を報告する。

#### (1) 症例および方法

出生後退院までの原則として生後2週までの生下時体重が2,500g以上の88例を対象としたが、このうち16例は検査中に眠くなったり不機嫌になったりして信頼できる結果が得られなかったので測定視力の平均値計算から除いた。

検者は看護婦に抱かれた新生児の視線の正面で36cmの距離を置いて Acuity Card を掲げ、中央の観察孔から新生児が縞視標をみるかどうかを観察する McDonald ら<sup>69)</sup>の原法に従った。

#### (2) 結果および考按

1) 視力測定が可能であった72例の在胎週数は36週6日から41週5日に亘っているが、67例(93%)は38週以上であった。測定時の日齢は0~18日であるが、7日以内が40例、8日から14日までの例が25例であっ

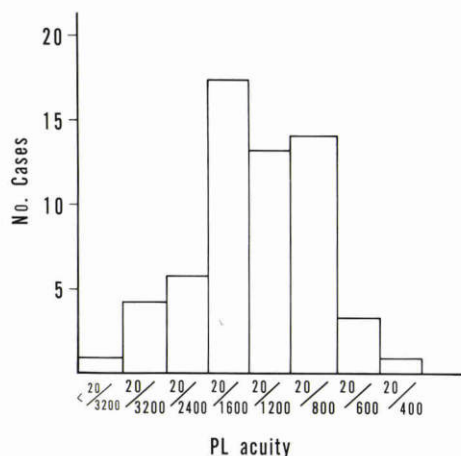


図19 新生児72例の Teller Acuity Card による PL 視力の分布

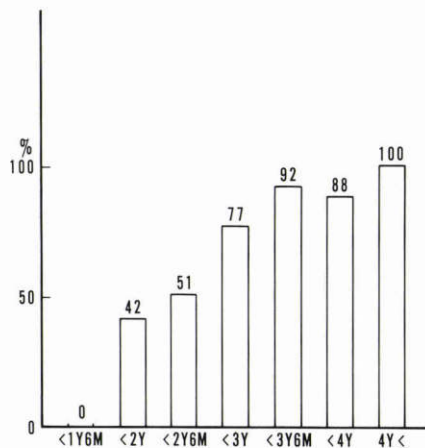


図20 正常乳幼児158例の Lang Stereotest 全図合格率

た、在胎週数と日齢を加えた修正在胎週数は37週から43週に亘っていた (図18)。

2) 検査可能であった72例のうち、最も低レベルの縞視標である20/3200も見なかった1例を除く71例の P. L. Acuity の平均値は0.0173 ( $\sigma=0.0082$ ) で、各視力段階の頻度分布図にみられるごとく、視力値20/1600 (0.0125), 20/1,200 (0.017), 20/800 (0.025) の3視力群で54例 (76.1%) を占めている (図19)。

全例の平均視力0.017は、昨年著者らの報告した暗室内の P.L. による値<sup>55)</sup>より少し高い。しかし、McDonald<sup>69)</sup>や山本ら<sup>70)</sup>の報告している新生児視力の平均値は、この値よりやや高い。

また、実際の測定にあたっては、新生児に Acuity Card をみせて、検査者が観察孔からのぞきながら card を水平に移動させると追視する例もみられるが、多くの例は、card を示した瞬間に眼を動かし、その後はあまり凝視しない。

この Acuity Card は、検査距離が36cm であり従来の P.L.検査法における50cm に比して短いことは、新生児の生理的発達過程において、近接した環境内における感覚発達が先んずることを考えると、新生児のみでなく6カ月未満の乳幼児にも Acuity Card が広く適応するのではないかと考えられる。

各眼の視力値の有意の差については、著者らは先の報告<sup>67)</sup>で「1 octave より大きい」差を有意の差とした。他の報告もこれに類似する。したがって、原因遮断の既往があったり、弱視起因性疾患の存在が明らかである例で、左右の視力差として1 octave より大きい差が

みとめられたときは、健眼遮閉を実施することが大切であり、その治療経過中は定期的に各眼の視力を測定し、患眼の視力の上昇に注意を払うと同時に遮閉眼の視力低下にも十分注意することが大切である。さらに、各眼の視力値が逆転すれば健眼遮閉を中止したり、その後も視力の逆転がもとへ戻らなければ、遮閉眼を交替することが大切である。このような細かい気遣いの上に乳幼児の各眼の視力を平等に発達させていくためには、P.L.や Acuity Card による視力の定量的測定が必須である。

