

三次元画像解析の威力。緑内障、眼底疾患の診断率向上へ
～早く、より正確な診断が可能に、患者さんの苦痛も軽減～

目次

はじめに	P.1
1. 眼底三次元画像解析検査	P.2
緑内障とは	P.2
2. 診断に必要な検査	P.3
3. 眼底の見え方	P.4
眼底検査の重要性	P.4
従来眼底検査の問題点	P.5
4. 診断に応用されている画像解析装置	P.7
5. 共焦点レーザー眼底鏡	P.7
6. 走査レーザーポラリメーター	P.11
7. 光干渉断層計	P.13
8. 眼底疾患に対する有用性	P.14
今後の課題	P.16
9. 日本眼科医会の取り組み	P.17

はじめに

現在、緑内障や加齢黄斑変性症などさまざまな眼底疾患の早期発見の機会を増やし、多くの患者さんの早期発見につながるものと期待を集めているのが、眼底画像を立体的に映し出すことのできる3次元画像解析装置です。客観性も増すため、疾患の進行度合いを患者さんにも見て理解していただくこともでき、コンプライアンスの向上にもつながるものと思われまます。

現在のところ3次元画像解析装置を使つての検査は、保険適応されていないことや購入には高額な費用がかかることもあり、導入している医療機関・施設もそれほど多くはありません。3次元画像解析装置による診断の重要性を訴え、全国への普及に向けた環境づくりを行うことは、われわれ眼科医の使命であると考えております。

この3次元画像解析装置で診断ができる疾患の1つの例として緑内障が挙げられます。現在、日本における中途失明の原因は、糖尿病網膜症を抜いて緑内障が第1位となっています。厚生労働科学研究研究費補助金難治性疾患克服研究事業 網脈絡膜萎縮・視神経萎縮に関する研究 平成17年度総括分担研究報告書(2006)より

緑内障は、40歳以上の20人に1人の割合で発症し、なかでも眼圧が正常であるにも関わらず発症する正常眼圧緑内障は、日本人に特徴的に多いことが分かっています。

緑内障全体の約7割を占める正常眼圧緑内障は、眼圧検査だけでは発見できず、眼科医による眼底検査が必要です。最近では技術の進歩により、さまざまなタイプの3次元画像解析装置が開発され、従来の眼底検査に比べ、より“早く、苦痛なく、正確な”眼底検査が可能となりました。

緑内障はその自覚症状の乏しさから、診断されたときにはすでに症状が進行していることも多く、早期発見が何よりも重要な疾患です。日本眼科医会では、高齢化に伴い、今後患者さんの増加も懸念される中、緑内障をはじめとする眼底疾患を少しでも早期に発見することで、広く国民の健康に寄与するため、今後も正しい知識の普及と啓発に努めていく所存です。

報道関係のみなさまのご理解とご協力をお願い致します。

社団法人 日本眼科医会
会 長 三宅 謙作

三次元画像解析の威力

緑内障、眼底疾患の診断率向上へ

～ 早く、より正確な診断が可能に、患者さんの苦痛も軽減 ～

東邦大学医学部眼科学第二講座
東邦大学医療センター大橋病院

富田剛司

緑内障とは？

- ・ 眼圧上昇、その他の病因により発症する視神経症
- ・ 進行性の視野欠損を起こし、放置すれば失明に至る疾患
- ・ 本邦、先進諸国では主要な失明原因
- ・ 本邦での有病率 5%
(そのうち、眼圧が正常人と同じ範囲内に止まるタイプ：
正常眼圧緑内障 は3.6%！！)



正常



中期緑内障

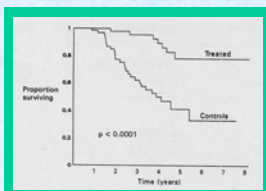


後期緑内障

緑内障は眼圧の影響を受けて視神経が損傷をされ、視野欠損を招く眼疾患です。放置すると失明に至ります。日本では、40歳以上の5% (20人に1人) が発症しているといわれ、そのうち、眼圧が、緑内障を発症していない人と同じ程度であるにも関わらず視野欠損を引き起こす『正常眼圧緑内障』は3.6%を占めます。

