

## 瞳孔視野測定における年代別縮瞳率の検討

浅川 賢<sup>1)</sup>, 庄司 信行<sup>1)2)</sup>, 石川 均<sup>2)</sup>, 田中舘明博<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>北里大学大学院医療系研究科眼科学

<sup>2)</sup>北里大学医療衛生学部視覚機能療法学

<sup>3)</sup>北里大学医療衛生学部電子工学

### 要 約

**目的:** 他覚的視野評価である瞳孔視野計において 20 代から 50 代までの正常者に対して年代別の縮瞳率を測定することで, 基準値を設定するとともに臨床応用の可能性を検討する。

**対象と方法:** 年齢 18 歳から 59 歳までの正常者 90 名を対象に, 10 分間の暗順応後, 瞳孔視野測定を行い, 全 76 測定点, 各 1 点ずつの平均縮瞳率および 76 点を「中心・中間・周辺・最周辺」の 4 領域に分類した領域別の平均縮瞳率を年代別に検討した。

**結果:** 全年代でいずれの測定点の平均縮瞳率も約

25% 前後であり, 加齢に伴う影響はみられなかった。また, 領域別では中心部位の縮瞳率が最も大きく, 周辺へと移行するに従い小さくなる結果となった。

**結論:** 瞳孔視野計において基準値を設定することが可能となり, 瞳孔視野測定之感度や特異度の評価にも応用できるものと思われる。(日眼会誌 113 : 727—731, 2009)

**キーワード:** 瞳孔視野計, 縮瞳率, 年代別基準値, 年齢, グレースケール表示

## Evaluation of Age-related Pupil Constriction in Pupil Perimetry

Ken Asakawa<sup>1)</sup>, Nobuyuki Shoji<sup>1)2)</sup>, Hitoshi Ishikawa<sup>2)</sup> and Akihiro Tanakadate<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology and Visual Science, Kitasato University Graduate School, Doctors Program of Medical Science

<sup>2)</sup>Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University, School of Allied Health Science

<sup>3)</sup>Department of Clinical Engineering, Kitasato University, School of Allied Health Science

### Abstract

**Purpose:** To investigate the possibility of assessing pupil perimetry by evaluating pupil constriction in association with age in healthy persons.

**Subjects and Methods:** A total of 90 healthy persons, aged 18 to 59 years, were enrolled in this study. The percentage of pupil constriction for each of the 76 points was evaluated, in addition to which pupil constriction for 4 specific areas within the total 76 points (center 16, middle 20, peripheral 24, and most peripheral 16) were also studied.

**Results:** Percentage of pupil constriction at each point was approximately 25%. Pupil miosis has hardly changed with age. There was, however, a

steep decline in the percentage of pupil constriction from the center to the periphery of the pupil field.

**Conclusions:** The current study demonstrates that standard values can be obtained using pupil perimetry. Additional studies are needed to evaluate the specificity and sensitivity of this technique.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 113 : 727—731, 2009)

**Key words:** Pupil perimeter, Percentage pupil constriction, Standard values, Age, Gray-scale

## I 緒 言

近年, 視覚生理学的特性や解剖学的差異を応用した新しい自動視野計が開発され, その有用性や再現性につい

て多数の検討がなされている<sup>1)2)</sup>。しかし広く臨床応用されている自動視野計は, いずれも自覚的検査法であり, 理解不足の患者のみならず時に高齢者でも再現性が低く, 信頼性に乏しい結果しか得られないことが多い。

別刷請求先: 228-8555 相模原市北里 1—15—1 北里大学大学院医療系研究科眼科学 浅川 賢

(平成 20 年 9 月 19 日受付, 平成 21 年 3 月 16 日改訂受理) E-mail: dm07002u@st.kitasato-u.ac.jp

Reprint requests to: Ken Asakawa, C.O. Department of Ophthalmology and Visual Science, Kitasato University Graduate School, Doctors Program of Medical Science, 1-15-1, Kitasato, Sagami-hara-shi, Kanagawa-ken 228-8555, Japan

(Received September 19, 2008 and accepted in revised form March 16, 2009)



