

# 眼疾患における視覚の時間加重効果

## (3) 視力測定時の固視微動について

黄野 桃世, 山出 新一

滋賀医科大学眼科学教室

### 要 約

以前にわれわれは、視標の提示時間を変化させて視力測定を行った結果、中心性漿液性網脈絡膜症や黄斑浮腫を有する患者では視力測定における臨界時間が有意に延長していることを報告した。この臨界時間の延長について検討するため、今回は正常例および黄斑浮腫を有する患者で、視力測定時の水平方向の眼球運動を光電素子眼球運動記録装置 (p-EOG) を用いて観察した。その結果、正常例において、視力測定時の視標を提示している時には、提示していない時に比べて **microsaccade** の頻度と振幅が小さくなる現象が認められ、視力測定において **microsaccade** が視標の読み取りに積極的な役割を果たしているとは思われなかった。また、この現象が黄斑浮腫例でも正常例の場合と大差なく認められたことより、視力測定時の臨界時間への眼球運動系の、少なくとも **microsaccade** の関与は乏しいものと推測された。(日眼会誌 96: 381-386, 1992)

キーワード：固視微動，視力測定，光電素子眼球運動記録装置，**microsaccade**，黄斑浮腫

## Temporal Integration in Diseased Eyes III. Fixation Movements in Visual Acuity Testing

Momoyo Kono and Shinichi Yamade

*Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science*

### Abstract

The fixation movements which occur during visual acuity testing were observed in order to clarify the mechanism behind the critical duration in visual acuity testing, which we found in a previous study to be significantly longer in central serous retinopathy and macular edema. Photoelectric oculography (p-EOG) was used to record horizontal eye movement in this study. In normal eyes the frequency and amplitude of the microsaccades were smaller while the acuity target was shown than when it was not shown. This phenomenon was also observed in eyes with macular edema. These results suggest that microsaccades play no positive role in the reading of visual acuity targets, and that they bear little relation to the phenomenon of critical duration in visual acuity testing. (*Acta Soc Ophthalmol Jpn* 96: 381-386, 1992)

**Key words:** Fixation movements, Visual acuity testing, Photo-electric oculography, Microsaccade, Macular edema

別刷請求先：520-21 大津市瀬田月輪町 滋賀医科大学眼科学教室 黄野 桃世  
(平成3年6月14日受付，平成3年7月22日改訂受理)

Reprint requests to: Momoyo Kono, M.D. Department of Ophthalmology, Shiga University of Medical Science, Tsukinowa-cho, Seta, Ohtsu 520-21, Japan

(Received June 14, 1991 and accepted in revised form July 22, 1991)

### I 緒 言

固視微動が視覚系に与える影響は従来より論じられているが<sup>1)~4)</sup>、定説はまだない。視機能の異常が固視微動に与える影響については、斜視<sup>5)</sup>、視野障害<sup>6)</sup>などで検討されており、これらの症例では何らかの固視微動の異常が報告されている。われわれは以前に視標の提示時間を変化させて視力測定を行った結果、黄斑浮腫を有する患者群では視力測定における臨界時間が延長していることを報告した<sup>7)</sup>。この臨界時間の延長への眼球運動系の関与について、すなわち感覚系の異常を代償するような眼球運動がみられるのかどうか、または眼球運動が視標の読み取りを妨害するのかどうか、などについて調べるため、今回は視力測定時の固視微動について正常者および黄斑浮腫を有する患者で検討したので報告する。

### II 実験方法

眼球運動の観察は、眼鏡式の光電素子眼球運動記録装置 (p-EOG, 竹井機器製) を用いて行い、今回は水平方向の動きのみを解析した。本装置は、赤外線に対する強膜と角膜の反射率の差を利用するものである。p-EOG からの出力を直流増幅し、ペンレコーダに接続し、眼球運動波形として記録した。p-EOG について、および p-EOG を用いて観察した正常者の固視微動については丸尾<sup>8)~10)</sup>が詳細に報告している。この p-EOG で記録した眼球運動の結果を、肉眼的に microsaccade と思われる素速い動きと drift と思われるゆっくりした動きに分類し、各例につき、ある一定時間の microsaccade を数えてそれを時間で除したものを頻度とし、また各々の microsaccade の振幅を測りその平均と標準偏差を求めた。視標はランドルト環を投影して用いるが、その装置については既に報告した<sup>7)</sup>。これらを用いて、視力を測定する際の視標の出ている時、出していない時、および特に提示時間の制限なく視標を単に固視目標として固視している時、その固視目標の出ている 14 cm×14 cm の正方形のスクリーンの中央を固視している時のそれぞれの眼球運動の観察を、屈折異常 (-0.5~-7.75: 球面等価) 以外に特に眼疾患のない 24 歳から 45 歳までの正常者 7 例、および黄斑浮腫を有する 4 症例 (糖尿病網膜症 2 例、網膜静脈分枝閉塞症 2 例) で行った。