治療により進行の停止、軽減化は可能

- ・ 正常眼圧緑内障であっても十分な眼圧下降が得られれば進行は停止し得る (Collaborative normal-tension glaucoma study group. Am J Ophthalmol 126:498-505,1998.) *
- ・ 早期発見にて軽症のうちに十分な治療を開始する必要



(*の付図より)

正常眼圧緑内障であっても、眼圧を下降させることで視野障害の進行を抑えることが可能です。しかし、そのためには病気の早期発見、早期治療が重要です。

2002年WHOによる世界の失明原因の割合

白内障	47.8
緑内障	12.3
加齢黄斑変性症	8.7
角膜混濁	5.1
糖尿病性網膜症	4.8
児童期の失明	3.9
トラコーマ	3.6
オンコセルカ症	0.8
その他	13.0 (%)

2002年のWHOが発表した「世界の失明原因の割合」によると、緑内障は『白内障』、『その他』に次いで3位となっています。先進国では、常に1位、2位の失明原因です。

緑内障の診断に必要な検査

眼圧検査

眼底検査

視野検査

の3つとなります。

なかでも重要なのが『眼底検査』です。

緑内障の診断には、眼圧、眼底、視野の3つの検査が必要です。なかでも眼底検査が重要です。それは、緑内障は視神経の病気であり、最も特徴的な変化は、視神経所見にあらわれるからです。

緑内障はどのように診断するのか

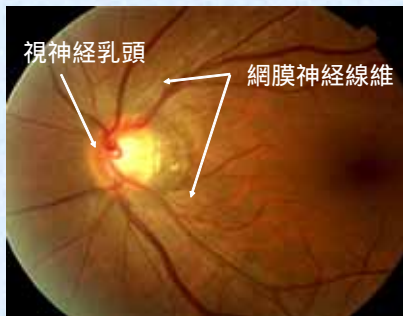
緑内障により障害された視神経は、眼底の網膜神経線維層と視神経乳頭の形態に特徴的な変化を生じる

- ・ 陥凹の拡大
- ・ 神経線維層の欠損

眼底の変化に呼応した、視覚障害
視野の障害

緑内障により障害された視神経の特徴として、『視神経乳頭の陥凹の拡大』と『網膜神経線維層の欠損』が挙げられます。この変化が視野障害を引き起こします。またこの変化は眼底検査によって発見できます。

眼底の見え方



眼底は左のようにみえます。
中心からやや左に位置する、卵円形の他より明るい部分が視神経乳頭。視神経乳頭から放射状に白い刷毛のように伸びているのが網膜神経線維です。

緑内障の進行の仕方(イメージ)



緑内障が進行していくイメージです。
視神経乳頭の陥凹が大きくなるにしたがって、視野が狭くなっていきます。

緑内障診断における眼底検査の重要性

眼底変化は臨床的に検出される視野障害に先行

正常眼圧緑内障の検出

客観的検査

上記写真のように、視野が狭くなっていく状態に陥る以前に、眼底では視神経乳頭の陥凹の拡大と神経線維層の欠損が先行して発生しています。よって緑内障診断には視野障害が軽症のうちに、眼底検査で早期発見することが重要です。

従来の眼底検査の問題点

- 眼底を照明するために強い光を当てる必要
- 経験の多寡に判定が影響される
- エキスパート間でも結果にばらつきが生じる
- 眼底の層別性、立体性の評価が難しい

従来の眼底検査では、暗い眼底を写真に映すため強い光(フラッシュ)を目に当てる必要がありました。また、立体的な眼底を、平面写真で診断することは難しく、医師の経験やスキルによってばらつきがありました。

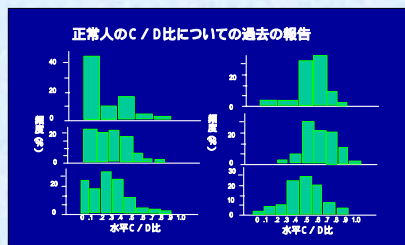
エキスパートと初心者の眼底読影結果の違い

	リム面積/乳頭面積比	
	眼底写真	画像解析装置
緑内障専門医	0.36 ± 0.10	0.40 ± 0.15
研修医	0.46 ± 0.13	0.40 ± 0.16

(第15回日本緑内障学会 原著) あたらしい眼科 22(6):805~807,2005©
 『眼底写真とHeidelberg Retina Tomograph を用いた緑内障専門医と研修医による視神経乳頭評価の比較』のデータを元に作成

