
原 著

緑内障患者の中心視野感度と読書能力の検討

石 井 雅 子

新潟大学大学院医歯学総合研究科

生体機能調節医学専攻感覚統合医学講座視覚病態学分野

(主任：福地健郎教授)

The Evaluation between Central Visual Field Sensitivity and Reading Performance in Glaucoma Patients

Masako ISHII

Division of Ophthalmology and Visual Science,

Graduated School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

(Director : Prof. Takeo FUKUCHI)

要 旨

【目的】視力良好な緑内障患者の両眼の傍中心視野感度と読書速度および読書困難について検討した。

【対象および方法】対象は両眼に緑内障性視野障害を有し、両眼ともに視力が1.0以上の50例、平均年齢 53.58 ± 12.70 歳である。MNREAD-J（縦書き）を用いて読書のパラメータを求めた。読書困難の自覚について聴取し、最大読書速度と読書困難についてHFAの両眼の傍中心視野感度との関係を比較検討した。

【結果】HFA10-2では、最大読書速度はbetter eyeの右下および左下領域の感度と中等度の相関（0.45, 0.43）、HFA30-2では、最大読書速度はbetter eyeの左下および右下領域の感度との中等度の相関（0.41, 0.40）を示した。読書困難の自覚有りの最大読書速度は 314.87 ± 75.26 文字/分、自覚無しの最大読書速度は 333.60 ± 49.20 文字/分であった。両群の最大読書速度に差はなかった（ $p > 0.05$ ）。しかし、読書困難を自覚している群は自覚のない群に比べて、HFA10-2および30-2の左上領域、10-2の右下領域において、左右眼の視野感度に差がみられる割合が有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。

【結論】読み速度は良い方の眼の傍中心下方視野感度の影響を受け、読書困難の自覚は左右眼の傍中心の網膜対応点の視野感度の差が原因していることが判った。

Reprint requests to: Masako ISHII
Division of Ophthalmology and Visual Science
Graduated School of Medical and Dental
Sciences Niigata University
1-757 Asahimachi - dori Chuo - ku,
Niigata 951-8510 Japan

別刷請求先：〒951-8510 新潟市中央区旭町通1-757
新潟大学大学院医歯学総合研究科生体機能調節医学
専攻感覚統合医学講座視覚病態学分野

石 井 雅 子

キーワード：緑内障，読書速度，読書困難，中心視野感度，網膜対応点

緒 言

日本眼科医会の報告では，本邦における視覚障害者は164万人ともいわれ，緑内障は視覚障害の原因の首位疾患である¹⁾．大規模な緑内障の疫学調査である多治見スタディでは，40歳以上の日本人の緑内障有病率は5.0%であることが報告されている²⁾．緑内障は慢性疾患であり，無症状のままゆっくりと緩慢に視機能が障害されるため，自覚症状が現れた時にはかなり病状が進行し患者の生活の質 quality of life (QOL) が極端に損なわれていることもしばしばみられる．緑内障患者のQOLについては過去に多くの報告があり，中心視野障害がQOLに影響を与えることが知られている³⁾⁴⁾．QOLを考える上では，文字や文章を読むことは日常生活の中で重要度が高く，読書困難は視覚障害者の訴えとして最も多く緑内障患者においても例外でない⁵⁾．

緑内障患者では末期まで視力が保たれることが多いが，視力が良好であっても読書能力が低下している場合がある．視力値だけでは読書困難を予測することはできない．視力のみならず中心視野障害も読書能力に影響を与える⁶⁾．緑内障の視野障害の特徴と読書困難との関係を明らかにできれば視野障害の程度から客観的に患者の読書の問題点を予測し，早期に補助具の選定や読書指導などのケアへと繋げることができる．

本研究では，視機能の障害が比較的進行していない緑内障患者に対して，視機能の良い眼 (better eye) と悪い眼 (worse eye) が相互に読書能力に及ぼす影響を知ることが目的として，両眼の傍中心網膜対応点の視野感度と読書能力のパラメータである最大読書速度との関係について検討した．

対象および方法

1. 対 象

対象は，新潟大学眼科にて経過観察中の両眼に

緑内障性視野障害を有する50例である．矯正視力は遠見，近見ともに1.0以上とした．視野はHumphrey自動視野計 (HFA) Swedish Interactive Thresholding Algorithm (SITA) Standard (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA) プログラム30-2にて，Anderson分類⁷⁾によりbetter eyeの視野が初期または中期視野欠損とした．