## 2. 乳幼児の立体視の発達とその測定法

乳幼児における正常な視覚発達には、視力と同時に立体視の発達が非常に大切である。しかし、視覚発達のために非常に大切な時期である3歳以下で乳幼児の



図21 TV-Random Dot Stereo Test による立体視検査

立体視を正確に定量的に把握することは困難である。現在行いうる立体視検査法でもっとも低年齢児に適しているのは Lang Stereotest である。著者らは、3歳以下の正常乳幼児に Lang Stereotest を施行してその成功率などを検討した<sup>55)</sup>。

#### (1) 症例および方法

眼疾患がなく、かつ顕性偏位のない3歳以下の158名の幼児を対象に Lang Stereotest を行い、全3図合格(最小立体視角550sec. of arc) 率を年齢別に検討した。

#### (2) 結果および考按(図20)

1歳6カ月から2歳未満の幼児で42%、2歳から2歳6カ月未満で51%、2歳6カ月から3歳未満の幼児で77%の合格率を示した。これより年齢が増せば77%以上の合格率を示すので信頼度の高い検査と言える。しかし、Lang Stereotest も Titmus Stereo Tests より少ないとはいえ、monocular cue による偽陽性が皆無ではなく、幼児を対象とした大切な検査ではあるが、なお問題を残している。monocular cue のない検査法が望まれるところである。

### VIII TV-Random Dot Stereo Test

著者らは3歳未満の乳幼児を対象とする、パーソナルコンピュータを用い、random dot pattern による monocular cue が全くない新しい立体視検査装置を開発した。

#### (1) 症例および方法

この検査法は NEC 製 PC-9801F2 と14インチの TV スクリーン上に random dot pattern を配し、画面の側方に、red-green dot を用いた直径約8°の円形図標を作り、この立体視図形をテレビ画面の中心より左右に各々視角9°の部位に1.2秒間隔で交互に点滅出現させる。円形図標の左右の切り替わりの際に全画面が消失する0.1秒の blank time を設定することにより monocular cue を完全に消失させることができる。このような画面を赤緑フィルターを通して見るとその視差に応じた程度の立体視図形が得られる。浮き出した円形立体視図形が左右に出現するのは立体視を有する者のみ認知される。したがって3歳以下の乳幼児でも立体視があれば、左右に移動する円形図標を交互に追視するので、検者は赤緑フィルターの横から被検者の眼の動きを観察することにより容易に立体視の有無を判定できる。そしてその視差は155sec. of arc から2,340sec. of arc の間で自由に、簡単に変えられるので、定量的に立体視を測定することができる。

表10 正常乳幼児(3歳未満)117例における TV-Random Dot Stereo Test, Lang Stereotest, Titmus Stereo Tests の成功率の比較

立体視検査法	年齢群		
	<1歳	1 ≤ <2歳	2 ≤ <3歳
TV-R.D.Stereo	33.3%	47.5%	75.6%
Lang	0	21.0	64.0
Titmus	0	0	33.3

またテレビ画面の上方中央につけられた赤外線テレビカメラにより、被検者の眼の位置を映し、別のテレビ・モニターに映し出される眼球運動の観察により判定することも可能である。random dot pattern の display time もコンピューターにより自由に条件が設定できる(図21, 22)。

症例は、顕性偏位がなく、器質的疾患が認められない乳幼児を対象とし、1歳未満24例、1歳～2歳未満40例、2歳～3歳未満45例、3歳代8例の計117例について検査を行ったが、立体視力の平均値の計算には赤緑フィルターを嫌がったり、テレビ画面をみないなどで検査不能であった54例を除いた63例を対象とした。

#### (2) 結果および考按

Stereoacuity の分布を図示し(図23)、その平均値と標準偏差を眺めると、6カ月未満は1例のみでその値は622sec. of arc であるが、確実な陽性を示した。6カ月～12カ月未満群では平均1,299sec. of arc ( $\sigma=337$ )、12カ月～18カ月未満群で915sec. of arc ( $\sigma=358$ )、18カ月より24カ月未満群では平均1,063sec. of arc ( $\sigma=472$ )、24カ月より30カ月未満群では平均980sec. of arc ( $\sigma=487$ )、30カ月より36カ月未満群では平均894sec. of arc ( $\sigma=504$ )、36カ月より40カ月未満群では平均868sec. of arc ( $\sigma=335$ ) である。全体を眺めると6カ月未満は症例が1例のみで平均値を得るには不適當であり、またその値もたまたま非常に良好であることから、単なる参考データと考える方が適當であり、この例を除くと月齢が増すにつれて平均値は次第に低下している。すなわち、立体視としては良好になっていることは年齢とともに立体視力も発達成長を示していると思われる。ただし12カ月から18カ月群で急に良好な立体視力を示しているが、今後症例を増して検討を要する。