眼底写真と画像解析装置を用いて正常眼圧緑内障の診断をした場合、医師の経験差によって左記のように判読結果にばらつきがあります。

検査間における乳頭所見のばらつき



検査者内再現性: Kappa = 0.69 ~ 0.96
 検査者間再現性: Kappa = 0.20 ~ 0.84

また、眼底読影に慣れたエキスパートにおいても、同じ医師が乳頭所見を判定する場合にはバラツキは少ないですが、同じ乳頭を判定しても、異なる医師の間では判読結果にばらつきが生じます。

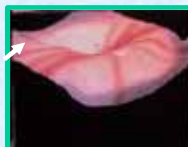
眼底の特殊性:眼底は平面ではない



網膜や視神経乳頭には、厚みや起伏がある

眼底所見の判定を難しくしている要因の一つとして、眼底は平面ではなく立体的、層別であることが挙げられます。

眼底の特殊性:眼底は平面ではない

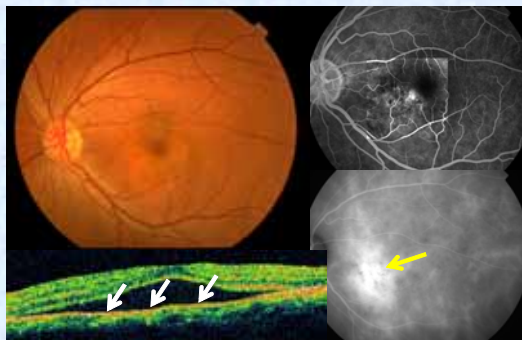


視神経乳頭の中央には陥凹部が存在する

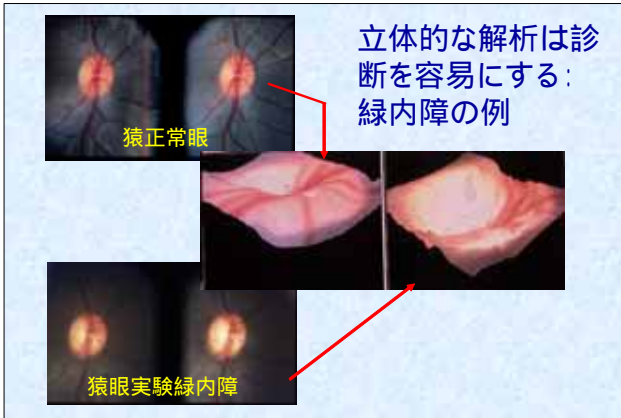
網膜や視神経乳頭には、厚みや起伏がある

視神経乳頭には陥凹部が存在し、網膜は十層に分かれています。

三次元的な解析は診断を容易にする:眼底疾患の例



網膜疾患の一例ですが、眼底三次元画像解析検査にて、網膜を断層的三次元で解析された画像では、網膜のどの部分に病変が存在するか、一目瞭然と判定できます(左下)。従来は、造影剤を注射して、眼底カメラで撮影しなければ分からなかった所見です(右上下)。



実験的に緑内障を作成した猿眼における緑内障作成前と作成後の乳頭変化を三次元的に解析した結果です。正常な眼底と、緑内障の眼底の視神経乳頭の陥凹の違いを容易に判別することができます。

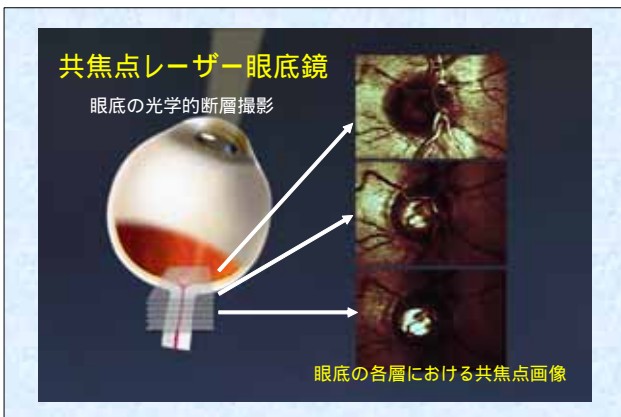
緑内障診断に応用されている画像解析装置

1. 共焦点走査レーザー眼底鏡：
共焦点レーザー装置を用い眼底面の光学的断層撮影
3次元所見再構築
2. 共焦点走査レーザーポラリメーター：
共焦点レーザー装置を用い網膜神経線維層の複屈折性を利用してその厚みを評価
3. 光干渉断層計：
光学的干渉現象を利用して、主に網膜の断面像を描出

