

緑内障の空間コントラスト感度障害の方向特異性に関する研究 (図2, 表2)

阿部 春樹・長谷川 茂 (新潟大学医学部眼科学教室)

Orientation-specific Loss
of Spatial Contrast Sensitivity in Glaucoma

Haruki Abe, Shigeru Hasegawa

Department of Ophthalmology, Niigata University School of Medicine

要 約

正常眼並びに緑内障眼におけるコントラスト感度の方向特異性について、自覚的 MTF 測定装置 (Cadwell CTS-5000) を用いて検討した。対象は矯正視力1.2以上で $\pm 3D$ 以上の屈折異常を有しない正常被験者15例24眼 (年齢25歳~50歳), 並びに種々の病期の緑内障10例16眼 (年齢26歳~55歳) である。水平方向, 垂直方向, 45° 方向, 135° 方向の4方向でコントラストが空間的にサイン波変調する **bar pattern** を呈示した。空間周波数は $0.78 \sim 12.4 \text{ cycle/degree}$ までの範囲の7点でコントラスト感度を測定した。結果は、正常眼並びに緑内障眼における **bar pattern** による自覚的空間コントラスト感度は、**bar pattern** の縞の方向によって差がみられ、方向特異性の存在が確認された。緑内障眼の空間コントラスト感度特性は、4方向とも正常型、高 (低または全) 空間周波数域感度低下型に大別された。また、緑内障眼に特有の空間コントラスト感度障害の方向特異性は認めなかった。(日眼 92: 308—312, 1988)

キーワード: 緑内障, コントラスト感度, 方向特異性, MTF, バーパターン

Abstract

The orientational dependence of contrast sensitivity was studied in normal subjects and in patients with glaucoma. The device used for determination of subjective contrast sensitivity was a Cadwell CTS-5000. Sixteen eyes of 10 patients with POAG (age range 26 to 55 years) in various stages were examined. The controls were 24 eyes of 15 normal subjects (age range 25 to 50 years) with normal corrected visual acuity. Horizontal, vertical, right oblique (45°) and left oblique (135°) orientation of the stationary bar patterns were demonstrated. Contrast sensitivity was measured at seven points within a range of 0.78 to 12.4 cycles per degree of spatial frequency. As a result, the contrast sensitivity of normal subjects differed for each of the four different orientation of bar patterns and the orientational dependence of contrast sensitivity was recognized. Contrast sensitivity in patients with glaucoma fell into four response categories; normal type, high frequency loss type, low frequency loss type and level loss type. The orientational dependence of contrast sensitivity was also found in glaucoma, as in normal subjects, but the orientation-specific loss of contrast sensitivity was not observed in glaucoma. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 308—312, 1988)

Key words: Glaucoma, Contrast sensitivity, Orientational dependence, MTF, Bar patterns

別刷請求先: 951 新潟市旭町通一番町 新潟大学医学部眼科学教室 阿部 春樹 (昭和62年9月14日受付)

Reprint requests to: Haruki Abe, M.D. Dept. of Ophthalmol., Niigata Univ., School of Med.

Ichibancho, Asahimachidōri, Niigata 951, Japan

(Accepted September 14, 1987)

I 緒 言

緑内障の視機能障害のうちで、コントラスト感度障害に関する報告は、Arden & Jacobson ら¹⁾の Arden grating chart を用いた研究に始まり、すでに Stamper²⁾、中山ら³⁾の多くの報告がある。著者⁴⁾は既に TV モニターとマイクロプロセッサを用いた自覚的 MTF 測定装置 (Cadwell CTS-5000) を用いて、高眼圧症ならびに初期から末期の緑内障眼のコントラスト感度障害について詳細に検討し、その異常出現時期や MTF 曲線の特性などについて報告した。

今回は、正常眼並びに緑内障眼における空間コントラスト感度の方向特異性について検討する目的で以下の実験を行った。

II 実験方法

実験装置はモニターテレビとマイクロプロセッサからなる米国 Cadwell 社製の自覚的 MTF 測定装置 (Cadwell CTS-5000) を用いた。モニターテレビ画面と被検者との距離は150cmで、画面全体の平均輝度は93Cd/m²で視覚8°に相当した。空間周波数は0.78から12.4cycle/degreeまでの範囲の7点 (0.78, 1.56, 2.08, 3.12, 4.16, 8.32, 12.4cycle/degree) で、コントラストが空間的にサイン波変調する白黒の bar pattern を呈示し、上下法にてコントラスト感度を測定した。

対象は±3D以上の屈折異常を有しない正常被検者15例24眼 (25歳～50歳) 並びに、湖崎分類 Ib 期から IVa 期の POAG 10例16眼 (26歳～55歳) である。

