

視神経乳頭計測 — scanning laser tomograph による再現性の検討

吉川 啓司, 氏川 真理, 飯島 建之, 小豆畑崇子, 井上 洋一

オリンピア・クリニック眼科

要 約

開放隅角緑内障5例5眼および正常人5例5眼を対象とし、scanning laser tomograph を用いて視神経乳頭の計測を行い、その再現性を検討した。計測は、同一検者が非散瞳下で同一日内に5回ずつ続けて行った。視神経乳頭の深さの基準面はreference planeとし、乳頭の範囲の設定はcontour line をマウスを用いて設定した。初回、測定時に描いたcontour line はscanning laser tomograph に登録し、同一症例での2回目以後の測定にも用いた。各症例の左眼につき、7種類のtopographic parameter の変動性の係数(CV)および信頼性の係数(CR)を算出した。正常眼のCVは平均 $8.1 \pm 3.3\%$ (5.3~15.0%)、CRは平均 $91.8 \pm 7.6\%$ (78.6~98.4%)であった。一方、緑内障眼のCVは平均 $7.2 \pm 3.7\%$ (4.4~15.0%)、CRは平均 $84.8 \pm 7.5\%$ (73.4~95.3%)といずれも良好な値をとった。以上から、scanning laser tomograph は視神経乳頭測定のリプロダシビリティが良好で、緑内障眼などの乳頭の計測に際して臨床上有用であると考えた。(日眼会誌 99:469-474, 1995)

3.3% (5.3~15.0%)、CRは平均 $91.8 \pm 7.6\%$ (78.6~98.4%)であった。一方、緑内障眼のCVは平均 $7.2 \pm 3.7\%$ (4.4~15.0%)、CRは平均 $84.8 \pm 7.5\%$ (73.4~95.3%)といずれも良好な値をとった。以上から、scanning laser tomograph は視神経乳頭測定のリプロダシビリティが良好で、緑内障眼などの乳頭の計測に際して臨床上有用であると考えた。(日眼会誌 99:469-474, 1995)

キーワード：視神経乳頭計測, Scanning laser tomograph, 再現性, Topographic parameter

Reproducibility of the Topographic Parameters of the Optic Disk with the Scanning Laser Tomograph

Keiji Yoshikawa, Mari Ujikawa, Tateyuki Iijima,

Takako Azuhata and Yoichi Inoue

Eye Division of Olympia Medical Clinic

Abstract

The scanning laser tomograph was used to measure the optic disk topography in the left eye of five normal volunteers and five open angle glaucoma patients during the same day. We studied the reproducibility of 7 topographic parameters with the coefficient of variation (CV) and coefficient of reliability (CR) from topographic images of the scanning laser tomograph. The mean CV of the topographic parameters was $8.1 \pm 3.3\%$ (range: 5.3~15.0%) and the mean CR of the topographic parameters was $91.8 \pm 7.6\%$ (range: 78.6~98.4%) in normal eyes.

In glaucoma eyes, the mean CV was $7.2 \pm 3.7\%$ (range: 4.4~15.0%) and the mean CR was $84.8 \pm 7.5\%$ (range: 73.4~95.3%), respectively. The results showed that the scanning laser tomograph has good reproducibility for clinical use in optic disk measurements. (J Jpn Ophthalmol Soc 99:469-474, 1995)

Key words: Optic disk measurements, Scanning laser tomograph, Reproducibility, Topographic parameter

I 緒 言

緑内障の重要な診断根拠には高眼圧、視野障害、視神経乳頭陥凹(陥凹)がある¹⁾が、このうち、眼圧および視野障害についてはそれぞれ眼圧計の進歩²⁾、自動視野計の開発³⁾などによりその評価の手段が拡大し、定量的な測定も可能になった。一方、陥凹については、拡大を評

価するパラメーターとして用いられてきた陥凹・乳頭比の再現性が専門医間でも良好ではないなど、客観的評価に限界があった⁴⁾⁵⁾。

そこで最近、立体写真やコンピューターを利用して陥凹をはじめとした視神経乳頭(乳頭)のより正確な情報を基礎に客観的評価を行うとする試みがされてきた⁶⁾⁷⁾。Scanning laser tomograph (Heidelberg Engineer-