緑内障以外の視力，視野に影響する眼疾患を重複している者および眼位異常の既往のある者は除外した．

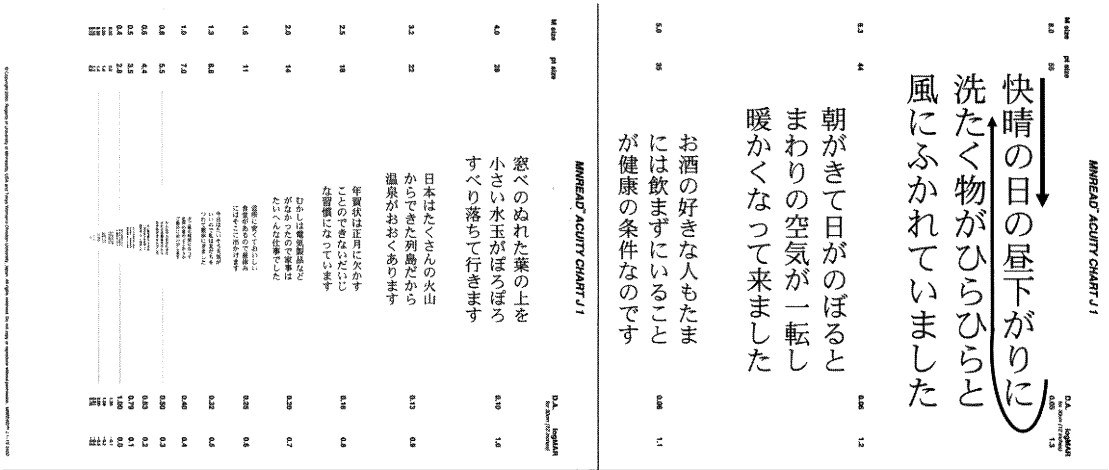
男性22例，女性28例，平均年齢53.58 ± 12.70歳である．緑内障の病型は原発開放隅角緑内障 (primary open-angle glaucoma: POAG) が22例，正常眼圧緑内障 (normal-tension glaucoma: NTG) が23例，発達緑内障 (developmental glaucoma: DG) が4例，落屑緑内障 (exfoliation glaucoma: EG) が1例である．

本研究は，本学倫理審査委員会の承認を得た上で，本研究に関する目的と方法について十分な説明の後，インフォームドコンセントの得られた患者に対して行った．

2. 方 法

読書の評価にはJapanese version of Minnesota Reading Acuity Chart (MNREAD-J) を用いた (図1)⁷⁾．1つの文章は3行で漢字8文字を含む30文字から成る．このチャートは文字サイズ以外の刺激次元である認知的言語的次元にできるだけ違いがないように配慮された刺激単語を用いて，読書速度を算定し，最大読書速度，臨界文字サイズ，読書視力の3つのパラメータから読書能力を評価する⁸⁾．

はじめに練習用読書チャートを使用して方法を十分に理解させた上で行った．測定はチャートを書見台に置き，両眼開放の条件で，視距離は30cmとした．視距離30cmに合わせて近見屈折矯正を行った上で測定した．大きな文字サイズから小さな文字サイズへと1ブロック毎に順にでき