図 1 瞳孔視野計の外観。

このような現状の中で、瞳孔視野計は対光反射を応用した検査法であるため、簡便に他覚的評価が可能と考えられ、他覚的視野測定のみならず唯一臨床応用可能な検査法として、その有用性が期待されている<sup>3,4)</sup>。瞳孔視野測定を試みは、従来から多数の報告<sup>3)~12)</sup>がみられるが、これらの報告は研究としての検討が中心であり、瞳孔視野計の臨床応用には対光反射のばらつきによる測定自体の困難さ、アーチファクトの除去、さらにはグレースケール表示の設定基準など、自動視野計との比較において多くの問題点があった<sup>3,4)</sup>。我々は既報<sup>11)</sup>において瞳孔視野計自体の技術的な問題を考慮し、瞬目や体動などによるアーチファクトの影響を除外する測定プログラムの設定、早期視野異常の検出が可能な測定条件や解析方法を検討してきた。しかし瞳孔視野計には対光反射の著しい変動性から基準となる正常値が存在せず、特に従来のグレースケール表示では個人の最大縮瞳率を基準としているため、アーチファクトが混入すると正常者であっても異常のごとく検出されてしまう欠点があった。また、臨床での評価は個々の縮瞳率での評価のため各患者の対光反射波形から異常が存在するか否かを判定しており、主観的評価の介入が避けられず他者との比較も不可能であった。

本研究では幅広い年代の正常者において瞳孔視野測定を施行し、基準となる縮瞳率を検討することで今後の臨床応用の可能性を検討した。

## II 対象と方法

### 1. 対象

対象は屈折異常以外に眼底所見を含め眼疾患のない正常者とし、18歳から29歳まで(22.3±3.0歳：平均値±標準偏差、以下、同)を20代、30歳から39歳まで(33.3±2.7歳)を30代、同様に40代(44.0±2.6歳)、50歳から59歳まで(54.4±3.2歳)を50代として4つの年代別に分類し、20代のみ30名(男性12名・女性18

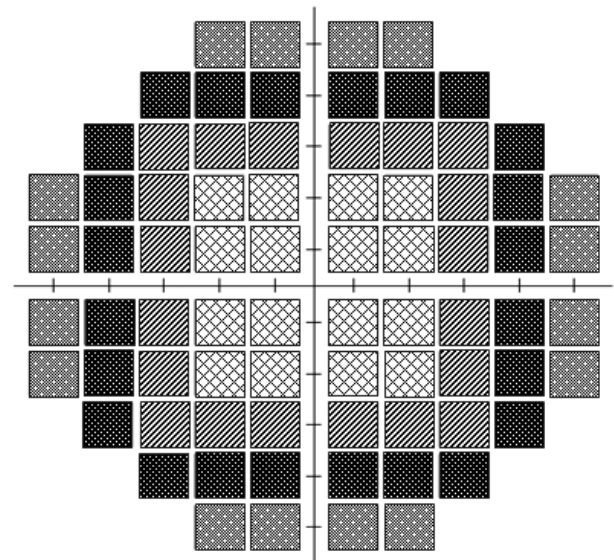


図 2 領域別解析。

中心30°、全測定点76点を「中心16点・中間20点・周辺24点・最周辺16点」の4領域に分類した。

☐：中心、▨：中間、▩：周辺、▧：最周辺。

名)、その他の年代は各20名(男性10名・女性10名)の計90名に対し検討を行った。なお研究の趣旨に関して十分な説明を行い、承諾を得た後に測定を行った。

### 2. 測定機器

瞳孔視野計は自動視野計 AP-5000(Kowa 社)に赤外線電子瞳孔計(浜松ホトニクス社)を接続したもので、視標呈示により誘発される対光反射を記録し、視野の一定の測定点における網膜感度を縮瞳率(%)として測定する機器である<sup>6,7)</sup>(図1)。なお、瞳孔視野計での固視監視は付属のアイモニターにて観察し、視標呈示中の瞬目に関しては5回まで同測定点を再測定するようプログラム処理されている<sup>4,11)</sup>。

### 3. 測定方法

方法は瞳孔が安定する日内変動<sup>12)</sup>を考慮して午前10時から午後14時の間に以下の測定を行った。まず10分間の暗順応後、Humphrey 自動視野計(Carl Zeiss 社)にて中心30°、測定点76点の自覚的評価を行い、パターン偏差の異常点(確率プロットにて5%未満の暗点)が存在しないなど、視野異常がみられないことを予め確認し、その後、再度10分間の暗順応を行い、瞳孔視野計にて同様の範囲、測定点で他覚的評価を行った。いずれも測定は右眼とし、解析は既報<sup>11)</sup>に従い、結果の信頼性や再現性に影響を及ぼす瞬目や体動などのアーチファクトが混入した波形、固視不良や偽陽性、偽陰性が20%以上、さらには刺激前瞳孔径に対する刺激後の反応の割合、すなわち縮瞳率が10%以下の場合は除外した。