別刷請求先：150 東京都渋谷区神宮前6-35-3 オリンピア・クリニック眼科 井上 洋一

(平成6年7月11日受付, 平成6年11月17日改訂受理)

Reprint requests to: Yoichi Inoue, M.D. Eye Division of Olympia Medical Clinic, 6-35-3 Jingumae, Shibuya-ku, Tokyo 150, Japan

(Received July 11, 1994 and accepted in revised form November 17, 1994)

ing, Heidelberg, Germany)⁸⁾もこの目的に沿って開発された機器で、出力が100 μ W の diode laser (波長: 670 nm) を発振して、focal plane と呼ばれる解像度が256×256画素の眼底あるいは乳頭の二次元画像を作成(所用時間: 0.032秒)する。さらに、scanning laser tomograph を眼球のz軸方向に一定の距離をもって移動させながら合計32面の断層画像を作成、最終的には立体画面を構築し、これをモニター上に描出する⁹⁾。一眼の検査に必要な時間も1.6秒と短く、特に、陥凹などの三次元の変化について信頼性の高い情報が得られることが期待されている^{10)~12)}。さて、眼科測定機器はすべて高い測定精度とともに、その再現性が良好であることが必要である。そこで今回、scanning laser tomograph を使用し、乳頭計測の再現性を検討したので報告する。

II 対象および方法

1993年12月から1994年1月の間に受診し、scanning laser tomograph による乳頭の計測に同意を得られた開放隅角緑内障5例および眼疾患を認めない正常人5例を対象とした(表1A, B)。計測はscanning laser tomograph の電源入力後、1時間以上経過してから、同一検査者が非散瞳下¹²⁾で同一日内に各症例につき5回ずつ続けた。ここで、画像領域は15°×15°、画像深度幅は2.0~3.5mmに設定した。

検査は、まず被検査者に非検査眼で前方を固視させた後、scanning laser tomograph の光学部を移動し、検査眼の瞳孔領中央にレーザー光をあて、乳頭がモニター中央に位置するよう調節し、レーザー走査を開始した。乳頭の立体計測値の算出には、まず記録された画像をモニター

表1 A対象(正常)

症例 No.	性別	年齢 (歳)	視力 裸眼(矯正)	屈折 (Diopter)	角膜曲率半径 (mm)
1	M	43	0.1(1.0)	-1.5	7.50
2	F	22	0.3(1.2)	-2.0	7.62
3	F	24	1.0(1.5)	-0.5	8.05
4	F	26	1.2(1.2)	0	7.73
5	F	23	0.6(1.5)	-1.0	7.79

M: 男性 F: 女性

表1 B対象(緑内障)

症例 No.	病型	性別	年齢 (歳)	視力 裸眼(矯正)	屈折 (Diopter)	角膜曲率半径 (mm)	湖崎分類
1	DG	M	43	0.01(1.0)	-8.0	7.91	IIIb
2	NTG	M	63	0.04(1.5)	-6.0	7.59	IIIa
3	DG	M	25	0.02(0.6)	-7.5	7.68	IIIa
4	DG	F	29	30 cm/nd(0.01)	-2.5	7.75	Vb
5	POAG	M	45	1.0(1.0)	0	7.73	IIIa

DG: 発育異常緑内障 NTG: 正常眼圧緑内障 POAG: 原発開放隅角緑内障

上に呼び出し、深さの基準面と乳頭の範囲の設定を行った。深さの基準面(reference plane)は、網膜上に設定されるreference ring(図1)の平均の高さから求めた。乳頭の範囲の設定はモニター上に映し出されるintensity imageを参考にし、初回、測定時に同一検査者がマウスを使用して、境界線(contour line, 図2)を引くことによって行った。設定したcontour lineはscanning laser tomograph に登録し、同一症例での2回目以後の測定にも用いた。次に、各眼について、その屈折度と角膜曲率半径を入力した。なお、角膜曲率半径はAuto Ref-keratometer (RK-1, キヤノン)を用いて測定した。