測定条件は、視標を提示していない場合に、室内の明るさが被験者の位置で 70 ルクス、視標の位置で 17

ルクスで、この条件で視標を投影すると、そのコントラストは 89.7% であった。被験者は自然瞳孔、単眼視で、p-EOG 装置を頭部に固定し、また額と顎を固定台に密着させ頭部を固定した。本装置では、眼鏡レンズでの矯正は困難であるので、屈折異常のある場合も矯正しないで測定した。頻回のまばたきにより眼球運動の記録が妨げられるのを防ぐため、測定前に表面麻酔剤を点眼し、反射性のまばたきを抑制した。

### III 結 果

眼球運動を記録した正常者 3 例の結果を図 1 から 3 に示す。視力測定時の場合、視標の大きさは、この検査状態での、ほぼその被験者の裸眼視力値となるような視標を用いている。また、原則として同じ視標を単に固視する時の目標としても用いた。視標の提示時間

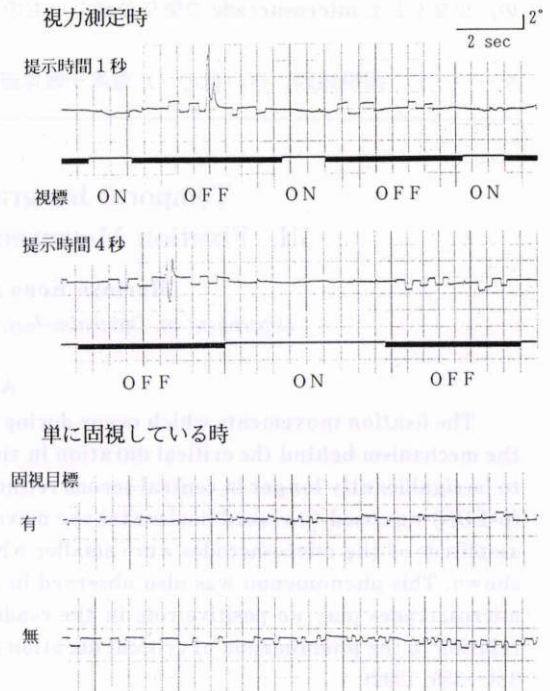


図 1 正常例の結果：被験者 A (26 歳, RV = 1.2(1.5×cyl-1.0 Ax 50°), 女性)。p-EOG で観察した水平方向の動きで、上向きの振れが右方向を示す。視力測定時において、視標 (0.5) を提示している時には、提示していない時に比べて microsaccade の頻度と振幅が著明に小さくなっている。単に固視のみをしている時には、固視目標 (0.05 のランドルト環) のある場合には、ない場合と比べて microsaccade の頻度と振幅が小さくなったが、視力測定時の場合ほどの差はみられなかった。