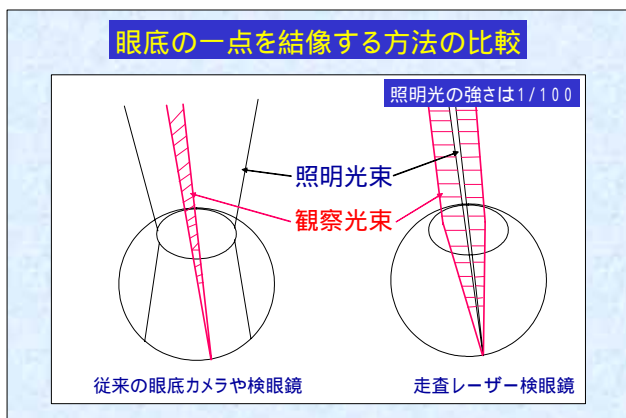
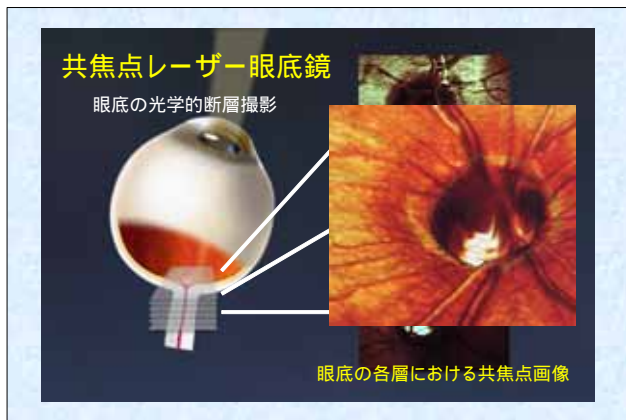
現在、眼科臨床で緑内障の診断に応用されている眼底三次元画像解析装置は、

- ・共焦点走査レーザー眼底鏡
- ・共焦点走査レーザーポラリメーター
- ・光干渉断層計

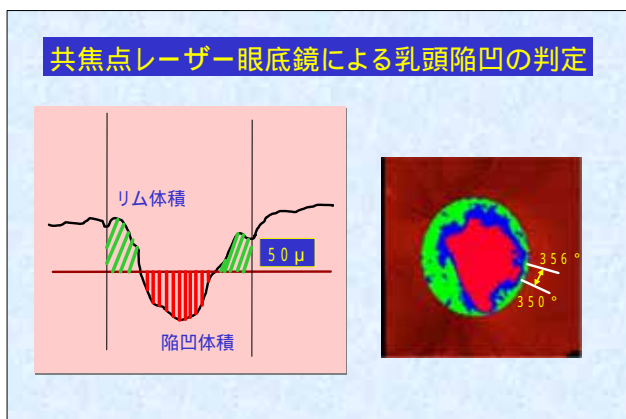
の3種類があります。



共焦点走査レーザー眼底鏡は、眼底の光学的断層像を取得した後にそれを、三次元的に再構築して、眼底を三次元的に解析します。

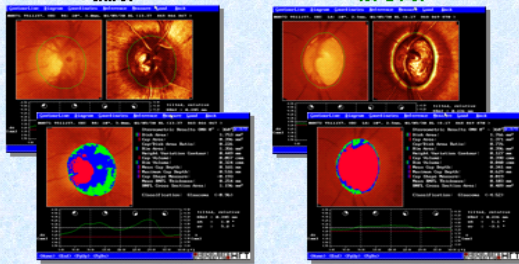


眼底の一点にピントを合わせ結像させるためには、従来の眼底カメラですと、眼底全体に強い光りを当てて、照明する必要がありました。共焦点走査レーザー眼底鏡は、直径10ミクロンのレーザーを用いるので目的の箇所に確実にレーザーがあたり、光も微弱なので、患者さんは眩しさを感じません。これを走査することにより、眼底像を得るのです。