各症例の左眼を選択して、以上の操作の結果得られる8種類のtopographic parameter(表2)をversion 1.10のソフト・ウェアを用いて算出した。さらに、disk areaを除く7種類のtopographic parameterの各項目ごとに変動性の係数(coefficient of variation, CV)および信頼性の係数(coefficient of reliability, CR)¹³⁾を計算した。CVは各症例ごとに5回の測定によって得られたTPの平均値および標準偏差(standard deviation, SD)を求め、それぞれSDを平均値で除して求めた(CV=SD/平均値×100)。得られた各眼の各topographic parameterごとのCVから緑内障・対照におけるCVの平均値を算出した。CRの計算は以下の式¹³⁾ののちで行った。

$$CR = \sigma_A^2 / (\sigma_A^2 + \sigma_e^2) \times 100 = (V_A - V_e) / \{V_A + (n-1)V_e\} \times 100$$

ここで σ_A^2 は真値の分散の理論値、 σ_e^2 は測定に伴う誤差の理論値、 V_A は対象間の違いを示す分散、 V_e は測定に伴うばらつきを示す分散、nは繰り返しの数を表している。なお、topographic parameterの中でdisk areaについては初回に設定したcontour line内の面積に相当し、これは5回の測定で同一なため、再現性の検討を行わなかった。

III 結果

1. 正常および緑内障のtopographic parameter (表3)

正常・緑内障のtopographic parameterの測定結果の平均と標準偏差を求めた。Disk areaは、正常では平均

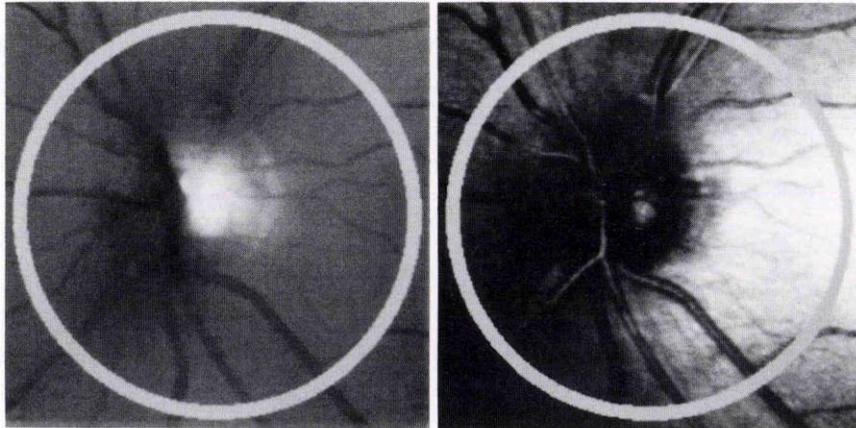


図1 Reference ring.

乳頭計測のための深さの基準面 (reference plane) は、網膜上に設定される reference ring を設定して行った。Reference ring は画角ごとに、その大きさ・幅が自動設定され、画角 15 度では乳頭を中心としたリングの外周直径が 4.0 mm、リング幅は 0.12 mm である。図は症例 (正常: No. 5) においてモニター上に示された intensity image (右) および topographic image (左) と設定された reference ring を示す。

なお、本例での各 topographic parameter の測定値は、1. Disk area : 1.89 mm², 2. Cup area : 0.29 mm², 3. Cup area/Disk area : 0.15, 4. Height variation contour : 0.28 mm, 5. Cup volume : 0.04 mm³, 6. Rim volume : 0.50 mm³, 7. Mean cup depth : 0.17 mm, 8. Maximum cup depth : 0.41 mm であった。

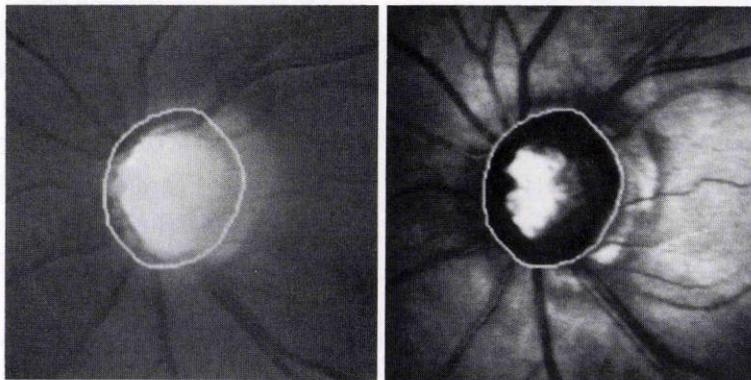


図2 Contour line.