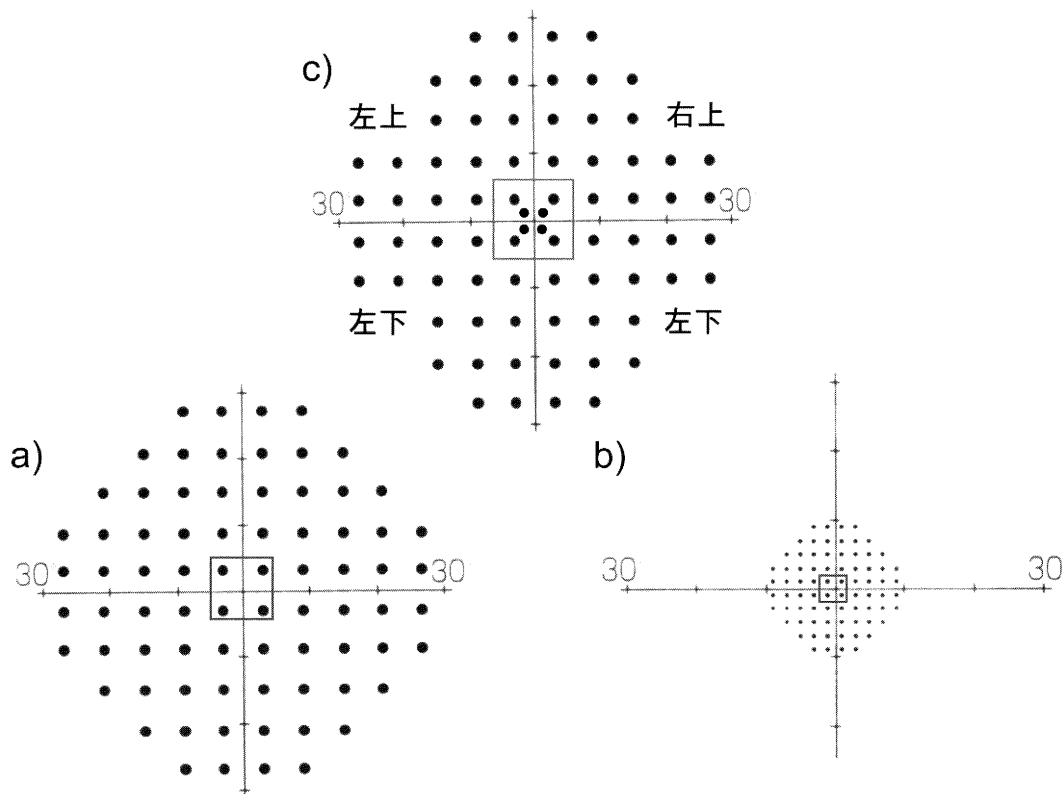


図3 Humphrey 自動視野計 (HFA) 測定点の配置

a) プログラム 10-2

2°間隔の格子状に配置されている

四角に囲んだ傍の4点のトータル偏差を用いた

b) プログラム 30-2

6°間隔の格子状に配置されている

四角に囲んだ固視点近傍の4点のトータル偏差を用いた

c) プログラム 10-2 と 30-2 の重ね合わせ

象限毎に左上, 右上, 左下, 右下と4つに区分した

左上の 10-2, 30-2 左下の 10-2, 30-2

右上の 10-2, 30-2 右下の 10-2, 30-2

四角に囲んだ8点の両眼の網膜対応点のトータル偏差を用いた

るだけ速く正確に音読するよう指示し, 読みに要した時間と読み間違えた文字数を記録した. 検査後, 新聞 (およそ 10pt) を音読してもらい読みの問題点について聞き取りを行なった.

読書速度は $[(30 - \text{読み損じた文字数}) \div 1 \text{ 分}]$

の文章を読むのにかった秒数 $\times 60]$ で求められる. 文字サイズと読みに要した時間と誤読文字数より, 読書能力を示すパラメータである最大読書速度, 臨界文字サイズ, 読書視力を算出した (図2). 最大読書速度は, 文字サイズが適当な場

合（臨界文字サイズより大きい）に得られる読書速度の平均で表される。臨界文字サイズは、効率よく読める（最大読書速度で読める）文字サイズの最小値を示し、日常生活で実用的に読める最小の文字サイズを示している。読書視力は、なんとか読むことができる最小の文字サイズを示す。

読書視力は $[1.4 - (\text{読むことのできたブロック数} \times 0.1) + (\text{読み損じた文字数}/300)]$ で求められる。

視野の評価には HFA プログラム 10-2 および 30-2 SITA Standard を行った。10-2 および 30-2 の傍中心 4 点についてトータル偏差を求めた（図 3a, b）。それぞれ良い方の眼を better eye, 悪い方の眼を worse eye と定義した。

両眼の網膜対応点での視野感度を評価するため、近見 30cm での眼位検査を行い、顕性の斜視のないことを確認した。

3. 検討項目

読書能力のパラメータである最大読書速度と better eye, worse eye の傍中心トータル偏差との相関、左右眼の傍中心網膜対応点のトータル偏差の差（絶対値）との相関を Spearman 順位相関分析で検定した。両眼の網膜対応点は HFA プログラム 10-2 および 30-2 のそれぞれ左右眼の右上、左右眼の右下、左右眼の左上、左右眼の左下である（図 3c）。