測定は明室で屈折完全矯正下にて、片眼ずつ行った。各空間周波数とも3回ずつ測定をくりかえし、コント

ラスト感度の平均値と標準偏差を算出した後、MTF 曲線を求めた。

視野検査は、Armaly 法による中心視野の静的暗点計測法を加えた Goldmann 動的並びに静的量的視野計測と、Friedmann Mark II 視野計による閾値測定並びに Humphrey Field Analyzer による閾値測定と統計解析を行った。次に、眼底所見は、細隙灯顕微鏡とゴールドマン三面鏡による観察と、カラーステレオ眼底撮影を行い、ポジカラーを直接ステレオビューワで観察し、視神経乳頭と網膜神経線維層の所見について詳細に検討した。

III 結 果

1. 正常被検者における空間コントラスト感度特性について

正常被検者15例24眼における4方向の bar pattern に対する空間コントラスト感度の測定結果を Table 1 と Fig. 1 に示す。

また、Fig. 2 は測定結果をわかりやすく表現するために、垂直方向のコントラスト感度の平均値を、各空間周波数とも100%にして4方向のコントラスト感度を比較したものである。正常眼の4方向の MTF 曲線を比較すると、水平方向は垂直方向に比して、全空間周波数域で感度低下を示し、統計学的に有意差 ($p < 0.01$) を認めた。また、垂直方向は、低空間周波数域を除いた他の空間周波数域において最良の感度を示した。次に、斜め方向 (45°方向と135°方向) は、水平方向や垂直方向に比して、低空間周波数域では感度上昇を、逆に高空間周波数域では感度低下傾向を認めた。垂直方向と斜め方向 (45°方向並びに135°方向) では、8.32～12.4cycle/degree の高空間周波数域で統計学

Table 1 Contrast sensitivity in normal subjects (N=24) for the vertical, horizontal, right oblique (45°) and left oblique (135°) orientation of the stationary bar patterns.

Spatial Frequency Orientation		0.78 c/d	1.56 c/d	2.08 c/d	3.12 c/d	4.16 c/d	8.32 c/d	12.4 c/d
Vertical	Mean	115.3	187.1	185.3	179.8	149.7	84.4	24.6
	SD	40.9	47.1	49.8	42.0	31.7	28.7	6.4
Horizontal	Mean	90.6	124.4	129.4	130.5	118.9	54.3	22.1
	SD	27.5	32.1	26.6	34.9	2.9	23.9	10.5
Right Oblique	Mean	140.9	175.6	163.1	151.5	130.6	50.8	13.1
	SD	37.8	33.0	41.4	41.2	26.9	12.7	2.7
Left Oblique	Mean	147.2	186.4	189.4	168.2	145.0	49.9	17.1
	SD	36.8	35.8	43.5	27.9	30.3	19.5	7.4

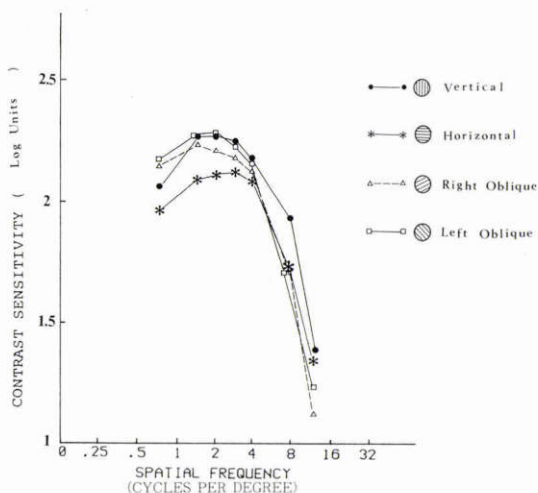


Fig. 1 Contrast sensitivity of normal subjects (N=24) for the vertical, horizontal, right oblique (45°) and left oblique (135°) orientation of the stationary bar patterns. Contrast sensitivity for the horizontal bar patterns was lower than that for the vertical ones in almost all spatial frequencies ($p < 0.01$). Contrast sensitivity for the right or left oblique bar patterns was lower than that for the vertical ones especially in high spatial frequencies ($p < 0.005$).

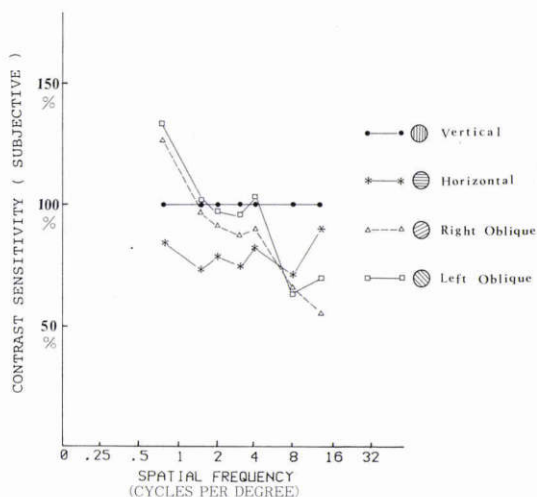


Fig. 2 Percent contrast sensitivity of normal subjects (N=24) for the vertical, horizontal, right oblique (45°) and left oblique (135°) orientation of the stationary bar patterns. Contrast sensitivity for the vertical bar patterns was plotted as 100% in all spatial frequencies.