検討項目としては各年代別に全測定点76点における各1点ずつの平均縮瞳率を求めるとともに図2のごとく76点を「中心16点・中間20点・周辺24点・最周辺16

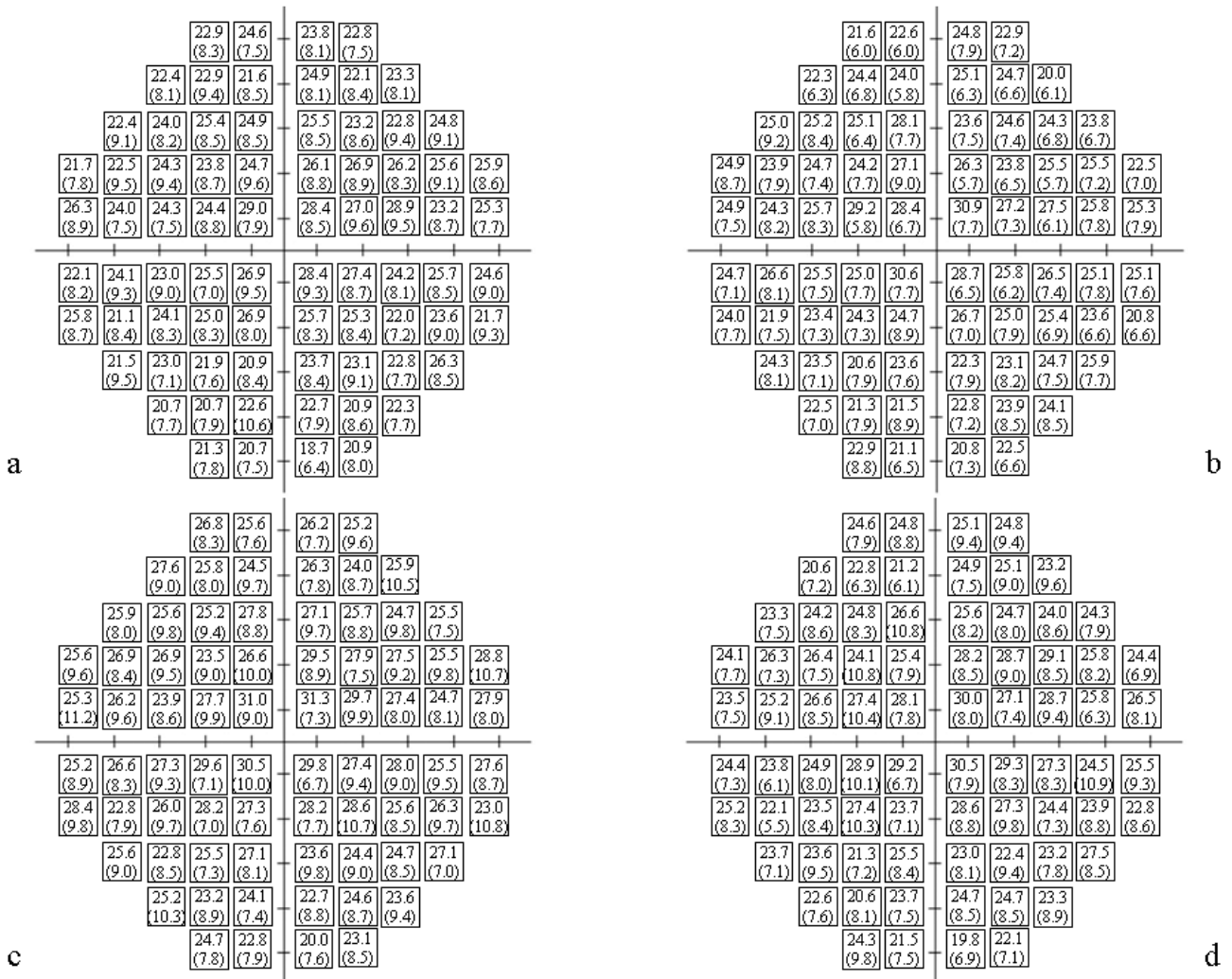


図 3 20~50 代の平均縮瞳率.

20~50 代 90 眼の平均縮瞳率を示す. 括弧内は標準偏差である.

a : 20 代 (n=30), b : 30 代 (n=20), c : 40 代 (n=20), d : 50 代 (n=20).

点」の 4 領域に分類し、領域別の平均縮瞳率を併せて検討した. 統計学的検討には ANOVA 検定を行い、有意差を確認後、多重比較である Scheffe test を行った.