この検査を行った117例を年齢1歳未満、1歳代、2歳代の3群に分けて検査の成功率をみると(表10)、33.3%、47.5%、75.6%と次第に上昇しており、同年齢群の Lang Stereotest や Titmus Stereo Tests の成功率に比してはるかによい。この検査法はその成功率

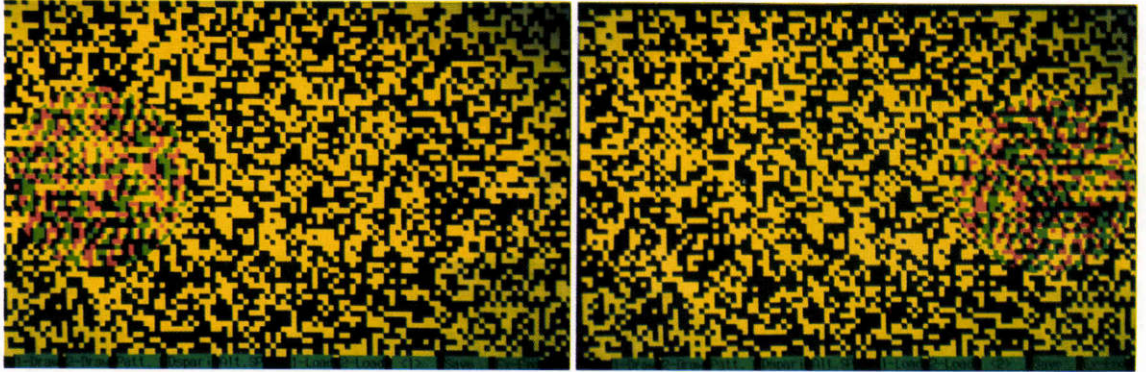


図22 TV-Random Dot Stereo Test のスクリーンに交替表示される一対の Random Dot Stereogram

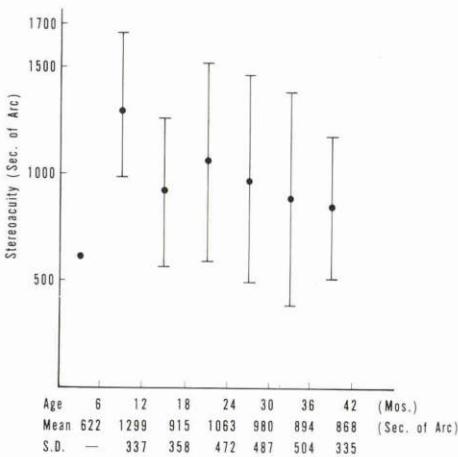


図23 TV-Random Dot Stereo Test による 3歳6カ月未満の正常乳幼児63例の平均立体視力

が、他の立体視検査法のそれに比して高いばかりではなく、単眼では立体視図形が全く見えないので monocular cue による “false positive” が無いことが最も大きな特徴であり、検査法としての意義が大きい。

乳幼児の立体視の発達に関する文献には、Atkinson<sup>71)</sup>、Fox ら<sup>72)</sup>、Held ら<sup>73)</sup>、Aslin ら<sup>74)</sup>、Petrig ら<sup>75)</sup>、その他極めて多数の報告がある。そして多くは乳幼児は生後3～7カ月の間に約60sec. of arc の立体視に発達すると述べている。Held らの報告は、生後4カ月頃に芽生えた立体視がほぼ1カ月の間に60sec. of arc に達した20例を報告しており、これは著者らの今回の検査結果よりはるかによい値を示している。Held らは、P.L.を用いること、random dot ではなく bar を偏光フィルターにより立体視標にしていることなどか

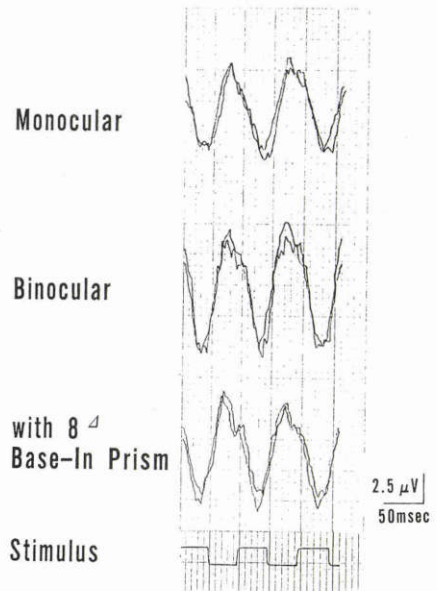


図24 Checkerboard pattern による VEP の両眼視効果に対する Base In プリズムの影響

ら、monocular cue の混入が皆無とは言えない。さらに臨床的に考察しても、もしHeldらの主張するように生後約6カ月で60sec. of arc に達するとすれば、生後12カ月から18カ月ころまでに発生する内斜視は立体視の完成後の斜視発生であり、眼位のみ矯正すれば、良好な立体視の回復が容易に得られてよい筈である。しかしながら、臨床的には、この時期に発症した斜視は手術時期の如何を問わず立体視の獲得は皆無に等しいという一般的事実を説明することができない。これに対し、Hohman ら<sup>76)</sup>はヒトの両眼視機能は生後2年