Contour line はモニター上に映し出される intensity image (右) を参考にし、マウスを使用して設定した。図には症例 (緑内障: No. 2) の乳頭と contour line を示す。

なお、本例での各 topographic parameter TP の測定値は、1. Disk area : 2.60 mm², 2. Cup area : 1.83 mm², 3. Cup area/Disk area : 0.71, 4. Height variation contour : 0.30 mm, 5. Cup volume : 0.42 mm³, 6. Rim volume : 0.12 mm³, 7. Mean cup depth : 0.29 mm, 8. Maximum cup depth : 0.60 mm であった。

表2 Topographic parameter

- | |
|--|
| 1. Disk area : DA (mm ²) |
| 2. Cup area : CA (mm ²) |
| 3. Cup/Disk ratio : CA/DA |
| 4. Height variation contour : HVC (mm) |
| 5. Cup volume : CVo (mm ³) |
| 6. Rim volume : RVo (mm ³) |
| 7. Mean cup depth : MD (mm) |
| 8. Maximum cup depth : MD (mm) |

CA/DA : cup と disk の面積比。

HVC : contour line の最高地点と最低地点の高さの差で乳頭周囲神経線維層の高さの差を表す。

2.11 ± 0.20 mm², 緑内障では平均 2.57 ± 0.36 mm² であった。他の topographic parameter のうち rim volume は、正常眼では平均 0.33 ± 0.14 mm³, 緑内障では平均 0.14 ± 0.07 mm³ と正常で高値をとったが、それ以外の topographic parameter は緑内障で高値をとった。

2. 正常および緑内障各眼の topographic parameter の測定結果および CV 値 (表 4 A, B)

正常および緑内障の各眼での topographic parameter の平均と標準偏差および CV 値を求めた。正常眼全体の各 topographic parameter の CV 値の平均は 8.1 ± 3.3% (5.3~15.0%), 緑内障全体の平均は 7.2 ± 3.7% (4.4~15.0%) であった。正常および緑内障を含め、CV

表3 Topographic parameterの測定値

	正常		緑内障	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
DA (mm ²)	2.11	0.20	2.57	0.36
CA (mm ²)	0.88	0.48	1.68	0.20
CA/DA	0.40	0.20	0.67	0.11
HVC (mm)	0.40	0.11	0.29	0.05
CV _o (mm ³)	0.21	0.15	0.51	0.14
RV _o (mm ³)	0.33	0.14	0.14	0.07
$\bar{M}D$ (mm)	0.25	0.05	0.32	0.04
MD (mm)	0.65	0.12	0.75	0.09

が最も高値をとった topographic parameter は正常の cup volume と緑内障の height variation contour であり、一方、最も低値をとったのは緑内障の cup area, cup area/disk area, mean cup depth であった。

3. Topographic parameter の CR 値 (表5)

正常では CR の平均は $91.8 \pm 7.6\%$ (78.6~98.4%) であった。一方、緑内障の CR は平均 $84.8 \pm 7.5\%$ (73.4~95.3%) であった。正常・緑内障を含め、CR が最も高値をとった topographic parameter は正常眼の cup area であり、一方、最も低値をとったのは緑内障の cup area/disk area であった。