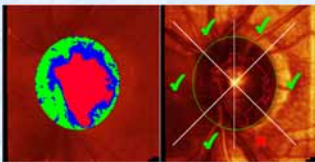
緑内障の診断には視神経乳頭の陥凹の程度を測る必要があります。共焦点走査レーザー眼底鏡では左図のように視神経乳頭の陥凹の程度を計測することができます。これは視神経乳頭縁の高さの平均から50ミクロン下の部分を陥凹の表面として解析を行うことで算出します。

緑内障性変化の検出: 乳頭陥凹の拡大

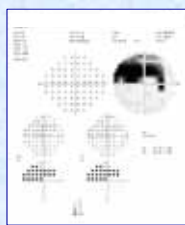


先ほど示した定義で陥凹の範囲を決めてやると、共焦点走査レーザー眼底鏡の画面では、視神経乳頭の陥凹が赤く表示され、正常眼と比較して緑内障では陥凹が拡大しているのが簡単に判読することができます。

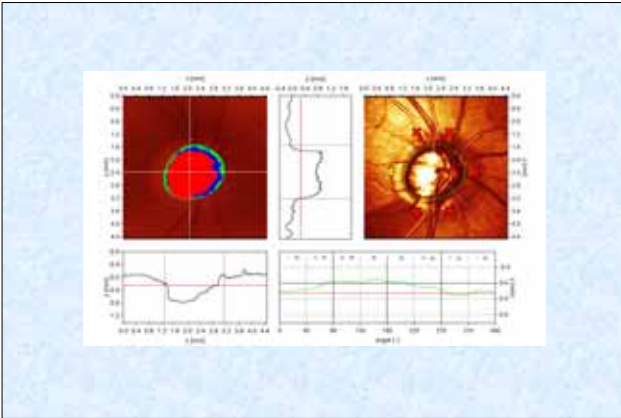
正常値との比較



測定した数値を、正常数値と比較することで、非常に初期の正常眼圧緑内障患者も判読することができます。



以下の2点のスライドは、実際の一人の患者さんの例です。眼底写真ではわかりにくいかもしれませんが、画像解析を行うと異常があることがよくわかると思います。解析装置による判定結果も緑内障と出ています。これが眼底三次元画像解析検査の大きな効用の一つです。



三次元画像解析による診断効率

敏感度(%) 特異度(%) 診断力(%)

80 83 82

眼底写真から眼科専門医が判定した場合の診断力:
80~90% (客観性と標準性に劣る可能性)

敏感度80%、特異度83%となり、診断力は82%となります。

これまでの調査では、眼底写真を眼科専門医が判読して緑内障か否かを判定した場合、診断力は80~90%くらいと報告されています。総合的には画像解析検査を用いた場合より少しよい結果ですが、これまで説明したように、客観性と標準性に劣る可能性は否定できません。

経過観察にも有用(1)

1. Super pixel法

5.5年の観察

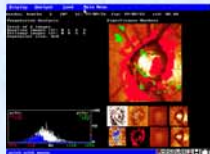
早期緑内障:

HRTで変化: 40% (77人中31人)

視野で変化: 4%

正常眼:

37人中、95%で変化なし

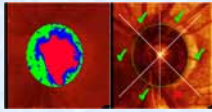


Chauhan et al.

共焦点走査レーザー眼底鏡は、経過観察にも有用な結果を残しています。早期緑内障の患者さんを5年半、経過観察したところ、共焦点走査レーザー眼底鏡で疾患が進行と判定された患者さんは40% (77人中31人) に上りました。正常人で変化があったと判定されたのは僅かに5%です。一方、視野検査結果のみで進行の有無を判定した場合、進行したと判定されたのは、4%の患者さんだけでした。

経過観察にも有用(2)

2. Segmental法



高眼圧症

Kamal *et al.*

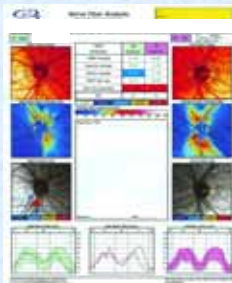
視野変化群:	13 / 21
視野無変化群:	47 / 164
正常眼:	0 / 20

Tan *et al.*

視野変化群:	17 / 20
正常眼:	1 / 20

一方、眼圧が高いだけで、視野には異常のない状態である高眼圧症の方を経過観察した場合、一つの報告では、視野では依然異常がない164人中47人で画像解析結果上、進行が検出されています。ただ、視野検査で進行が確認された21人中、8人では、画像解析では異常が検出できませんでした。もう一つの報告は、視野検査で進行が確認された20人のうち、17人で画像解析結果でも進行が捉えられました。