左右眼の傍中心網膜対応点のトータル偏差の差が 4dB 以上を左右差有り、3dB 以下を左右差無し、と定義し網膜対応点毎に読書困難の自覚の有無と左右差の有無について比較検討した。データ解析は対応のない t 検定およびカイ 2 乗検定を用い、危険率 5% 以下を有意差有りとした。

表 1 読書能力のパラメータと Humphrey 視野 n = 50

			平均	標準偏差
読書能力のパラメータ	最大読書速度(文字/分)		326.11	60.95
	臨界文字サイズ(logMAR)		0.25	0.14
	読書視力(logMAR)		0.02	0.12
Humphrey 視野	better eye	HFA 10-2 (dB) MD値	-5.67	6.17
		中心4点	-2.79	1.06
		HFA 30-2 (dB) MD値	-5.30	3.59
		中心4点	-3.45	1.76
	worse eye	HFA 10-2 (dB) MD値	-13.14	9.98
		中心4点	-11.80	1.55
		HFA 30-2 (dB) MD値	-12.66	5.34
		中心4点	-14.95	3.12

表2 最大読書速度と傍中心視野感度との相関 n = 50

HFAプログラム 10-2								
網膜領域	右上		右下		左上		左下	
	相関係数	P値	相関係数	P値	相関係数	P値	相関係数	P値
better eye	0.2659	0.0620	0.4543	0.0009*	0.1064	0.4621	0.4291	0.0019*
worse eye	0.1541	0.2852	0.1789	0.2138	0.1518	0.2928	0.2058	0.1516
網膜対応点 両眼の差(絶対値)	-0.0486	0.7375	-0.0107	0.9413	-0.0854	0.5554	-0.0307	0.8326
* p<0.05で有意な相関あり								
HFAプログラム 30-2								
網膜領域	右上		右下		左上		左下	
	相関係数	P値	相関係数	P値	相関係数	P値	相関係数	P値
better eye	0.1486	0.3031	0.4028	0.0037*	0.1420	0.3254	0.4146	0.0028*
worse eye	0.2574	0.0712	0.1270	0.3794	0.0440	0.7616	0.1291	0.3715
網膜対応点 両眼の差(絶対値)	-0.1621	0.2609	0.0163	0.6734	0.0559	0.6998	0.0611	0.6734
* p<0.05で有意な相関あり								

結 果

1. 読書能力のパラメータと Humphrey 視野 (表1)

最大読書速度の平均は 326.11 ± 60.95 文字/分、臨界文字サイズの平均は 0.25 ± 0.14logMAR (視距離 30cm における文字ポイントサイズ換算値：8.78 ～ 2.78pt)、読書視力の平均は 0.02 ± 0.12 logMAR (同：6.97 ～ 1.71pt) であった。

HFA プログラム 10-2 における MD 値は better eye 平均は - 5.67 ± 6.17dB, worse eye 平均は - 13.14 ± 9.98dB であった。30-2 における MD 値は better eye 平均は - 5.30 ± 3.59dB, worse eye 平均は - 12.66 ± 5.34dB であった。

中心 4 点のトータル偏差は、10-2 は better eye 平均が - 2.79 ± 1.06dB, worse eye 平均が - 11.80 ± 1.55dB であった。30-2 は better eye 平均が - 3.45 ± 1.76dB, worse eye 平均が - 14.95 ± 3.12dB であった。

2. 最大読書速度と読書困難の自覚

最大読書速度は 141.21 ～ 459.13 文字/分に分布していた。読書困難の自覚有りが 20 名、自覚無し

が 30 名であった。読書困難の自覚有りの 20 名の最大読書速度の平均は 314.87 ± 75.26 文字/分、自覚無しの 30 名の最大読書速度の平均は 333.60 ± 49.20 文字/分であった。両群の最大読書速度に有意差はなかった (p > 0.05)。

読書困難を自覚した 20 例の読みの問題点には重複回答がみられた。長時間の読書での疲れが 7 例と最も多かった。次に明るさがないと読めない、読んでいるうちに文字が消えることがある、行間を間違えることがある、がそれぞれ 3 例、そして紙面のまぶしさ、左右眼のバランスが悪く両眼で読んでいる感じがしない、が各 2 例、縦書き文章では右横に文字が流れてしまうが 1 例であった。

3. 最大読書速度と視野感度との相関 (表2)