的に有意差 ($p < 0.005$) を認めた。正常眼における bar pattern による自覚的空間コントラスト感度は、bar pattern の縞の方向によって差がみられ方向特異性の存在が確認された。

2. 緑内障における空間コントラスト感度特性について

Table 2 は、湖崎分類 Ib 期から IVa 期の緑内障 10 例 16 眼における 4 方向の bar pattern によるコントラスト感度の測定結果を示す。緑内障の空間コントラスト感度特性は、4 方向とも正常型、高(低または全)空間周波数域感度低下型に大別され、症例 7 と症例 10 を除く他の大多数の緑内障の空間コントラスト感度の障害パターンには方向特異性を認めなかった。

以上の結果をまとめると、正常眼並びに緑内障における bar pattern による自覚的空間コントラスト感度は、いずれも方向特異性の存在が確認されたが、緑内障では垂直方向より水平方向が障害されやすいというような、緑内障に特有な空間コントラスト感度障害の方向特異性は認めなかった。

IV 考 察

緑内障のコントラスト感度に関する研究は、正弦波縞模様の plate に、縦軸方向にコントラストをつけて印刷した Arden grating chart を用いた Arden & Jacobson ら¹⁾の報告に始まり、Stamper²⁾、中山ら³⁾の報告がある。Arden らは、初期緑内障のスクリーニングに有用との報告を行ったが、Stamper や中山らはいずれも進行した緑内障の score は正常眼に比して確かに上昇するが、本法の成績には個人差が大きく false negative rate が大きい初期緑内障のスクリーニングには適さないと報告し、意見の一致をみていない。一方、著者⁴⁾は TV モニターを用いた自覚的 MTF 測定装置 (Cadwell CTS 5000) を用いて、高眼圧症ならびに初期緑内障のコントラスト感度障害について age matching をした正常値と比較検討し、10% 以下と頻度は少ないが、湖崎分類 Ia 期や Ib 期のいわゆる高眼圧症や極早期緑内障でもコントラスト感度障害を示す症例があることや、矯正視力は 1.2 であっても、緑内障の病期が進行するにつれて黄斑部領域でのコントラスト感度の異常を呈する症例が増加し、その障害程度が著しくなることを明らかにし、すでに報告した。今回は、同じ実験装置を用いて、正常眼並びに緑内障における空間コントラスト感度の方向特異性について検討した。その結果、正常眼並びに緑内障における

Table 2 Contrast sensitivity in patients with glaucoma (N=16) for the vertical, horizontal, right oblique (45°) and left oblique (135°) orientation of the stationary bar patterns. Contrast sensitivity in patients with glaucoma fell respectively into four response categories ; normal type, high frequency loss type, low frequency loss type and level loss type.

Case	Stage (Kozaki)	Contrast sensitivity			
		Vertical ●	Horizontal ●	Right oblique ●	Left oblique ●
1	R I b	Normal	Normal	Normal	Normal
	L I b	Normal	Normal	Normal	Normal
2	R I b	High loss	High loss	High loss	High loss
	L I b	High loss	High loss	High loss	High loss
3	R III a	Low loss	Low loss	Low loss	Low loss
	L III b	Level loss	Level loss	Level loss	Level loss
4	R IV a	Level loss	Level loss	Level loss	Level loss
	L I b	High loss	High loss	High loss	High loss
5	R II a	High loss	High loss	High loss	High loss
	L III b	Level loss	Level loss	Level loss	Level loss
6	R II a	Normal	Normal	Normal	Normal
	L III b	High loss	High loss	High loss	High loss
7	L II a	High loss	*Level loss	High loss	High loss
8	L II b	Low loss	Low loss	Low loss	Low loss
9	L III a	High loss	High loss	High loss	High loss
10	R II b	Normal	Normal	*High loss	*High loss

bar pattern による自覚的空間コントラスト感度は、いづれも方向特異性がみられたが、緑内障眼に特有の空間コントラスト感度障害の方向特異性は認めなかった。この空間コントラスト感度の方向特異性に関しては、Hübel and Wiesel⁵⁾⁶⁾ (1962, 1968) による電気生理学的研究によって、ネコの脳の視中枢のニューロンは、均一フラッシュ光に対する反応は鈍く、ある特定の方向性をもった bar pattern に対して非常に敏感に反応することが明らかにされている。また、ネコやサルの後頭葉視中枢には各 bar pattern に対して、方向特異的に反応するニューロンの存在も明らかにされている。さらに、Maffei and Campbell⁷⁾ (1970) の bar pattern 刺激による VEP と ERG の研究によれば、bar pattern VEP の振幅と波形は bar pattern が垂直方向と水平方向では差がなく、bar pattern が斜め方向の場合には著明に減弱したが、bar pattern ERG にはこのような bar pattern の方向による差異は認められなかったことから bar pattern VEP にみられた方向特異性は人眼の光学系の特性に起因するものではなく、網膜と視中枢の間に存在する神経機構によるもの