### III 結 果

#### 1. 測定点別解析

各年代別に全測定点 76 点における各 1 点ずつの平均縮瞳率を示す (20 代 : 図 3a, 30 代 : 図 3b, 40 代 : 図 3c, 50 代 : 図 3d). 20 代において縮瞳率がやや小さい傾向にあり、40 代にて大きい結果となったが、いずれの測定点も約 25% 前後の縮瞳率であり、年代による顕著な影響はみられなかった.

#### 2. 領域別解析

全測定点 76 点を「中心・中間・周辺・最周辺」と 4 領域に分類した領域別の平均縮瞳率は、全年代で中心領域の縮瞳率が他の領域と比較して統計学的に有意に大きく、周辺へと移行するに従い小さくなる結果となった (図 4). 具体的な縮瞳率および中心領域の値を基準とし

た統計学的結果を表 1 に示す.

### IV 考 按

本検討では 18 歳から 59 歳までの健常被検者 90 名を対象に瞳孔視野測定を行い、瞳孔視野計の基準となる縮瞳率を評価することで臨床応用への可能性を検討した. その結果、全年代において中心 30°, 76 測定点の平均縮瞳率は約 25% 前後であり、年代による差はみられなかった. 対光反射は自律神経系のみならず疲労などの中枢神経系の影響も受ける<sup>13)14)</sup>ため、個人間の変動が非常に大きく、解析の手間などから対光反射の年代別正常値の検討はほとんどなされていない. 本邦では長谷川ら<sup>15)</sup>の赤外線電子瞳孔計を用いた全網膜刺激の評価が報告されているが、その検討では全年代の平均縮瞳率は約 50% で、本結果と同様、加齢による影響を受けないとされている. 一方、平均縮瞳率が上記の報告と異なった要因としては、本研究にて用いた瞳孔視野計は自動視野計に赤外線電子瞳孔計が接続された機器ではあるが、片

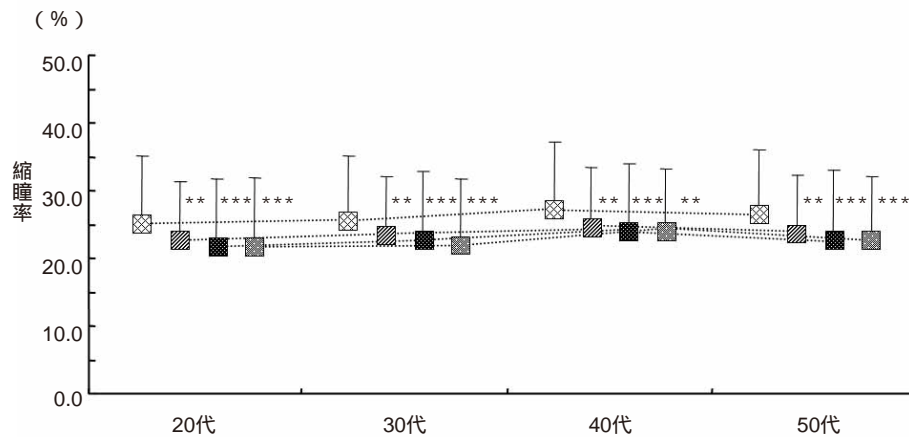


図 4 全年代における領域別平均縮瞳率。

全年代で中心領域の縮瞳率が他の領域と比較して有意に大きく、周辺へと移行するに従い小さくなる結果となった。☒：中心，▨：中間，■：周辺，■：最周辺(いずれも平均値)，バーは標準偏差を示す。  
\*\*\* :  $p < 0.0001$ , \*\* :  $p < 0.01$ , Scheffe test.

表 1 領域別の平均縮瞳率

年代 \ 領域	中心	中間	周辺	最周辺
20	26.4±8.7	24.0±8.4**	23.0±8.6***	23.1±8.2***
30	26.7±7.4	24.6±7.4**	24.0±7.5***	23.2±7.3***
40	28.6±8.7	25.9±8.9**	25.3±8.7***	25.4±9.1**
50	27.8±8.8	25.0±8.5**	23.9±7.9***	24.0±8.2***

平均値±標準偏差. \*\*\* :  $p < 0.0001$ , \*\* :  $p < 0.01$ , Scheffe test.

