

緑内障における上下半視野の網膜神経線維層厚の 光干渉断層計による解析

金森 章泰, 瀬谷 隆, 山田 裕子, 松原 令, 中村 誠, 根木 昭

神戸大学大学院医学系研究科医科学専攻器官治療医学講座眼科学

要 約

目的：緑内障における網膜神経線維層の変化を上下半視野に分けて、光干渉断層計(OCT)を用いて解析する。また、OCTを用いた緑内障診断に際しての効率的なパラメータを検索する。

対象と方法：正常 184 眼(128 例)および上下半視野のどちらかのみ視野欠損を有する開放隅角緑内障 108 眼(87 例)において、OCTを用いて網膜神経線維層の厚み(NFLT)を測定した。Humphrey 視野計での mean deviation(MD)と NFLT の相関関係を算出した。病態識別能を検討するため、受信者操作特性曲線(ROC カーブ)と ROC カーブ下面積を解析した。

結果：緑内障の視野正常側、視野障害側の両方で正常眼に比べ有意な NFLT の減少がみられ、MD と相

関関係があった。最も高い相関関係を示したのはパラメータ A 120(耳側寄りの 4 つの 30° セグメントの平均)であり($p < 0.001$, $r = 0.571$)、かつこれは ROC カーブ下面積が最も高い(パラメータ A 120, 0.948)パラメータであった。

結論：緑内障では視野が正常の領域に対応する NFLT も病期とともに菲薄化する。OCTを用いた NFLT 解析による緑内障診断には、パラメータ A 120 が良い指標になると思われる。(日眼会誌 108 : 213-218, 2004)

キーワード：網膜神経線維層厚、光干渉断層計、緑内障、上下半視野、受信者操作特性曲線

Analysis of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measured by Optical Coherence Tomography in Glaucomatous Eyes with Hemifield Defect

Akiyasu Kanamori, Ryu Seya, Yuko Yamada, Satoshi Matsubara
Makoto Nakamura and Akira Negi

Department of Organ Therapeutics, Division of Ophthalmology, Kobe University Graduate School of Medicine

Abstract

Purpose : To analyze the retinal nerve fiber layer thickness(NFLT) as measured by optical coherence tomography(OCT) in glaucomatous eyes with hemifield defect and to evaluate the most effective parameter for the diagnosis of glaucoma with OCT.

Methods : One hundred eighty four(184) normal eyes(128 subjects) and 108 open-angle glaucomatous eyes(87 subjects) with superior or inferior hemifield defects verified by Humphrey field analyzer(HFA) were measured for NFLT with OCT. The correlations between NFLT and mean deviation on HFA were calculated. In combination with normal eye data, receiver operating characteristic curve(ROC curve) and AUC(area under the curve) of each NFLT in the affected hemifield were evaluated for the diagnosis of glaucoma.

Results : NFLT in both affected and unaffected hemifields was significantly correlated with mean

deviation in HFA. An average of four 30° segments close to the temporal side in the affected hemifield (parameter A120) had the highest correlation($r = 0.571$) and the highest AUC(0.948) among all parameters.

Conclusions : NFLT in the unaffected visual field decreases with the progression of glaucomatous damage. We suggest that the parameter A120 is the best indication in a diagnosis of glaucoma when measuring NFLT by OCT.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi(J Jpn Ophthalmol Soc 108 : 213-218, 2004)

Key words : Retinal nerve fiber layer thickness, Optical coherence tomography, Glaucoma, Hemifield, Receiver operating characteristic curve

別冊請求先：650-0017 神戸市中央区楠町 7-5-2 神戸大学医学部器官治療医学講座眼科学 金森 章泰
(平成 15 年 7 月 29 日受付, 平成 15 年 10 月 6 日改訂受理)

Reprint requests to : Akiyasu Kanamori, M. D. Department of Organ Therapeutics, Division of Ophthalmology, Kobe University Graduate School of Medicine. 7-5-2 Kusunoki-cho, Chuo-ku, Kobe, 650-0017, Japan

(Received July 29, 2003 and accepted in revised form October 6, 2003)