と推定し、特に視中枢の細胞が bar pattern に対する方向特異性に関与するとのべた。

さらに、Mansfield⁸⁾ (1974) は、サルの脳の視中枢の細胞の bar pattern に対する方向特異性の研究により、特に垂直方向と水平方向の刺激に鋭敏に反応する細胞の割合が、斜め方向の刺激に反応する細胞の割合よりもはるかに多いことを発見した。この Mansfield の研究は、bar pattern VEP の方向特異性や、私共の心理物理学的研究で認められた bar pattern のコントラスト感度の方向特異性を説明する一つの根拠になるものと思われる。以上のごとく、霊長類の脳では後頭葉視中枢に bar pattern に対して方向特異的に反応するニューロンの存在が確認されており臨床的には multiple sclerosis^{9)~11)} や Parkinson 病¹¹⁾、さらに高度の乱視¹²⁾¹³⁾ や弱視患者¹⁴⁾ などで、bar pattern によるコントラスト感度障害についての方向特異性の存在が報告されている。例えば Regan and Maxner¹⁰⁾ (1986) は視力の正常な multiple sclerosis 患者の83%にコントラスト感度の異常を検出し、そのうちの61%は水平方向の縞に対するコントラスト感度が選択的に障害さ

れていたことから, multiple sclerosis で認められた水平方向の縞に対する選択的なコントラスト感度障害は, 後頭葉視中枢の障害によると推定した。

今回私共の心理物理学的研究で認められた緑内障の bar pattern のコントラスト感度の方向特異性に関する結果は, 少なくとも第一次視中枢より末梢には bar pattern に対し, 方向特異性を持った neuron は存在しないことを示唆するものであり, 空間コントラスト感度の方向特異性の決定には, 中枢レベルの関与が大きいものと推定された。

稿を終えるに当たり, 御指導, 御校閲いただいた岩田和雄教授に感謝いたします。

文 献

- 1) Arden GB, Jacobson JJ: A simple grating test for contrast sensitivity; preliminary results indicate value in screening for glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci 17: 23—32, 1978.
- 2) Stamper RL, et al: Arden contrast sensitivity testing in glaucoma. Arch Ophthalmol 100: 947—950, 1982.
- 3) 中山 徹, 阿部春樹他: 緑内障における Arden grating test の評価. 神経眼科 2: 37—41, 1985.
- 4) 阿部春樹: 高眼圧症と初期原発開放隅角緑内障のコントラスト感度の検討. The Latest Medical Book, 眼科領域における最新の進歩, 128—134, 医学教育出版社, 東京, 1985.
- 5) Hübner DH, Wiesel TN: Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. J Physiol (Lond) 160: 106—154, 1962.
- 6) Hübner DH, Wiesel TN: Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. J Physiol (Lond) 195: 215—243, 1968.
- 7) Maffei L, Campbell FW: Neurophysiological localization of the vertical and horizontal coordinates in man. Science NY 167: 386—387, 1970.
- 8) Mansfield RJW: Neural basis of orientation perception in primate vision. Science NY 186: 1133—1135, 1974.
- 9) Regan D, Whitlock J, et al: Orientation-specific losses of contrast sensitivity in multiple sclerosis. Invest Ophthalmol Visual Sci 19: 324—328, 1980.
- 10) Regan D, Maxner C: Orientation-dependent loss of contrast sensitivity for pattern and flicker in multiple sclerosis. Clin Vision Sci 1: 1—23, 1986.
- 11) Kupersmith MJ, Seiple WH: Contrast sensitivity loss in multiple sclerosis. Invest Ophthalmol Visual Sci 25: 632—639, 1984.
- 12) Mitchell DE, Freeman RD: Meridional amblyopia: Evidence for modification of the human visual system by early visual experience. Vision Res 13: 535—558, 1973.
- 13) Maffei L: Visual potentials evoked by gratings in normal and astigmatic subjects. Visual evoked potentials in man: New Developments Desmedt, Clarendon Press, Oxford, 395—400, 1977.
- 14) Skottun BC, Bradley A: Orientation discrimination in amblyopia. Invest Ophthalmol Visual Sci 27: 532—537, 1986.