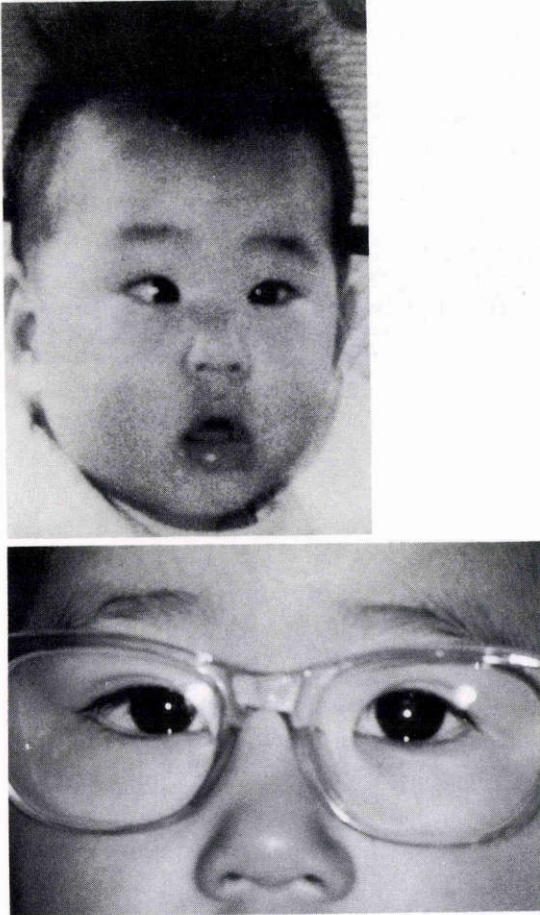


図25 Checkerboard pattern 刺激装置により両眼視訓練を与えた乳児内斜視の術前(上), 術後(下)

から2年半位のうちに次第に発育するものと述べており、また Aslin らも、生後4～6カ月頃に芽生え、その後の発達は少なくとも2歳まではつづくものとしており、さらに、disparity detection は立体視の必要条件ではあるが十分条件ではないと強調している。このように立体視、とくに日常視における立体視の成立には運動因子の関与も考えられる。したがって、著者の今回行った視標提示時間(1.2 sec.)やその他の検査条件が最も適切なものであるか否かを、さらに症例を増して検討する必要がある。

その後、Archer ら<sup>7)</sup>も著者らの方法と類似した検査法を用いて4カ月児に立体視を認めたと報告している。

### (3) 小括

今回著者らの発表した TV-Random Dot Stereo

Test は monocular cue が全くないこと、低年齢児にも成功率が高いことなど、信頼性の高い検査法で、乳幼児の立体視の有無やその発達過程の把握に極めて有用であり、日常臨床において遮断弱視の予防や治療に不可欠な検査法と確信するものである。

## IX 治療

遮断弱視の治療には、危険期間内に原因的遮断を可及的に避けることが必要であるが、先天性白内障や生後早期の外傷性白内障や、角膜混濁、眼瞼閉鎖をおこすような弱視起因性疾患が存在する場合は可及的速やかにそれらの要因を除くことに努め、屈折異常を矯正し、各眼の視力に有意の差があれば健眼遮閉を実施する。しかし、このような治療が効を奏するものも、視覚の未熟な感受性期間内に限られていることは前にも述べたところであるが、とくに感受性の高い1歳6カ月から2歳6カ月以前に治療をしないと十分な効果が期待できない。治療効果は感受性の強度と治療の程度を掛け合わせた積に比例すると思われるので、7～8歳での初めての治療は、完全な健眼遮閉を長期間実施しなければならず、またこのような年齢の児童では長期間の完全遮閉は事実上は実行不可能なことである。したがって2～3歳未満に各眼の視力を定量的に測定することが必須であり、とくに各眼視力の有意差を発見することが必要不可欠である。

以上の方針で治療に当たれば、弱視の視力改善は十分期待できるところであり、遮断弱視ももはや非可逆的でなく、十分治療可能な弱視となるに至った。しかしながら、遮断弱視の両眼視機能、立体視は現時点ではその予後が極めて不良であることは、大方の意見が一致するところである。視力の改善を目指して1眼を遮閉することは同時に両眼視を破っていることでもあるので、健眼遮閉と同時に何らかの両眼視刺激が必要と考えられる。