I 緒 言

緑内障において、網膜神経線維層 (retinal nerve fiber layer, RNFL) の欠損は重要な所見の一つであり¹⁾、緑内障性視野変化の出現以前に RNFL 欠損がしばしばみられることはよく知られている²⁾。RNFL 欠損は、びまん性あるいは局所的なものに大別され、網膜神経節細胞およびその軸索の障害により、それに対応した緑内障性視野障害が出現する。上下で二分されるという RNFL の特異的な分布のため、視野狭窄が進行しても緑内障性視野障害は上下の水平経線を保つのが通常である。上下どちらかのみ視野障害を有する緑内障眼において、機能的解析や RNFL などの構造的解析を行った検討がいくつか報告^{3)~7)}されている。いずれも自動視野計で視野障害が検出されない部分にも緑内障による障害が存在することを報告しており、RNFL のびまん性障害の裏付けとなっている。しかし、病期の進行に対して、正常視野に対応する RNFL がどのように構造的変化をとるかについての報告は少ない。

近年、RNFL の厚み (NFLT) を測定する検査機器が開発され、RNFL の定量的な観察が可能になった。光干渉断層計 (optical coherence tomography, OCT) もその一つであり、さらに OCT は scanning laser polarimetry などの緑内障画像診断機器に比べると、緑内障性障害を若干鋭敏に検出するとの報告^{8)~10)}がある。OCT は近赤外線低干渉ビームを探触光として用い、光学的ビームスプリッターを通して眼内から反射した反射測定光と基準光の干渉現象を利用して、空間的な位置関係に換算する測定装置である。我々は多数の日本人を対象とし、OCT による NFLT の解析を行い、OCT は緑内障に対して高い診断能力を有することを報告¹¹⁾した。OCT を用いて NFLT を測定することで、緑内障性変化を検出できるといわれているが^{10)~12)}、临床上、どのようなパラメータをもとに、どの値を指標として緑内障の補助診断に用いるかについては未だ十分に検討されていない。上下半視野のどちらかに視野障害をもつ緑内障眼を対象とすることで、RNFL が上下で二分される特徴をより反映できると思われる。また、水平経線で半割した NFLT の解析により、上下で対応させた網膜構造上の変化としての緑内障性視野障害を確認することができる。

今回、我々は上下どちらかのみ視野障害を有する開放隅角緑内障 (OAG) 眼と多数の正常眼における NFLT を検討し、緑内障眼における視野正常領域の RNFL の障害を解析した。さらに、緑内障眼の視野異常側の NFLT から、OCT による緑内障補助診断に対してより効率的に行えるパラメータを模索した。

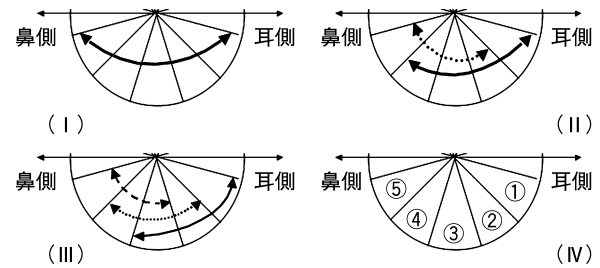


図 1

左右、上下を統一するため、網膜神経線維層の厚み (NFLT) のパラメータの変換を行った。すべての検査眼を左眼のものとし、緑内障の視野障害は上方にあるとして変換した。(I) は 150° のパラメータ、(II) は実線が耳側寄りの 120° (A 120)、点線が鼻側寄りの 120° (B 120) のパラメータ、(III) は実線が耳側寄りの 90° (a 90)、点線が真ん中の 90° (b 90)、破線が鼻側寄りの 90° (c 90) のパラメータを示す。(IV) は 30° セグメントそのものを示すが、耳側から鼻側にかけてそれぞれ ① 30~⑤ 30 とした。

II 対象と方法

対象は正常眼 184 眼 (128 例)、上下どちらかのみ視野障害を有する OAG 108 眼 [原発開放隅角緑内障 (POAG) 43 眼 33 例、正常眼圧緑内障 (NTG) 65 眼 54 例] であった。上方視野障害・下方視野障害を有するのはそれぞれ 80 眼および 28 眼であった。OAG は下記に述べる緑内障性視野障害に一致する視神経乳頭変化と開放隅角を持つ眼とした。正常眼は正常な視神経乳頭および下記に述べる正常視野を有し、かつ網膜疾患など後眼部の病変をもたないものとし、当院の職員、健康診断や結膜炎などの前眼部病変で受診した患者、入院患者の片眼などで行った。OCT 検査・散瞳を含めた眼底検査は医師が説明を行い、同意を得たうえで行った。OCT による撮影が明瞭に行えない中間投光体混濁のある眼は除外した。また、糖尿病罹患患者は対象から除外した。