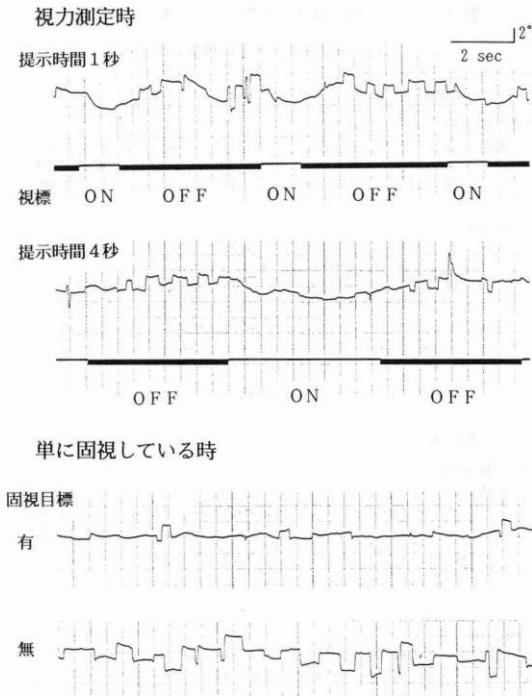


図 2 正常例の結果：被験者 B (24 歳, RV = 0.04(1.5×-7.0 ⊙ cyl-1.5 →), 女性). 全体に振幅の大きな microsaccade がみられた. しかし, 視力測定時の視標 (0.15) ON の場合には, 視標 OFF の場合と比べて microsaccade の頻度と振幅が小さくなった.

は, 約 1 秒の場合と, 約 4 秒の場合で, 図の視標 ON の部分が提示している時, OFF の部分が提示していない時である. 図 1 は被験者 A の結果で, 視力測定時において, 視標を提示している時には, 提示していない時に比べて microsaccade の頻度と振幅が著明に小さくなっている. 単に固視のみをしている時には, 固視目標のある場合には, ない場合と比べて microsaccade の頻度と振幅が小さくなったが, 視力測定時の場合ほどの差はみられなかった. 図 2 は被験者 B の結果であるが, A と比べて振幅の大きな microsaccade がみられた. しかし, 視標 ON の場合には, OFF の場合と比べて microsaccade の頻度と振幅が小さくなる現象は A と同様であった. 図 3 は被験者 C の結果で, この例では全体に振幅の小さな microsaccade がみられたが, 視力測定時の視標 ON の場合には被験者 A, B と同様にさらに頻度と振幅が小さくなった. 図 4 に糖尿病網膜症による黄斑浮腫例の結果を示す. 正常例の場合と同様に, 視力測定時において視標を提示している

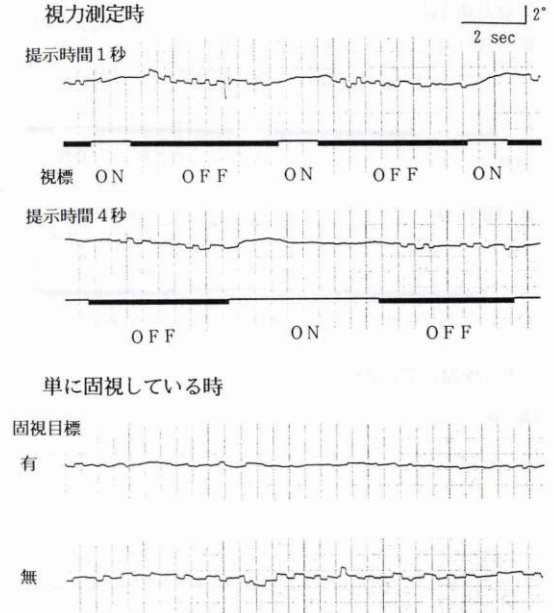


図 3 正常例の結果：被験者 C (45 歳, RV = 0.1 (1.2×-4.0 ⊙ cyl-1.0 →), 男性). 全体に振幅の小さな microsaccade がみられたが, 被験者 A, B と同様に, 視標 (0.1) ON の場合にはさらに頻度と振幅が小さくなった.

時に, また固視のみをしている時には固視目標のある場合に, microsaccade の頻度と振幅が小さくなる結果となった.

前述した 3 例を含む正常者 7 例で観察した microsaccade の頻度と振幅を表 1 に, その結果をグラフにしたものを図 5 と図 6 に示す. それぞれ個人差はみられるが, 各被験者の結果の中では, 視力測定時において視標を提示している時には, 提示していない時に比べて microsaccade の頻度, 振幅が減少していた. 固視している時の目標のある時とない時については, 頻度, 振幅ともに特に一定の傾向はみられなかった. また, 先の 1 例を含む黄斑浮腫 4 例の microsaccade の頻度と振幅を表 2 に, その結果をグラフに図示したものを図 7, 図 8 に示す. グラフには正常例の結果を破線で示している. 正常例と同様に, 視力測定時の視標を提示している時には, 提示していない時に比べて microsaccade の頻度, 振幅が小さくなった. また, 固視している時の目標のある時とない時の頻度は各例において一定の傾向はみられず, 振幅については, 1 例は目標のあるなしで変化がみられず, 他の 3 例は目標のある場合にない場合と比べて振幅が小さくなる結果