この目的のため、著者らは checkerboard pattern 刺激装置<sup>78)79)</sup>を開発し、乳児内斜視の術前、術後に用いるように努めているが、一日のうちの限られた短時間では十分効果を挙げるができない現状である。この装置は checkerboard pattern を単純に点滅呈示するもので、pattern reversal stimulation としての生理的な意義にもとづくものではなく、視角の小さい check size の checkerboard pattern を見せれば、斜視の存在により中心窩がどちらの方向を向いていても、両眼の中心窩に同質刺激を与える結果となり、網膜より視中

枢に至る視路における両眼視機能の刺激に有効であると考えられる。この刺激装置を理論的に証明するために、VEPを用いて、checkerboard pattern 刺激によって、その振幅に binocular effect の見られる正常者に8△のプリズムを基底を内側に入れ融像を破り、各眼の中心窩に物理的に別の部位の視標を呈示したところ、なお VEP の振幅に binocular effect が認められた(図24)。事実臨床的にも、かつて両眼視の存在した間歇性外斜視で融像がくずれ、日常立体視の喪失した例において、この checkerboard pattern 刺激装置は感覚融像の獲得に有効であることはすでに発表されている<sup>80)</sup>。また著者は生後4カ月で発症した乳児内斜視で、交代固視が可能で視力に左右差のない症例に1歳3カ月のとき右眼の内直筋後転術、外直筋短縮術を施行し、正位を得た。術前後に自宅で上記 checkerboard pattern 刺激装置による訓練を強力に行った。1歳6カ月時に、TV-R.D. Stereo Test で935 sec. of arc.の立体視が証明された(図25)。今後の経過を観察したい。

## X 結 語

1. 名古屋大学眼科外来において、昭和34年7月より9年間(I群)と、昭和47年1月より13年間(II群)の2群に分けて機能弱視の型別頻度、全弱視症例中の形態覚遮断弱視の頻度を検討した。

2. 新患総数に対する弱視の頻度は、I群(2.5%)、II群(3.0%)の間に大きな差はみられなかった。

3. 全弱視症例に対する遮断弱視の頻度は、I群(3.9%)、II群(7.3%)で差がみられたが、後者が頻度が高いのは、診断率の向上によると考えられる。

4. いずれの型の弱視も、I群に比してII群において、4歳未満の症例の頻度が増加しており、早期発見、早期治療が可能となったことを示している。しかし、いずれの型の弱視においても、I群、II群ともにその頻度が6歳にピークがあることは入学前検診で発見される例が多いことを意味するもので、このピークができるだけ低年齢に移行することが望ましく、早期発見に対する一層の努力が必要である。

5. 遮断弱視について次の所見を得た。

(1) 外斜視の合併が多いが、内斜視は遠視を伴っていた。

(2) Flash VEP には変化が少なく、pattern reversal VEP の振幅に明確な異常がみられた。

(3) MTF は4型に分類される異常を示した。

6. ヒトの視覚の感受性は生直後は低く、生後18カ月

頃までが最も強く、その後減衰し、8歳の終わり頃まで続く。しかし極めて軽微な感受性の年齢上限は不明である。

7. 感受性期間内に遮断弱視の診断と治療方針を確立するため、P.L.法、Acuity Card 法は乳幼児の視力評価に大切である。

8. 乳幼児の立体視検査として新しいTV-R.D. Stereo Test を発表し、monocular cue のないこの方法の利点を強調した。

9. 遮断弱視の治療には、視力の改善とともに両眼視機能、とくに立体視の獲得に留意することが大切である。

10. 立体視の完全回復をめざして、今後なお多くの研究が必要である。

終わりに、宿題報告の機会を与えていただきました日本眼科学会評議員の諸先生に厚くお礼申し上げます。また、本研究に種々御指導いただきました恩師故小嶋克名古屋大学名誉教授、市川宏名古屋大学名誉教授、水野勝義東北大学名誉教授、神谷貞義奈良県立医科大学名誉教授ならびに、植村恭夫教授はじめ日本弱視斜視学会の諸先生に心から感謝いたします。さらに本研究に御協力いただきました田邊竹彦博士、愛知県眼科医会の諸先生に心からお礼申し上げます。(本研究の一部は日本医師会医学研究助成費の援助を受けた。)