OCT の測定は、OCT-1 (バージョン A 6.1) を用い、同一検査者によって、散瞳下で視神経乳頭を中心に半径 3.4 mm の circle scan を 3 回以上行った。OCT に付属する Average RNFL thickness プログラムを用い、NFLT の平均を算出した。明瞭に測定できなかった画像や、測定結果で S/N 比が 40 dB 未満のものは解析から除外した。

視野測定は Humphrey 静的視野計のプログラム 30-2 を用い、OCT 測定の前 6 か月前後以内の結果を解析に用いた。視野測定結果で固視不良、偽陽性、偽陰性のいずれかが 33% 以上の結果は除外した。Total deviation において、最周辺部を除く、 $p < 0.01$ の 2 つかそれ以上連続する点、あるいは $p < 0.05$ の 3 つかそれ以上連続する点がある場合を緑内障性視野障害と定義し、正常視野はそうでないものと定義した。

OCT を用いて測定した NFLT の結果を、上下側ともに図 1 に示すように変換し、30° 毎(①~⑤ 30)、90° 毎(a 90~c 90)、120° 毎(A 120, B 120)、150° の平均をパラメータとして算出した。図 1 では、視野障害が上方にある左眼の例を示す。

緑内障において、上下視野で視野障害側と視野正常側に分け、それぞれの NFLT を正常眼と比較した。また、それぞれのパラメータにおいて、Humphrey 視野計の mean deviation(MD)との相関係数を検討した。さらに、緑内障診断能力を検出するため、正常眼の上下両方のパラメータをもとに受信者操作特性曲線(receiver operative characteristic curve, ROC カーブ)および、その面積(area under the curve, AUC)の算出を行った。ROC カーブとは縦軸に検査法の敏感度、横軸の逆方向に特異度を取り(偽陽性率)、各検査法の特性をプロットすることで得られる曲線であり、検査法の有効性の比較を図で行うものである¹³⁾。その曲線の下方の面積を AUC として算出し、病態識別能の高い検査は AUC が 1.0 に近く、識別能のない検査は 0.5 に近くなる。検査方法による病態識別値の設定やスクリーニング法の有効性の検証によく用いられる手法である。

AUC の算出は Med Calc[®] を用い、それ以外の統計学的計算は Stat view[®] を使用した。統計学的有意水準は

p<0.05 とした。

III 結 果

年齢は、正常群が 49.5±14.8(平均値±標準偏差)歳、緑内障群が 52.5±14.7 歳で有意な差はなかった(表 1)。屈折値も両群間で差はなかった。NFLT を解析するに当たり、図 1 に示すように、OCT で測定した NFLT を上下側ともに、30° 毎(①~⑤ 30)、90° 毎(a 90~c 90)、120° 毎(A 120, B 120)、150° の平均のパラメータとして算出した。

表 2 に正常眼、緑内障の視野正常側、視野異常側のそれぞれのパラメータの NFLT を示した。Tukey-Kramer post-hoc test を用いた一元配置分散分析検定を行った結果、視野異常側の NFLT はすべてのパラメータで他の群より有意に減少していた。緑内障での視野正常側の NFLT では鼻側の 30° パラメータ(⑤ 30)以外はすべて正常眼と比較して菲薄化していた。なお、正常眼で上下の NFLT を比較したが、120°、150° の NFLT は上方が下方に比べ大きかったが、それらの差はすべて 7μm 以内(0.5 標準偏差以内)であり、上下の区別をなくすため上下両方の NFLT を解析の対象とした。

次に、視野障害の程度と NFLT との関係を調べるため、緑内障で NFLT パラメータと MD との相関関係を算出した。緑内障の視野正常側の 120°、150° のパラメータでは、相関係数は低いものの、Humphrey 視野計の MD と有意に相関していた(表 3)。30° パラメータでは相関関係は導かれなかった。