IV 考 按

Scanning laser tomograph を用いて、正常眼・緑内障眼で視神経乳頭の立体計測を行い、その再現性を検討し、

良好な結果を得た。

これまで、視神経乳頭の陥凹の計測には立体写真撮影を行い、得られた左右の画像の歪みあるいは対応する位置の差をコンピューターで解析する方式が主として採用され、画像解析の進歩に貢献してきた。しかし、この方法では立体画像の補正のための幾何学的変換が必要で、また、コントラストの低い領域の情報量など測定精度・再現性の向上などに限界があった¹⁴⁾。一方、scanning laser tomograph はレーザー光を使用して、共焦点原理に基づき、眼底のある断層平面からの反射光のみを選択的に捕えるため、優れた空間(深さ)解像力を有し、その結果、測定用の再現性も良好であることが報告されている¹⁵⁾¹⁶⁾。しかし、scanning laser tomograph は最近開発された器械であるため、ハードおよびソフトウェアに種々の改良がなされている段階である。そこで今回、我々は最新の version のソフト・ウェアを利用して、再現性の検討を行った。

なお、一般に機器が信頼に値するか否かを検討するには再現性と正確性を調べる必要がある¹⁷⁾が、今回は scanning laser tomograph の臨床的有用性の確認を目的としたため、再現性のみについて調べた。また、scanning laser tomograph を用いた際の再現性の検討には各種の乳頭測定値を用いることができる¹⁸⁾が、今回は version 1.10 のソフト・ウェアによって算出することのできる topographic parameter を指標とした。Topographic parameter は乳頭各部位の深さ、面積、体積を数値化しており、乳頭測定のための総合的な再現性の判定に適していると考えたからである。

さて、topographic parameter の算出には乳頭の範囲および深さの基準の設定が必要である。乳頭範囲の設定

表4 A 正常眼の topographic parameter と変動性の係数(CV : %)

症例 No.		CA	CA/DA	HVC	CV _o	RV _o	$\bar{M}D$	MD
1	平均	0.288	0.152	0.340	0.035	0.491	0.173	0.508
	標準偏差	0.022	0.012	0.014	0.006	0.007	0.011	0.030
	CV (%)	7.6	7.9	4.1	17.1	1.4	6.4	5.9
2	平均	1.090	0.500	0.588	0.259	0.328	0.315	0.771
	標準偏差	0.024	0.011	0.020	0.021	0.013	0.007	0.048
	CV (%)	2.2	2.2	3.4	8.1	4.0	2.2	6.2
3	平均	0.332	0.177	0.368	0.082	0.450	0.213	0.781
	標準偏差	0.034	0.018	0.025	0.013	0.016	0.014	0.032
	CV (%)	10.2	10.2	6.8	15.9	3.6	6.6	4.1
4	平均	1.513	0.689	0.335	0.453	0.093	0.316	0.671
	標準偏差	0.051	0.023	0.035	0.038	0.006	0.016	0.038
	CV (%)	3.4	3.3	10.4	8.4	6.5	5.1	5.7
5	平均	1.133	0.470	0.358	0.201	0.272	0.250	0.534
	標準偏差	0.118	0.052	0.083	0.051	0.053	0.015	0.038
	CV (%)	10.4	11.1	23.2	25.4	19.5	6.0	7.1
CV の平均値 (%)		6.8	6.9	9.6	15.0	7.0	5.3	5.8

表4B 緑内障の topographic parameter と変動性の係数(CV : %)

症例 No.		CA	CA/DA	HVC	CV _o	RV _o	MD	MD
1	平均	1.829	0.706	0.302	0.419	0.115	0.291	0.601
	標準偏差	0.071	0.027	0.028	0.021	0.005	0.009	0.030
	CV (%)	3.9	3.8	9.3	5.0	4.3	3.1	5.0
2	平均	1.402	0.705	0.352	0.388	0.095	0.277	0.823
	標準偏差	0.090	0.045	0.072	0.040	0.014	0.015	0.068
	CV (%)	6.4	6.4	20.5	10.3	14.7	5.4	8.3
3	平均	1.969	0.826	0.282	0.784	0.047	0.407	0.686
	標準偏差	0.032	0.014	0.062	0.038	0.008	0.024	0.031
	CV (%)	1.6	1.7	22.0	4.8	17.0	5.9	4.5
4	平均	1.693	0.584	0.313	0.489	0.206	0.331	0.873
	標準偏差	0.065	0.022	0.009	0.018	0.006	0.008	0.022
	CV (%)	3.8	3.8	2.9	3.7	2.9	2.4	2.5
5	平均	1.525	0.509	0.195	0.449	0.237	0.302	0.756
	標準偏差	0.095	0.032	0.040	0.038	0.031	0.016	0.056
	CV (%)	6.2	6.3	20.5	8.5	13.1	5.3	7.4
CV の平均値 (%)		4.4	4.4	15.0	6.5	10.4	4.4	5.5