眼ずつの測定であること、closed loop 方式<sup>16)</sup>を採用していること、さらには中心 30°の全 76 点を 1 点ずつ測定する局所網膜刺激であることなど、測定条件の差異によるものと考えられる。

次に本検討では全年代において周辺に比較して中心の縮瞳率が有意に大きい結果が得られ、Hong ら<sup>10)</sup>と同様の結果となったが、これは瞳孔中心への入射光は最も効果的に光受容体に影響するといういわゆる Stiles-Crawford 効果<sup>17)</sup>、もしくは網膜神経節細胞の分布の差異<sup>18)19)</sup>によるものと思われる。しかし瞳孔反応は心理的要因、特に疲労により瞳孔中心より周辺の感度が良好になる<sup>14)</sup>という特性もあり、この特性を応用することで結果の信頼性のパラメータにもなり得ると考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

前述のごとくこれまでの瞳孔視野測定において網膜疾患や視神経疾患、頭蓋内病変などさまざまな疾患に対する評価、すなわち感度に対する報告<sup>3)4)6)8)11)</sup>は多数みられるものの、正常者を対象とした特異度の検討は本邦ではなされておらず、今後、基準値をもとに設定されたグレースケール表示にて ROC (receiver operating characteristic curve) 曲線を含め統計学的に瞳孔視野測定の有用性を検討していきたいと考えている。

本稿の要旨は、第 19 回日本緑内障学会(大阪)において発表した。

## 文 献

- 1) Thomas R, Bhat S, Muliylil JP, Parikh R, George R : Frequency doubling perimetry in glaucoma. J Glaucoma 11 : 46—50, 2002.
- 2) Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD : Blue-on-yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss. Arch Ophthalmol 111 : 645—650, 1993.
- 3) Kardon RH, Kirkali PA, Thompson HS : Automated pupil perimetry—Pupil field mapping in patients and normal subjects. Ophthalmology 98 : 485—495, 1991.
- 4) Yoshitomi T, Matsui T, Tanakadate A, Ishikawa S : Comparison of threshold visual perimetry and objective pupil perimetry in clinical patients. J Neuroophthalmol 19 : 89—99, 1999.
- 5) Bresky RH, Charles S : Pupil motor perimetry. Am J Ophthalmol 68 : 108—112, 1969.
- 6) 吉富健志, 松井孝子, 藤田 哲, 長江尚美, 石川 哲 : 瞳孔視野計による緑内障視野計測の試み. あたらしい眼科 12 : 833—836, 1995.

- 7) 田中館明博：瞳孔反応を利用した他覚的自動視野計の試作. 神眼 14 : 365—376, 1997.
  - 8) 吉富健志, 松井孝子, 向野和雄, 石川 哲：瞳孔視野計による他覚的視野計測の試み. 日眼会誌 100 : 825—831, 1996.
  - 9) Schmid R, Wilhelm B, Wilhelm H : Pupillomotor campimetry in normals. Neuro-ophthalmol 23 : 7—13, 2000.
  - 10) Hong S, Narkiewicz J, Kardon RH : Comparison of pupil perimetry and visual perimetry in normal eyes—decibel sensitivity and variability—. Invest Ophthalmol Vis Sci 42 : 957—965, 2001.
  - 11) 浅川 賢, 庄司信行, 田中館明博, 石川 均, 吉富健志：緑内障患者における瞳孔視野測定の有用性. あたらしい眼科 23 : 661—664, 2006.
  - 12) 内海 隆, 石川 哲：両眼同時記録赤外線電子瞳孔計による瞳孔運動の日内変動について. 神経研究の進歩 20 : 977—989, 1976.
  - 13) Schweitzer NJ : Threshold measurement on the light reflex of the pupil in the dark adapted eye. Doc Ophthalmol 10 : 1—78, 1956.
  - 14) Lowenstein O, Feinberg R, Loewenfeld IE : Pupillary movements during acute and chronic fatigue. Invest Ophthalmol Vis Sci 2 : 138—157, 1963.
  - 15) 長谷川幸子, 石川 哲：正常対光反応の加齢による変化—新型双眼性赤外線電子瞳孔計(C 2515)を用いた検討—. 日眼会誌 93 : 955—961, 1989.
  - 16) 山崎篤巳, 石川 哲：Open Loop における瞳孔対光反応の研究. 日眼会誌 79 : 1238—1246, 1975.
  - 17) Stiles WS, Crawford BH : The luminous efficiency of rays entering the eye pupil at different points. Proceedings of the Royal Society 112 : 428—450, 1933.
  - 18) Curcio CA, Allen KA : Topography of ganglion cells in human retina. J Comp Neurol 300 : 5—25, 1990.
  - 19) Jonas JB, Schneider U, Naumann GO : Count and density of human retinal photoreceptors. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 230 : 505—510, 1992.
-