緑内障の視野異常側では、すべてのパラメータで有意に MD と相関しており(表 4)、最も相関関係の高いパラメータは 120° パラメータ(A 120)であった(r=0.571)。このグラフを図 2 に示すが、MD と A 120 は非直線相関関係(y=-25.683+0.374×-0.001 X², r=

表 1 対象背景(平均値±標準偏差)

	正常眼 (n=184)	緑内障眼 (n=108)	p 値
年齢(歳)	49.5±14.8	52.5±14.7	0.266*
屈折値(D)	-2.32±3.25	-2.82±3.50	0.227*
MD(dB)	-0.78±1.20	-5.81±3.63	<0.001*
平均 NFLT(μm)	121.5±12.3	96.5±15.8	<0.001*

MD: mean deviation NFLT: 網膜神経線維層厚

*: Mann-Whitney test

表 2 OCT による 3 群の NFLT パラメータ値(平均値±標準偏差)

NFLT パラメータ	正常眼 (n=368)	緑内障眼: 視野障害側 (n=108)	緑内障眼: 視野正常側 (n=108)	p 値
150°パラメータ	128.8±15.3	87.8±20.8	112.6±18.2	<0.001*
120°パラメータ				
A 120	135.9±17.0	89.1±22.7	117.0±18.5	<0.001*
B 120	133.8±16.9	91.0±21.4	116.6±20.3	<0.001*
90°パラメータ				
a 90	138.1±18.8	85.1±25.7	117.3±20.1	<0.001*
b 90	145.1±19.0	93.7±23.8	123.7±20.8	<0.001*
c 90	126.2±19.5	93.1±23.0	112.7±22.6	<0.001*
30°パラメータ				
① 30	108.5±24.0	75.1±31.8	96.8±23.1	<0.001*
② 30	156.8±26.1	84.8±35.2	128.3±28.1	<0.001*
③ 30	149.1±26.8	95.5±30.4	126.7±26.7	<0.001*
④ 30	129.3±23.1	100.1±27.8	116.0±26.5	<0.001*
⑤ 30	100.2±24.4	82.9±28.3	95.4±30.0	<0.001†

*: 3 群間で有意差あり(一元配置分散分析および Tukey-Kramer test), †: 視野障害側と他の 2 群間で有意差あり(一元配置分散分析および Tukey-Kramer test), OCT: 光干渉断層計

表 3 緑内障の視野異常側(n=108)のNFLTパラメータと Humphrey 視野計 MD との相関関係

NFLT パラメータ	相関係数	p 値
150°パラメータ	0.536	<0.001
120°パラメータ		
A 120	0.571	<0.001
B 120	0.494	<0.001
90°パラメータ		
a 90	0.533	<0.001
b 90	0.535	<0.001
c 90	0.393	<0.001
30°パラメータ		
① 30	0.323	0.003
② 30	0.395	<0.001
③ 30	0.401	<0.001
④ 30	0.406	<0.001
⑤ 30	0.338	0.002

表 4 緑内障の視野正常側NFLTパラメータと Humphrey 視野計 MD との相関関係

NFLT パラメータ	相関係数	p 値
150°パラメータ	0.278	0.004*
120°パラメータ		
A 120	0.275	0.016*
B 120	0.273	0.017*
90°パラメータ		
a 90	0.281	0.013*
b 90	0.255	0.029*
c 90	0.208	0.098
30°パラメータ		
① 30	0.183	0.058
② 30	0.262	0.006*
③ 30	0.168	0.081
④ 30	0.137	0.157
⑤ 30	0.188	0.051

* : p<0.05

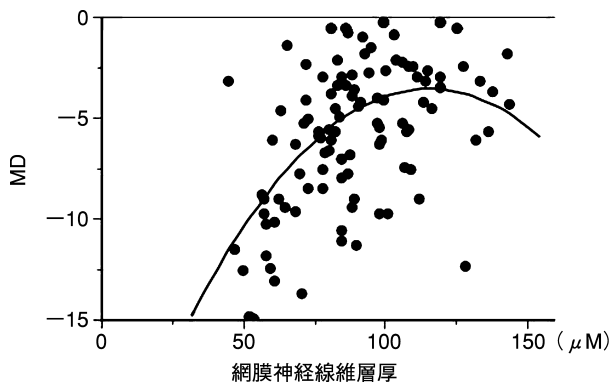


図 2

緑内障視野異常側のパラメータ A 120 と Humphrey 視野計の MD との相関関係を示した。相関関係は非直線的となった($y = -22.377 + 0.278x - 0.001X^2$, $r = 0.764$, $p < 0.001$)。MD : mean deviation