HFA プログラム 10-2 では、better eye の右下および左下網膜領域の視野感度と最大読書速度にそれぞれ 0.45, 0.43 の中等度の有意な相関を示した (p < 0.05)。右下および左下網膜領域では better eye の視野感度が良好なほど最大読書速度が向上した。

30-2 では、better eye の左下および右下網膜領域の視野感度と最大読書速度にそれぞれ 0.41,

表3 読書困難の自覚と読書能力のパラメータおよび網膜対応点の視野感度の差

		読書困難の自覚				P値
		有り (n=20)		無し(n=30)		
		感度差 ≤ 3dB	感度差 ≥ 4dB	感度差 ≤ 3dB	感度差 ≥ 4dB	
読書能力のパラメータ	最大読書速度(文字／分)	314.87 ± 75.26		333.60 ± 49.20		n.s.
	臨界文字サイズ(logMAR)	0.28 ± 0.13		0.23 ± 0.14		n.s.
	読書視力(logMAR)	0.04 ± 0.14		0.01 ± 0.11		n.s.
Humphrey視野	10-2 傍中心4点の網膜対応点の 30-2 トータル偏差の差(dB)	8.79 ± 1.41		9.28 ± 1.72		n.s.
		13.18 ± 1.43		10.83 ± 0.88		n.s.
	10-2 右上	12(60.00%)	8(40.00%)	15(50.00%)	15(50.00%)	n.s.
	10-2 右下	6(30.00%)	14(70.00%)	19(63.33%)	11(36.67%)	<0.05
	10-2 左上	6(30.00%)	14(70.00%)	19(63.33%)	11(36.67%)	<0.05
	10-2 左下	9(45.00%)	11(55.00%)	18(60.00%)	12(40.00%)	n.s.
	30-2 右上	10(50.00%)	10(50.00%)	17(56.67%)	13(43.33%)	n.s.
	30-2 右下	8(40.00%)	12(60.00%)	18(60.00%)	12(40.00%)	n.s.
	30-2 左上	3(15.00%)	17(85.00%)	14(46.67%)	16(53.33%)	<0.05
	30-2 左下	9(45.00%)	11(55.00%)	18(60.00%)	12(40.00%)	n.s.

0.40 の中等度の有意な相関を示した ($p < 0.05$). 左下および右下網膜領域では better eye の視野感度が良好なほど最大読書速度が向上した.

4. 読書困難の自覚と読書能力のパラメータおよび網膜対応点の視野感度の差 (表3)

読書困難の自覚有りと無しでは, 3つの読書のパラメータの平均値に差はなかった ($p > 0.05$).

HFA プログラム 10-2 の傍中心4点の両眼の網膜対応点のトータル偏差の左右差は, 読書困難の自覚有りの20例では平均 8.79 \pm 1.41dB, 読書困難の自覚無しの30例では平均 9.28 \pm 1.72dBであった. 両群に有意差はなかった ($p > 0.05$). 30-2 の傍中心4点の両眼の網膜対応点のトータル偏差の左右差は, 読書困難の自覚有りの20例では平均 13.18 \pm 1.43dB, 読書困難の自覚無しの30例では平均 10.83 \pm 0.88dBであった. 両群に有意差はなかった ($p > 0.05$).

読書困難の自覚有りの20例中, 左右眼の網膜対応点において左右眼のトータル偏差の差が4dB以上であったのは HFA プログラム 10-2 では, 右上が8例 (40.00%), 右下が14例 (70.00%), 左上が14例 (70.00%), 左下が11例 (55.00%)であった. 30-2 では, 右上が10例 (50.00%),

右下が12例 (60.00%), 左上が17例 (85.00%), 左下が11例 (55.00%)であった. 読書困難の自覚無しの30例中, 左右眼の網膜対応点において左右眼のトータル偏差の差が4dB以上であったのは HFA プログラム 10-2 では, 右上が15例 (50.00%), 右下が11例 (36.67%), 左上が11例 (36.67%), 左下が12例 (40.00%)であった. 30-2 では, 右上が13例 (43.33%), 右下が12例 (40.00%), 左上が16例 (53.33%), 左下が12例 (40.00%)であった.

左上網膜領域での10-2および30-2, 右下網膜領域での10-2において読書困難を自覚している群は自覚のない群に比べて, 左右眼の視野感度に差がみられる割合が有意に高かった ($p < 0.05$).