表5 Topographic parameter と信頼性の係数(CR : %)

	CA	CA/DA	HVC	CV _o	RV _o	MD	MD	平均
正常	98.4	98.1	84.8	95.6	97.0	78.6	90.2	91.8±7.6
緑内障	87.8	73.4	79.0	95.3	85.8	91.0	81.1	84.8±7.5

にはモニター上に映し出される intensivity image を利用した。これは、組織学的には乳頭の外側境界は Elschnig ring (強膜輪) の内側端とする¹⁹⁾が、intensivity image がこれを推定するのに適当であると判断したためである。なお、乳頭範囲の設定はマウスを用いてフリーハンドでトレースするが、この際に生じ得る変動を除外するために一度決定した乳頭範囲を同一例の画像解析にも使用し、同一の乳頭範囲として再現性の検討を行った。一方、深さの基準面の設定に際しては、scanning laser tomograph では absolute および relative and tilted coordinate system が使用できるが、今回は乳頭周辺の網膜の平均の高さと傾きを基準にする後者を採用した。本法では、設定した画角ごとに決定される網膜上の輪状の範囲の平均の高さをもとにして基準面を求めため、傾きのある乳頭などにも適用できると判断した。

Topographic parameter の再現性の結果は、CV は正常では平均で 8.1%、緑内障では平均 5.3% と、ともに良好であった。また CR も、正常では平均 91.8%、緑内障でも平均 84.8% の値をとった。この結果は、これまでの scanning laser tomograph による乳頭計測の再現性の値とほぼ同様であり¹⁰⁾¹¹⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、また、他の機器を使用した報告²⁰⁾²¹⁾と比べると、特に cup volume や rim volume などの三次元要素の CV 値が低く、再現性が良好であることが確認された。なお、再現性の検討に際しての重要な指標として、これまで CV が単独で用いられてきた。し

かし、CV は今回のように連続的に複数回の測定を行った結果得られたデータ、いわゆる繰り返しのあるデータの再現性の検討に最良であるか否かは不明である。そこで、今回 CR を併用し繰り返しも含めての「計測によるばらつき」を評価し、乳頭計測の再現性の検討を行った。

なお、今回の検討は scanning laser tomograph の再現性を調べる目的であったため、対象とした緑内障・正常間で年齢・屈折・disk area などについて matching はしなかったが、緑内障眼の cup volume や mean cup depth あるいは maximum cup depth などが正常眼に比べ高値をとるなど典型的な値をとり、scanning laser tomograph の臨床での利用の可能性を裏付けた。

Scanning laser tomograph による生体眼での乳頭測定再現性は、1.6 秒間の測定中の微細な角度のずれおよび pulsatile blood flow による網膜血管径の変化などにより影響され、その向上には限界があると考えられる²²⁾。しかし、今回の結果から、scanning laser tomograph は臨床的に緑内障眼を中心とした乳頭計測に使用し得ると考えられたため報告した。

本論文の一部は第 11 回関東眼科学会 (1994 年 6 月 11 日、東京) で報告した。

文 献

- 1) Spaeth GL: Fluorescein angiography: Its contributions towards understanding the mechanisms of visual loss in glaucoma. Trans Am Acad Oph-