表 5 視野障害側NFLTパラメータの AUC

NFLT パラメータ	AUC(平均値±標準偏差)
150°パラメータ	0.938±0.012
120°パラメータ	
A 120	0.948±0.010
B 120	0.939±0.010
90°パラメータ	
a 90	0.943±0.013
b 90	0.944±0.011
c 90	0.867±0.016
30°パラメータ	
① 30	0.799±0.021
② 30	0.946±0.010
③ 30	0.911±0.013
④ 30	0.781±0.022
⑤ 30	0.677±0.027

AUC : 受信者操作特性曲線下面積

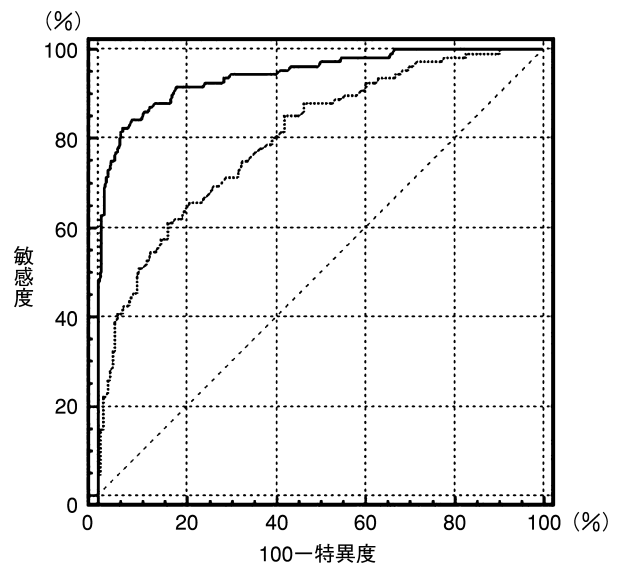


図 3 パラメータ A 120 の ROC カーブを示す。

実線は視野障害側の、点線は視野正常側を示す。正常眼のデータをもとにした緑内障の識別能を示している。AUC は視野障害側が 0.948 で、視野正常側が 0.802 である。ROC : 受信者操作特性曲線, AUC : 受信者操作特性曲線下面積

0.571, $p < 0.001$)を示し、MD が -15 dB の点では、NFLT は $31.1 \mu\text{m}$ であった。

各パラメータにおける緑内障診断能力を検討するために、前述した ROC カーブならびに AUC を正常眼の値をもとに算出した(表 5)。パラメータ A 120 が最も高い AUC を持ち (0.948 ± 0.010 , 平均値±標準偏差), そのカーブを図 3 に示した。敏感度和特異度の和が最も高くなる値は $109.75 \mu\text{m}$ であり、敏感度和特異度はそれぞれ 82.4%, 94.6% であった。同時に視野正常側のパラメータ A 120 も示した。その AUC は、 0.802 ± 0.026 であった。

IV 考 按

今回の結果から、上下どちらかの半視野に視野障害を有する緑内障においては、視野が正常な領域での RNFL も障害されており、かつ病期の進行とともに NFLT が菲薄化することが証明された。また、OCT による緑内障診断で簡便なパラメータは耳側寄りの 4 つの 30° セグメントの平均であると推測された。

静的視野計で視野障害が指摘された緑内障では、すでに 30% 前後の網膜神経節細胞の減少があると組織学的検討がなされている¹⁴⁾。いい換えれば、その範囲内であれば視野障害が検出されないことになる。今回の解析では、緑内障での視野正常側の NFLT パラメータの平均は、すべて正常眼の 30% 以内であり、NFLT が直接的に網膜神経節細胞数を反映するかは明確でないとしても、過去の組織学的検討を裏付ける結果となった。同様の結果は以前から指摘されていたことではあるが^{4)~7)}、今回我々が示したように、NFLT と MD との間に有意な相関関係がみられたことは、病期の進行に伴い、RNFL がびまん性に障害されていくことを推測している。Matsumoto ら⁴⁾は上下どちらかの視野欠損を有する POAG もしくは NTG において、scanning laser polarimetry を用いて NFLT を測定し、視野正常側の NFLT の減少の進行程度が POAG と NTG では異なると述べている。今回の結果を POAG と NTG で分類し、同様の解析を行ったが、Matsumoto らの報告と異なり、有意な相違はなかった。これは使用した検査機器の違いや、対象となった患者背景が異なることによると思われる。