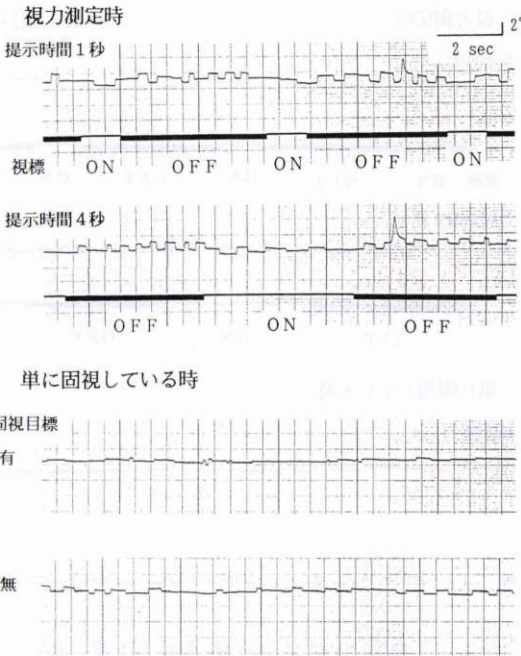


図4 黄斑浮腫例の結果(51歳, 糖尿病網膜症, RV = 0.6 (n.c.), 女性). 正常例の場合と同様に, 視力測定時の視標(0.2) ONの場合に, また固視のみをしている時には固視目標(0.2)のある場合に, microsaccadeの頻度と振幅が小さくなった.

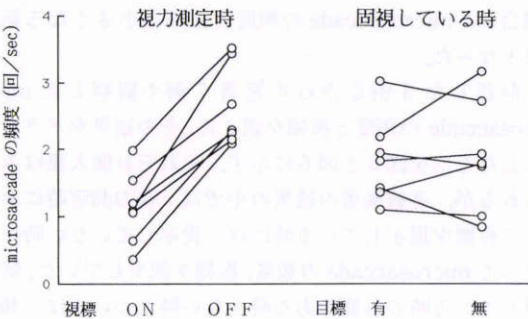


図5 microsaccadeの頻度(回/sec)・正常例. 表1の上段の数値を图示した. 全ての被験者で, 視力測定時の視標を提示している時には, 提示していない時に比べてmicrosaccadeの頻度が小さくなった. 単に固視している時には, 一定の傾向はみられなかった.

表1 microsaccadeの頻度と振幅(正常例)

		microsaccadeの頻度(回/sec)						
		被験者A	B	C	D	E	F	G
視力測定時	視標 有	0.36	1.26	1.55	1.10	0.65	1.99	1.07
	無	2.10	2.26	2.67	3.44	2.30	3.51	2.16
固視のみ	目標 有	2.19	1.37	1.95	3.01	1.43	1.83	1.11
	無	3.16	1.79	1.75	2.71	0.85	1.92	1.00

(\* : P<0.005, カイ2乗検定)

		microsaccadeの振幅(Mean±S.D. 度)						
		被験者A	B	C	D	E	F	G
視力測定時	視標 有	0.61 ±0.23	0.92 ±0.59	0.30 ±0.16	0.32 ±0.16	0.40 ±0.24	0.31 ±0.13	0.38 ±0.18
	無	1.08 ±0.35	1.16 ±0.82	0.32 ±0.17	0.74 ±0.27	0.74 ±0.30	0.85 ±0.47	0.56 ±0.25
固視のみ	目標 有	0.63 ±0.16	1.38 ±0.97	0.27 ±0.10	0.43 ±0.33	0.57 ±0.24	0.27 ±0.13	0.37 ±0.22
	無	0.80 ±0.21	2.20 ±0.82	0.31 ±0.13	0.50 ±0.31	0.35 ±0.24	0.38 ±0.16	0.57 ±0.37

(※ : P<0.005, t検定)