考 察

近年の緑内障治療の進歩は目覚しいが, 社会の高齢化に伴い治療できない視覚障害のために視機能が低下したままの状態では生活せざるを得ない人口は増加している¹⁾.

本研究の対象年齢は平均 53.58 \pm 12.70歳であり, その多くは就労していた. 読書検査を実施後の聞き取りでは50例中20例 (40%) に読書困

難の訴えがあった。緑内障では視力が良好で視野障害が比較的軽度のうちから読みに関する問題が起こることが明らかになった。緑内障では末期まで中心視野、視力が保たれることから、日常の診療では患者の読みの困難に関して気づかないことが多いが、実際には読みの問題を抱えて就労している緑内障患者が多いことが推測される。

MNREAD-Jによる読書評価から、新聞の文字サイズに相当する10ptは全例、その個人の最大能力の速度で読めており、読書の重要な指標である臨界文字サイズおよび読書視力には問題がないことがわかった。加齢黄斑変性のような中心暗点を生じる疾患では臨界文字サイズが大きくなり⁹⁾、この場合の読書には高倍率の近用拡大鏡が必要となる。しかし、今回の対象の緑内障では読書困難の自覚があっても読書に適する文字サイズに低下がみられなかったことから、近用拡大鏡などで文字を拡大することでは読書困難を解決できない。そして読書困難の自覚の有る群と自覚の無い群での最大読書速度には差はなかった。最大読書速度の低下を示さない者にも読書困難の訴えがあり、視機能障害が軽度の緑内障では読書のパラメータの低下と読書困難の自覚は一致しなかった。

読書困難の内容は、長時間の読書での疲労を挙げる者が最も多かった。その他に、明るさがないと読めない、文字が消える、行間を間違える、白い紙面でまぶしい、左右眼のバランスが悪い、右横に文字が流れるなど、これらが読書の疲労を引き起こしているのかもしれない。読書を直接評価することで、患者自身が日常の読書の問題点に気づくことができた。行間を間違えるという問題点を挙げた3例のうちの1例は、市販の近用拡大鏡で読書に対応していたが、文字が拡大されても行間を間違えることには変わりなく、視野に入る文字数が減少するため効率よく読めないと訴えた。読書困難を自覚した20例に対しては、読書時の適切な照明、そして紙面の反射を軽減させ、読みたい部分のコントラストを向上させるタイポスコープの情報提供および指導を行った。

藤田らは片眼ずつの読書評価から中心視野障害と読書能力との関連について検討した結果、視力

が良好であっても中心3度以内に絶対暗点があり、さらに2象限以上の絶対暗点が連続した場合に読書困難を起こすことを報告している⁶⁾。しかし、片眼のみの評価では、日常の読書で読書困難が起こり得るかは疑問である。実生活において読書は両眼で行なわれることから、本研究では両眼開放下での読書を評価した。

Estermanは片眼ずつ測定した視力、視野は実生活での視覚を反映していないと指摘し両眼開放でのEsterman disability score(以下、EDS)を報告した¹⁰⁾。EDSは視野障害による能力障害の評価法として、アメリカおよびヨーロッパ、そして本邦においても用いられている。様々な視野の評価方法が考慮されるが、今回は日常の診療で視機能の管理に用いられているHFAプログラム30-2および10-2の左右眼それぞれの結果から傍中心4点の両眼網膜対応点の視野感度を評価し、最大読書速度および日常の読書困難の自覚との関係を調べた。

早期緑内障では両眼開放下におけるコントラスト感度や立体視が低下するという報告¹¹⁾¹²⁾があることから、左右眼の傍中心視野感度の違いが読書時の両眼単一視を妨げ、読書速度を低下させて読書困難の自覚が起こると予測した。しかし、最大読書速度は視機能の良い眼の下方網膜領域の視野感度に最も影響を受け、両眼の網膜対応点の視野感度の差とは相関がみられなかった。そして、最大読書速度の低下が読書困難の自覚に結びつかない結果であった。読書時の眼球運動に関しては、古くから臨床心理的分野において多くの研究がされてきた^{13)–15)}。読む速さは読書時の眼球運動が関与していると考えられ、傍中心の網膜対応点の視野感度の差は読書速度と直接関係なく、両眼中心窩の単一視の妨げとならないのかもしれない。