近年、緑内障における OCT を用いた NFLT の解析について、数多くの報告がされるようになった。しかし、OCT における NFLT 解析プログラムには、緑内障診断に対する明確な基準はなく、減少程度が予測し得るのみであった。このプログラムには 30° 毎に 12 分割した NFLT を示す segment、上下耳鼻の 90° 毎の quadrant、全体の平均である average と、3 種類のパラメータが算出される。それぞれでの病態識別能を検討するに当たり、範囲の狭い 30° segment では個人差が大きく、それに対し、average は個人差の影響が少ないという利点があるが、視野障害部位を反映しないため、その特異度が減少する。測定後、速やかに被検者に対して結果を導き出し得るパラメータとして、今回は算出されたそのままの値、もしくは 90°、120°、150° の NFLT の平均値を検討した。結果、MD と最も相関したのは鼻側から耳側にかけての耳側寄りの 4 つの 30° segment の平均値であり、このパラメータ A 120 の NFLT が、緑内障における視野障害の程度を最も反映していると考えられた。上下半視野のどちらかのみが全欠損した場合、すなわち MD 値が -15 dB の場合であるが、相関関係式か

ら導かれるパラメータ A の NFLT は約 31.1 μm となる(図 3)。これは、視野が全欠損してもある程度の NFLT が残る可能性や、グリオーシスによる RNFL の置き換えが考えられる¹⁵⁾。あるいは、Quigley ら¹⁶⁾は組織学的に検出可能な RNFL は 20 μm しかなく、Müller 細胞の足やアストロサイトが関連していると報告しており、OCT によって測定された NFLT には神経節細胞層、内顆粒層の厚みも含まれると予測され¹⁷⁾、このような相違が理由としてあげられる。

次に、具体的に緑内障診断の基準となる値について検討した。ROC カーブとその面積を算出した結果、パラメータ A 120 が最も病態識別能が高い値 (AUC=0.948) をとり、同時に緑内障性視野障害の程度と最も強い相関関係をもつことから、OCT による緑内障補助診断に際して、最も注目すべきパラメータであると考えられた。さらに、パラメータ A 120 において、どの値で緑内障と判断するか、すなわちカットオフ値 (COV) に関して検討を加えた。COV とは、疾患の有無を決定するための値のことであり、感度と特異度の和が最も高くなる値に設定するとよい。その場合の COV は 109.75 μm となり、感度と特異度は 82.4、94.6% であった。しかし、COV はその疾病の性格・重要度により、感度・特異度のどちらを重視するかが異なり、疾患の重症度や検査の位置づけ、その他種々の条件より決定される。パラメータ A 120 と MD の相関関係から、MD が -15 dB の点では NFLT が 31.1 μm と導かれたが(図 2)、前述したようにこの厚みは直接 NFLT の減少分を反映していない可能性もある。OCT における NFLT 測定に際する緑内障診断では、パラメータ A 120 が 104.8 μm (正常眼平均値 135.9 μm - 31.1) かどうかを 1 つの基準にしてはどうかと考えた。その感度と特異度はそれぞれ 75.9、96.2% であった。

OCT は緑内障診断の補助的な検査機器として用いることができ、その際の指標をいくつか提示することができた。しかし、RNFL の障害は緑内障特有のものではない。近年、scanning laser polarimetry や OCT を用いて、外傷性や前部虚血性視神経症など視神経萎縮症での NFLT の減少が報告^{17)~20)}されており、他の視神経疾患との鑑別が必要となる。さらに他の検査機器と比較しつつ、その臨床能力を検討する必要があると思われる。

文 献

- 1) Hoyt WF, Newman NM: The earliest observable defect in glaucoma? *Lancet* 25: 692-693, 1972.
- 2) Tuulonen A, Lehtola J, Airaksinen PJ: Nerve fiber layer defects with normal visual fields. Do normal optic disc and normal visual field indicate absence of glaucomatous abnormality? *Ophthalmology* 100: 587-597, 1993.