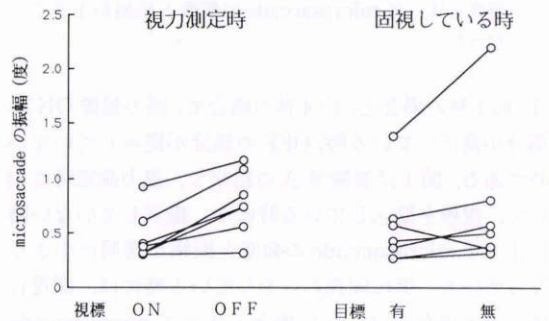


図6 microsaccadeの振幅(度)・正常例. 表1の下段の数値を图示した. 視力測定時には頻度と同様の傾向を示した. 単に固視している時には, 固視目標のある場合に振幅が大きくなる例が1つあり, 全てが一定の傾向を示すというわけではなかった.

#### IV 考 按

となった. しかし, 頻度, 振幅ともに正常例の分布の範囲内にあり, 大差はみられなかった.

固視微動は, 静止した網膜像における像の消失を妨害することにより, 視機能の保持に役立つと考えられている<sup>4)</sup>, 一般に知られている固視微動の3つの成



表 2 microsaccade の頻度と振幅 (黄斑浮腫例)

		microsaccade の頻度 (回/sec)			
		症例 1	症例 2	症例 3	症例 4
視力測定時	視標 有	1.42	1.68	1.25	0.61
	無	3.21*	1.92	1.38	1.55*
固視のみ	目標 有	1.60	1.04	2.30	0.25*
	無	2.00	0.93	1.34*	1.35

(\* : P < 0.005, カイ 2 乗検定)

		microsaccade の振幅 (Mean±S.D. 度)			
		症例 1	症例 2	症例 3	症例 4
視力測定時	視標 有	0.56±0.23	0.49±0.21	0.81±0.32	0.43±0.14
	無	1.06±0.27	0.69±0.36	0.85±0.36	0.55±0.24
固視のみ	目標 有	0.40±0.18	0.36±0.13	0.83±0.43	0.30±0.13
	無	0.57±0.16	0.57±0.30	0.83±0.47	0.45±0.25

(※ : P < 0.005, t 検定)

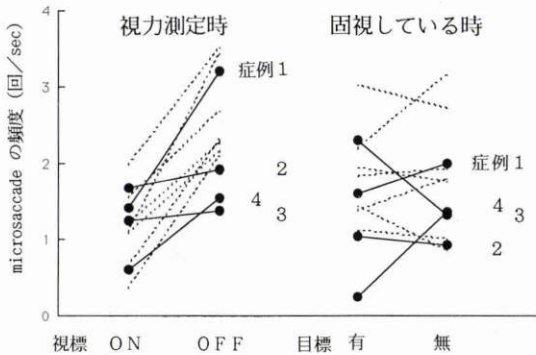


図 7 microsaccade の頻度 (回/sec)・黄斑浮腫例。破線で正常例の結果を、実線で黄斑浮腫例を示す。黄斑浮腫例では、どの症例においても、視力測定時の視標を提示している時には、提示していない時に比べて microsaccade の頻度が小さくなった。単に固視している時には、一定の傾向はみられなかった。その分布は正常例の範囲内と見てもよいものであった。

分, microsaccade, drift, tremor のうちどの成分が寄与し、どのような作用機序で働くのかについては詳細は不明であり、諸説が述べられている<sup>1)~4)</sup>。また視力との関係については、固視微動が視力を向上させたり、また低下させたりする可能性は否定的であり、視力の

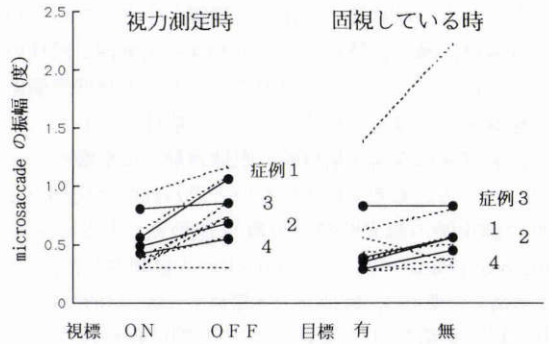


図 8 microsaccade の振幅 (度)・黄斑浮腫例。どの症例においても、視力測定時には頻度と同様の傾向を示した。単に固視している時には、1例は固視目標のあるなしで変化がみられなかったが、他の3例は、目標のある場合に振幅が小さくなった。その分布は、やはり正常例の範囲内で、大差はみられなかった。