最大読書速度が下方視野感度の影響を受けることについては、今回の研究で用いたMNREAD-Jが縦書きの読書を評価していることから、垂直方向の眼球運動が関与し、固視点よりも下方に視線を移動させる際に視野感度が低いことが下方への眼球運動の妨げとなるためと考える。日本文は右縦書きの伝統から左横書き化が進んでいる。しか

し日常の読み物である新聞は右縦書きである。このことから本研究においては右縦書きの MNREAD-J チャートを用いた。

傍中心の左上および右下の網膜領域に感度の差がある場合に、読書困難の自覚が多くなることは、縦書き文書の場合は行替えの際に、右下から左上に素早く眼球運動を行わなければならない、その方向の視野感度に左右差がある場合には、左右眼のバランスが悪いなどの自覚が生じる原因になると考えられた。

結 論

本研究により、読書と中心視野障害との関係が明らかになり、読書を直接評価することで、視機能障害が比較的軽度の緑内障患者にも読書障害の問題が起り得ることがわかった。視力が良好な緑内障患者に対して視野障害から読書の問題点を分析し、照明やタイポスコープ等の読書指導に繋げることができた。

謝 辞

本研究全般にわたりご指導を賜りました福地健郎教授、阿部春樹前教授ならびに統計学的方法につきご指導を賜りました岡田正彦前教授（地域疾病制御医学専攻予防医療学分野）に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 日本眼科医会研究班報告 2006～2008：日本における視覚障害の社会的コスト。日本の眼科 80 付録 9-11, 2009.
- 2) Iwase A, Suzuki Y, Araie M, Yamamoto T, Abe H, Shirato S, Kuwayama Y, Mishima HK, Shimizu H, Tomita G, Inoue Y, Kitazawa Y; Tajimi Study Group, Japan Glaucoma Society: The prevalence of primary open-angle glaucoma in Japanese: the Tajimi Study. *Ophthalmology* 111: 1641-1648, 2004.
- 3) Sumi I, Shirato S, Matsumoto S and Araie M: The relationship between visual disability and visual field in patients with glaucoma. *Ophthalmology* 110: 332-339, 2003.
- 4) Gutierrez P, Wilson R, Johnson C, Gordon M, Cioffi GA, Ritch R, Sherwood M, Meng K and Mangione CM: Influence of glaucomatous visual field loss on health-related quality of life. *Arch Ophthalmol* 115: 777-784, 1997.
- 5) Viswanathan AC, McNaught AI, Poinoosawmy D, Fontana L, Crabb DP, Fitzke FW and Hitchings RA: Severity and stability of glaucoma: patient perception compared with objective measurement. *Arch Ophthalmol* 117: 450-454, 1999.
- 6) 藤田京子, 湯沢美都子, 安田典子：緑内障による中心視野障害と読書成績。日眼会誌 110: 914-918, 2006.
- 7) Legge GE, Ross JA, Luebker A and LaMay JM: Psychophysics of reading. VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test. *Optom Vis Sci* 66: 843-853, 1989.
- 8) 小田浩一：ミネソタ読書チャート MNREAD-J. 眼科診療プラクティス 57, 視力の正しい測り方。丸尾敏夫編, 文光堂, 東京, 79, 2000.
- 9) 藤田京子, 成瀬睦子, 小田浩一, 湯沢美都子：加齢黄斑変性滲出型瘢痕期の読書成績。日眼会誌 109: 83-87, 2005.
- 10) Esterman B: Functional scoring of the binocular field. *Ophthalmology* 89: 1226-1234, 1982.
- 11) Essock EA, Fechtner RD, Zimmerman TJ, Krebs WK and Nussdorf JD: Binocular function in early glaucoma. *J Glaucoma*: 395-405, 1996.
- 12) Bassi CJ and Galanis JC: Binocular visual impairment in glaucoma. *Ophthalmology* 98: 1406-1411, 1991.
- 13) Huey EB: On the psychology and physiology of reading. *Am J Psychol* 9: 575-586, 1900.
- 14) Legg GE, Pelli DG, Rubin GS and Schleske MM: Psychophysics of reading normal vision. *Vision Res* 25: 239-252, 1985.
- 15) Legg GE, Ross JA, Maxwell KT and Luebker A: Psychophysics of reading. Comprehension in normal and low vision. *Clin Vision Sci* 4: 51-60, 1989.

(平成 24 年 11 月 27 日受付)