- thalmol Soc 73: 491—553, 1975.
- 2) **Forbes M, Pico G Jr, Grolman B**: A noncontact applanation tonometer. Description and clinical evaluation. *Arch Ophthalmol* 91: 134—140, 1974.
 - 3) **Bebie H, Fankhauser F, Spahr J**: Static perimetry: Accuracy and fluctuations. *Acta Ophthalmol* 54: 339—348, 1976.
 - 4) **Lichter PR**: Variability of expert observers in evaluating the optic disks. *Trans Am Ophthalmol Soc* 74: 532—572, 1976.
 - 5) **Varma R, Steinmann WC, Scott IU**: Expert agreement in evaluating the optic disc for glaucoma. *Ophthalmology* 99: 215—221, 1992.
 - 6) **難波克彦, 白柏基宏, 岩田和雄**: コンピューター画像解析による網膜神経線維層の高さの測定の再現性について. *眼紀* 42: 2357—2361, 1991.
 - 7) **上甲 覚, 中野晴代, 須貝弘子, 鹿児島雅志, 北野滋彦, 堀 貞夫**: コンピューター画像解析装置による糖尿病網膜症における乳頭腫脹の定量. *日眼会誌* 98: 1010—1013, 1994.
 - 8) **Burk ROW, Rohrschneider K, Voelcker HE, Takamoto T, Schwartz B**: Laser tomographic scanning and stereo-photogrammetry in three-dimensional optic disc analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31: 566, 1990.
 - 9) **Burk ROW, Rohrschneider K, Volcker HE, Zinder HE**: Analysis of three-dimensional optic disk topography by laser scanning tomography. Parameter definition and evaluation of parameter interdependence. In: Nasemann JE, et al (Eds): *Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography*. Quintessenz, München, 161—176, 1990.
 - 10) **Drehler AW, Tso PC, Weinreb RN**: Reproducibility of topographic measurements of the normal and glaucomatous optic nerve head with the laser tomographic scanner. *Am J Ophthalmol* 11: 211—229, 1991.
 - 11) **Mikelberg FS, Wijzman K, Schulzer M**: Reproducibility of topographic parameters obtained with the Heidelberg retina tomograph. *J Glaucoma* 2: 101—103, 1993.
 - 12) **Lusky M, Bossem ME, Weinreb RN**: Reproducibility of optic nerve head topography measurements in eyes with undilated pupils. *J Glaucoma* 2: 104—109, 1993.
 - 13) **佐久間昭**: 薬効評価—計画と解析. II. 東京大学出版会, 東京, 322—328, 1981.
 - 14) **八百枝浩**: 眼底の画像処理(蛍光を除く). *眼科* 34: 1461—1470, 1992.
 - 15) **Kruse F, Burk ROW, Volcher HE, Zinser G, Harbarth U**: Reproducibility of topographic measurements of the optic nerve head with laser tomographic scanning. *Ophthalmology* 96: 1320—1324, 1989.
 - 16) **Weinreb RN, Drehler AW**: Reproducibility and accuracy of topographic measurements of the optic nerve head with the laser tomographic scanner. In: Nasemann JE, et al (Eds): *Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography*. Quintessenz, München, 161—176, 1990.
 - 17) **Drehler AW, Weinreb RN**: Accuracy of topographic measurements in a model eye with the laser tomographic scanner. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 32: 2992—2996, 1991.
 - 18) **本部千博, 富田剛司, 松原恵子, 岡部いづみ, 北澤克明**: レーザー走査眼底観察装置 Heidelberg Retina Tomograph による視神経乳頭測定とその再現性. *あたらしい眼科* 11: 293—296, 1994.
 - 19) **Jonas JB, Airaksinen PJ, Robert Y**: Definitionentwurf der Intra- und parapapillaren Parameter für die Biomorphometrie des Nervus Opticus. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1924: 621, 1988.
 - 20) **Mikelberg FS, Douglas GR, Schulzer M, Cornsweet TN, Wijzman K**: Reliability of optic disk photograph measurements recorded with a video-ophthalmograph. *Am J Ophthalmol* 98: 98—102, 1984.
 - 21) **Shields MB, Martone JF, Shelton AR, Ollie AR, MacMillan J**: Reproducibility of topographic measurements with the optic nerve head analyzer. *Am J Ophthalmol* 104: 581—586, 1987.
 - 22) **Rohrschneider K, Burk ROW, Voelcker HE**: Reproducibility of topometric data acquisition in normal and glaucomatous optic nerve heads with the laser tomographic scanner. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 231: 457—464, 1993.