- 3) **Thienprasiddhi P, Greenstein VC, Chen CS, Liebmann JM, Ritch R, Hood DC** : Multifocal visual evoked potential responses in glaucoma patients with unilateral hemifield defects. *Am J Ophthalmol* 136 : 34—40, 2003.
 - 4) **Matsumoto C, Shirato S, Haneda M, Yamashiro H, Saito M** : Study of retinal nerve fiber layer thickness within normal hemivisual field in primary open-angle glaucoma and normal-tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 47 : 22—27, 2003.
 - 5) **Kook MS, Lee SU, Sung KR, Tchah H, Kim ST, Kim KR**, et al : Pattern of retinal nerve fiber layer damage in Korean eyes with normal-tension glaucoma and hemifield visual field defect. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 240 : 448—456, 2002.
 - 6) **Kook MS, Sung K, Kim S, Park R, Kang W** : Study of retinal nerve fibre layer thickness in eyes with high tension glaucoma and hemifield defect. *Br J Ophthalmol* 85 : 1167—1170, 2001.
 - 7) **Reyes RD, Tomita G, Kitazawa Y** : Retinal nerve fiber layer thickness within the area of apparently normal visual field in normal-tension glaucoma with hemifield defect. *J Glaucoma* 7 : 329—335, 1998.
 - 8) **Zangwill LM, Bowd C, Berry CC, Williams J, Blumenthal EZ, Sanchez-Galeana CA**, et al : Discriminating between normal and glaucomatous eyes using the Heidelberg Retina Tomograph, GDx nerve fiber analyzer, and optical coherence tomograph. *Arch Ophthalmol* 119 : 985—993, 2001.
 - 9) **Hoh ST, Greenfield DS, Mistlberger A, Liebmann JM, Ishikawa H, Ritch R** : Optical coherence tomography and scanning laser polarimetry in normal, ocular hypertensive, and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 129 : 129—133, 2000.
 - 10) **Bowd C, Zangwill LM, Berry CC, Blumenthal EZ, Vasile C, Sanchez-Galeana C**, et al : Detecting early glaucoma by assessment of retinal nerve fiber layer thickness and visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 42 : 1993—2003, 2001.
 - 11) **Kanamori A, Nakamura M, Escano MF, Seya R, Maeda H, Negi A** : Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 135 : 513—520, 2003.
 - 12) **Mok KH, Lee VW, So KF** : Retinal nerve fiber layer measurement by optical coherence tomography in glaucoma suspects with short-wavelength perimetry abnormalities. *J Glaucoma* 12 : 45—49, 2003.
 - 13) **DeLong ER, DeLong DM, Clarke-Pearson DL** : Comparing the areas under two of more correlated receiver operating characteristic curves : A nonparametric approach. *Biometrics* 44 : 837—845, 1988.
 - 14) **Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR** : Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. *Am J Ophthalmol* 107 : 453—464, 1989.
 - 15) **Dichtl A, Jonas JB, Naumann GO** : Retinal nerve fiber layer thickness in human eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 237 : 474—479, 1999.
 - 16) **Quigley HA, Addicks EM** : Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects. *Arch Ophthalmol* 100 : 807—814, 1982.
 - 17) **Parisi V, Manni G, Centofanti M, Gandolfi SA, Olzi D, Bucci MG** : Correlation between optical coherence tomography, pattern electroretinogram, and visual evoked potentials in open-angle glaucoma patients. *Ophthalmology* 108 : 905—912, 2001.
 - 18) **Banks MC, Robe-Collignon NJ, Rizzo JF 3rd, Pasquale LR** : Scanning laser polarimetry of edematous and atrophic optic nerve heads. *Arch Ophthalmol* 121 : 484—490, 2003.
 - 19) **Medeiros FA, Moura FC, Vessani RM, Susanna R Jr** : Axonal loss after traumatic optic neuropathy documented by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 13 : 406—408, 2003.
 - 20) **Monteiro ML, Medeiros FA, Ostroscki MR** : Quantitative analysis of axonal loss in band atrophy of the optic nerve using scanning laser polarimetry. *Br J Ophthalmol* 87 : 32—37, 2003.
-