## 文 献

- 1) **Bartisch G**: Augendienst 1583. By Marg E Prentice memorial lecture: Is the animal model for stimulus deprivation amblyopia in children valid or useful? *Am J Optomet & Physiol Optics* 59: 451—464, 1982.
- 2) **de Buffon C**: Sur la cause de strabisme ou des yeux louches. *Mem Acad R Sci Paris* 231—248, 1743.
- 3) **Bangerter A**: Amblyopiebehandlung, 2 Auflage, p. 67, Basel Kargel, New York, 1955.
- 4) **Cüppers C**: Moderne Schielbehandlung. *Klin Mbl Augenhkd* 129: 579—617, 1956.
- 5) **原田政美**: 宿題報告. (I)弱視について. *日眼* 68: 634—662, 1964.
- 6) **植村恭夫**: 宿題報告. (II)弱視に関する研究. *日眼* 68: 663—738, 1964.
- 7) **足立興一**: 宿題報告. (III)弱視に関する2, 3の実験. *日眼* 68: 739—749, 1964.
- 8) **Hubel DH, Wiesel TN**: Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *J Neurophysiol* 26: 1003—1017, 1963.
- 9) **Wiesel TN, Hubel DH**: Effects of visual deprivation on morphology and physiology of

- cells in the cat's lateral geniculate body. *J Neurophysiol* 26 : 978—993, 1963.
- 10) **Wiesel TN, Hubel DH**: Comparison of the effects on unilateral and bilateral eye closure on cortical unit responses in kittens. *J Neurophysiol* 28 : 1029—1040, 1965.
  - 11) **von Noorden GK, Dowling JE, Ferguson DC**: Experimental amblyopia in monkeys. I. Behavioral studies of stimulus deprivation amblyopia. *Arch Ophthalmol* 84 : 206—214, 1970.
  - 12) 粟屋 忍: 斜視・弱視の治療と予防. *眼科* 18 : 1029—1030, 1976.
  - 13) **Awaya S**: Stimulus vision deprivation amblyopia in humans. "Strabismus", Proceedings of the 3rd Meeting of the International Strabismological Association. Ed, Reinecke RD, New York, Grune & Stratton, 31—44, 1978.
  - 14) **Awaya S, Miyake Y, Imaizumi Y, et al**: Amblyopia in man, suggestive of stimulus deprivation amblyopia. *Jpn J Ophthalmol* 17 : 69—82, 1973.
  - 15) **von Noorden GK, Maumenee AE**: Clinical observations on stimulus deprivation amblyopia (amblyopia ex anopsia). *Am J Ophthalmol* 65 : 220—224, 1968.
  - 16) **Nawartski I, Auerbach E, Rowe H**: Amblyopia ex anopsia: The electrical response in retina and occipital cortex following photic stimulation of normal and amblyopic eyes. *Am J Ophthalmol* 61 : 430—435, 1966.
  - 17) **Lawwill T**: Electrophysiology and psychophysiology of amblyopia. Proceedings of the 2nd Congress of the International Strabismol Assoc Paris, Ed, Fells P, Paris, Diffusion Generale De Librairie, 124—136, 1976.
  - 18) **Sokol S, Nadler D**: Simultaneous electroretinograms and visually evoked potentials from adult amblyopes in response to pattern stimulus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 18 : 848—855, 1979.
  - 19) **Tsutsui J, Nakamura Y, Takenaka J, et al**: Abnormality of the visual evoked response in various types of amblyopia. *Jpn J Ophthalmol* 17 : 83—93, 1973.
  - 20) 植村恭夫: A-V 現象の診断, 治療に関する2, 3の問題. *眼臨* 62 : 111—117, 1979.
  - 21) 山本 節: A-V 現象. *眼科 Mook*, No. 10, 114—122, 1979.
  - 22) 河原哲夫, 大頭 仁, 糸井素一他: Modulation Transfer Function の臨床的応用. *日眼* 79 : 1536—1541, 1975.
  - 23) 杉町剛美, 普天間稔, 糸井素一他: Laser 干涉縞による視覚特性の測定. *臨眼* 30 : 1319—1323, 1976.
  - 24) 糸井素一, 加藤和男, 杉町剛美他: Modulation Transfer Function(MTF)の臨床症用. *臨眼* 30 : 313—321, 1976.
  - 25) 柳田和夫, 安間哲史, 市川一夫他: 視性刺激遮断弱視の網膜大脳系 MTF. 第4回感覚代行シンポジウム講演集, 57—61, 1978.
  - 26) **Thomas J**: Normal and amblyopic contrast sensitivity function in central and peripheral retinas. *Invest Ophthalmol* 17 : 746—753, 1978.
  - 27) **Wiesel TN, et al**: Autoradiographic demonstration of ocular dominance columns in the monkey striate cortex by means of transneuronal transport. *Brain Res* 79 : 273—279, 1974.
  - 28) **Hubel DH, Wiesel TN**: The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *J Physiol* 206 : 419—436, 1970.
  - 29) **von Noorden GK, Crawford MLJ**: The sensitive period. *Trans Ophthalmol Soc UK* 99 : 442—446, 1979.
  - 30) **Vaegan, Taylor D**: Critical period for deprivation amblyopia in children. *Trans Ophthalmol Soc UK* 99 : 432—439, 1979.
  - 31) **Awaya S, Sugawara M, Miyake S**: Form vision deprivation amblyopia and the results of its treatment —With special reference to critical period—. *Jpn J Ophthalmol* 24 : 241—250, 1980.
  - 32) 菅原美雪, 粟屋 忍: 遮断弱視の Critical Period. *眼臨* 77 : 1948—1957, 1983.
  - 33) **Awaya S, Sugawara M**: Die sensitive Periode für die Entwicklung der Deprivationsamblyopie beim Menschen. *Klin Mbl Augenheilkd* 98 : 189—196, 1984.
  - 34) 粟屋 忍, 安間正子, 菅原美雪他: 片眼性先天眼瞼下垂症例における視機能について. *眼紀* 30 : 195—201, 1979.
  - 35) 安間正子, 粟屋 忍: 片眼性先天眼瞼下垂の視機能に関する研究. *眼紀* 36 : 1510—1517, 1985.
  - 36) 菅原美雪, 粟屋 忍, 安間正子他: 片眼性先天眼瞼下垂症例に認められる生後の1眼閉瞼からみた感受性機関の検討. *眼臨* 79 : 1101—1103, 1985.
  - 37) 永井イヨ子: 片眼性先天眼瞼下垂における視力低下の原因について. *眼科* 27 : 63—70, 1985.
  - 38) **Sachsenweger R**: Über die Ursachen der Schielamblyopie. *Klin Mbl Augenheilkd* 147 : 488—489, 1965.
  - 39) **Doege E**: Ueber die Histologie der Fundusblutungen bei Neugeborenen. *Wiss Ztschr Univ Rostock* 18 : 1075—1078, 1969.
  - 40) **Bonamour G**: Le pronostic éloigné des