諸特性は光学系と神経系の特性が反映されたものであると報告されている<sup>11)12)</sup>。

われわれは、中心性漿液性網脈絡膜症や黄斑浮腫を有する症例で、患眼の視力測定時の臨界時間が有意に延長することを報告したが、この臨界時間に対する固視微動の影響を調べるため、今回は、以前に報告した装置を用いて視標を投影し、視力測定時における眼球運動を観察した。その結果、正常例において、視力測定時で視標を提示している時には、提示していない時に比べて microsaccade の頻度、振幅が小さくなるという現象を認めた。またこの効果は、視標の大きさがちょうどその被験者の視力値 (今回の場合は裸眼視力値) となる場合に顕著であり、明らかに読み取れる大きさ、および読み取れない大きさの場合は、その差は著しいものではなかった。よって、視力測定において microsaccade が視標の読み取りに積極的な役割を果たしているとは思われなかった。

視機能の異常が固視微動に与える影響については、斜視、視野障害を有する症例で、p-EOG を用いて検討されており<sup>5)6)</sup>、それぞれ特徴的な異常が報告されている。いずれも固視目標を凝視した状態での観察であり、今回われわれも、黄斑浮腫例において固視のみをしているときの眼球運動を観察しているが、これは視力測定時との対比が主目的であり、それ自体の詳細な検討はしていない。しかし、視力測定時において視標を提示している時、提示していない時にみられた、microsaccade の頻度、振幅、また提示している時には提

示していない時に比べて頻度と振幅が小さくなるという現象は、黄斑浮腫においてもやはり正常例と同様のものではあった。よって、視力測定において眼球運動系が感覚系の異常を代償するという可能性は乏しく、また、感覚系の異常が積極的に眼球運動系に影響をおよぼしているとも考えにくいものと思われた。以上より、視力測定時の臨界時間への眼球運動系、少なくとも microsaccade の関与は乏しいものと推測された。

本論文の要旨は、第95回日本眼科学会総会(1990年5月16~19日京都市)にて発表した。ご校閲を頂きました可児一孝教授に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) **Ditchbarn RW**: The function of small saccades. *Vision Res* 20: 271-272, 1980.
- 2) **Kowler E, Steinman RM**: Small saccades serve no useful purpose. *Vision Res* 20: 273-276, 1980.
- 3) **Bridgeman B, Plca J**: The role of microsaccades in high acuity observational tasks. *Vision Res* 20: 813-817, 1980.
- 4) **八束米吉**: 眼球運動と視覚(III)一固視微動について. *日本の眼科* 59: 1231-1233, 1988.
- 5) **小島ともゑ, 宇野史子, 丸尾 亨**, 他: 斜視にみられる固視微動の異常について. 第1報. *眼紀* 35: 697-703, 1984.
- 6) **丸尾 亨, 転馬圭子**: 視野の障害が眼球運動に与える影響について. *日眼会誌* 86: 1456-1462, 1982.
- 7) **黄野桃世, 山出新一, 深見嘉一郎**: 眼疾患における視覚の時間加重効果. (1) 視力測定の視標提示時間について. *日眼会誌* 95: 184-189, 1991.
- 8) **丸尾 亨**: 光電素子眼球運動記録装置の使用経験. *眼臨* 73: 230-234, 1979.
- 9) **丸尾 亨**: 正常者の固視微動について. *日眼会誌* 84: 2113-2120, 1980.
- 10) **丸尾 亨**: 固視微動と微少眼球運動. *眼臨* 79: 31-35, 1985.
- 11) **Keesey UT**: Effect of involuntary eye movements on visual acuity. *J Opt Soc Am* 50: 769-774, 1960.
- 12) **乾 敏郎, 三村 治, 宮本健作**: 視力に関する神経機構について. *神経進歩* 25: 194-213, 1981.