- hémorragies rétinienne du nouveau-né. Bull Soc Franç Ophthalmol 62 : 227-236, 1949.
- 41) von Noorden GK, Khodadoust A: Retinal hemorrhage in newborns and organic amblyopia. Arch Ophthalmol 89 : 91-93, 1973.
  - 42) Schenk H, Strangler-Zuschrott E: Die Auswirkungen zentraler Netzhautblutungen beim Neugeborenen auf Sehvermögen und Muskelgleichgewicht. Klin Mbl Augenheilkd 165 : 867-870, 1974.
  - 43) Lowes W, Ehlers N, Jensen IK: Visual functions after perinatal macular hemorrhage. Acta Ophthalmol 54 : 227-232, 1976.
  - 44) 三浦元也, 粟屋 忍, 後藤 修他: 新生児期黄斑部出血の視機能への影響—Preferential Looking 法による検討一. 眼臨 79 : 1107-1109, 1985.
  - 45) Irvine RA: Amblyopia ex anopsia. Observations on retinal inhibition, scotoma, projection, light difference, discrimination and visual acuity. Trans Am Ophthalmol Soc 66 : 527-538, 1945.
  - 46) Stuart JA, Burian HM: A study of separation difficulty. Its relationship to visual acuity in normal and amblyopic eyes. Am J Ophthalmol 53 : 471-477, 1962.
  - 47) 松田睦子, 足立興一: 「字づまり視力」についての1実験. 眼紀 13 : 334-337, 1962.
  - 48) 湖崎 克, 小山賢二, 柴田裕子他: 幼稚園児の視力について. 臨眼 20 : 661-666, 1966.
  - 49) 植村恭夫: 弱視治療に関する2, 3の問題. (その2) 分離困難症について. 臨眼 21 : 21-26, 1967.
  - 50) Cibis L, Hurtt J, Rasicovici A: A clinical study of separation difficulty in organic and in functional amblyopia. Am Orthop J 18 : 66-72, 1968.
  - 51) 加藤 恵, 久保田伸枝: Crowding 現象に関する研究—第1報. 正常眼への誘起法と治療実験を中心に—. 眼臨 77 : 2017-2022, 1983.
  - 52) 西信元嗣: 小児の字づまり視力と字ひとつ視力の相互の推定. 臨眼 26 : 317-319, 1972.
  - 53) 田邊竹彦: 視能矯正. 弓削経一他編, 92-93, 金原出版, 東京, 1973.
  - 54) 菅原美雪, 粟屋 忍, 大石文恵他: 幼児視力の読み分け困難からみた弱視の感受性期間の検討. 眼紀 35 : 1257-1262, 1984.
  - 55) 粟屋 忍: 視覚の発達—視力と立体視. 第89回日本眼科学会総会 (5.16-5.18, 1985) Symposium III. 「眼科領域における最新の進歩」. 医学教育出版社, 148-161, 1985.
  - 56) 神谷貞義, 西岡啓介, 西信元嗣他: 視力の統計的考察—Non Parametric Test を用いての字づまり視力と字ひとつ視力の差の検定. 臨眼 23 : 511-515, 1969.
  - 57) 藤野 亨: 成人弱視眼の自然治癒例について. 臨眼 24 : 763-765, 1970.
  - 58) 野地 潤, 蒲山俊夫, 半田一雄他: 球後視神経炎により優位眼を失明したのち弱視眼視力の改善した1例. 眼臨 75 : 230-234, 1981.
  - 59) Held R, Gwiazda J, Brill S, et al: Infant visual acuity is underestimated because near threshold gratings are not preferentially fixated. Vision Res 19 : 1377-1379, 1979.
  - 60) Teller DY: The forced-choice preferential looking procedure: A psychological technique for use with human infants. Infant Behavior and Development, 2 : 135-153, 1979.
  - 61) Gwiazda J, Wolfe JM, Bill S, et al: Quick assessment of preferential looking acuity in infants. Am J Optomet Physiol Opt 57 : 420-427, 1980.
  - 62) Mayer DL, Dobson V: Visual acuity development in infants and young children, as assessed by operant preferential looking. Vision Res 22 : 1141-1151, 1982.
  - 63) Mayer DL, Fulton AB, Hansen RM: Preferential looking acuity obtained with a staircase procedure in pediatric patients. Invest Ophthalmol Vis Sci 23 : 538-543, 1982.
  - 64) 勝海 修, 守田好江, 山田涼子: Preferential Looking (P.L.) 法の臨床的応用について. 日斜 8 : 77-83, 1980.
  - 65) 森信隆吉: PL 法による視力検査 I: 正常乳児について. 広島医学 36 : 289-291, 1983.
  - 66) 山本 節, 金川美恵子, 奥田斗志: 眼疾患のある乳幼児における PL 視力. 日眼 88 : 885-890, 1984.
  - 67) 粟屋 忍, 菅原美雪, 児玉安居他: 乳幼児の視力測定における Preferential Looking 法の検討—とくに正常曲線, 左右差, 検査成功率について. 眼紀 34 : 1160-1165, 1983.
  - 68) 菅原美雪, 児玉安居, 大石文恵: 他: 弱視の予防と治療に関する研究; Preferential Looking 法による経過観察. 臨眼 37 : 971-976, 1983.
  - 69) McDonald MA, Dobson V, Sebris LS, et al: The acuity card procedure: A rapid test of infant acuity. Invest Ophthalmol Vis Sci 26 : 1158-1162, 1985.
  - 70) 山本 節, Brown AM: Grating acuity cards による未熟児の視力検査. 眼紀 36 : 796-799, 1985.
  - 71) Atkinson J, Braddick O: Stereoscopic discrimination in infants. Perception 5 : 29-38, 1976.
  - 72) Fox R, Aslin RN, Shea SL, et al: Stereopsis in human infants. Science 207 : 323-324, 1980.

- 73) **Held R, Birch E, Gwiazda J**: Stereoacuity of human infants. *Proc Natl Acad Sci (USA)* 77: 5572—5574, 1980.
- 74) **Aslin RN**: Development of binocular fixation in human infants. *J Experimental Child Psychology* 23: 133—150, 1977.
- 75) **Petrig B, Julesz B, Kropfl W**, et al: Development of stereopsis and cortical binocularity in human infants: Electrophysiological evidence. *Science* 213: 1402—1405, 1981.
- 76) **Hohmann A, Creutzfeld OD**: Squint and development of binocularity in humans. *Nature* 254: 613—614, 1975.
- 77) **Archer S, Helveston E, Miller KK**: Stereopsis in normal infants and infants with congenital esotropia. *Am J Ophthalmol* 101: 591—596, 1986.
- 78) 粟屋 忍: 感覚面よりみた乳児内斜視の予後と治療方針. *眼臨* 74: 1552—1563, 1980.
- 79) 粟屋 忍, 三宅三平, 菅原美雪他: 乳児内斜視の治療に対する考察—試作 checkerboard pattern 点減刺激装置について. *眼科* 20: 759—763, 1978.
- 80) 粟屋 忍, 菅原美雪, 三宅三平他: Checkerboard pattern 点減刺激装置による抗抑制効果—恒常性外斜視及び間歇性外斜視—. *日眼* 86: 264—268, 1982.
-