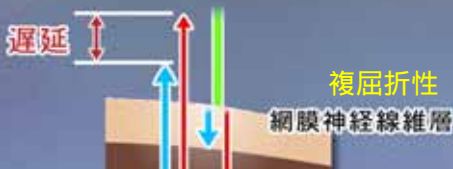
走査レーザーポラリメーター(偏光計)



こちらは走査レーザーポラリメーター(偏光計)となります。「網膜神経線維層」の厚さを測る機器です。

測定の原理

遅延



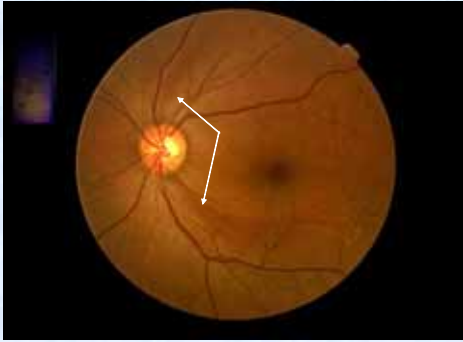
複屈折性

網膜神経線維層

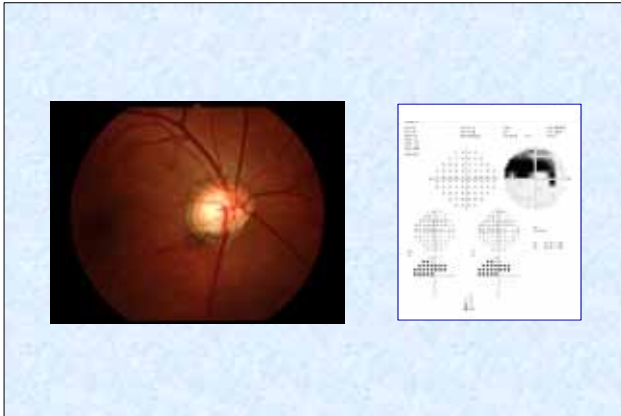
緑内障では、網膜神経線維の脱落が最も早期に生じる

走査レーザーポラリメーターは、偏光レーザーを眼底に照射し、網膜を通過して反射光が帰ってくるまでの時間差を計測し、網膜神経線維層の厚さを評価する装置です。緑内障は、網膜神経線維層の脱落がもっとも早期に生じるため、極早期の発見に有効です。(ただこの状態は緑内障ばかりでなく、他の疾患でも起こります)。

極早期緑内障における網膜神経線維の脱落



写真では矢印で示された影の部分が網膜神経線維の脱落を表しています。

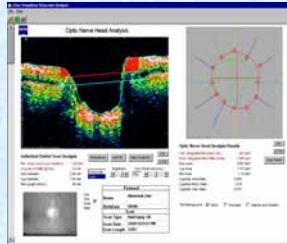
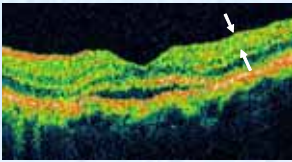


以下の2点のスライドは、共焦点走査レーザー検眼鏡のところで示した同じ患者さんの眼を、走査レーザーポリメーターでも解析した結果です。網膜神経線維層が薄くなっていることが簡単に判読できます。

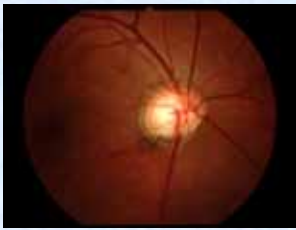


光干渉断層計

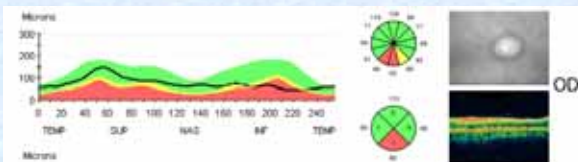
- 網膜各層からの反射波が感知器に戻ってくるまでの時間の差を検出し画像化
- 緑内障の診断には、網膜神経線維層の評価が有用
- 乳頭陥凹の評価も可能



最後に光干渉断層計をご紹介します。この機器では、「視神経乳頭の陥凹」と「網膜神経線維層の脱落」の2点を同時に判読することができることが有利な点です。

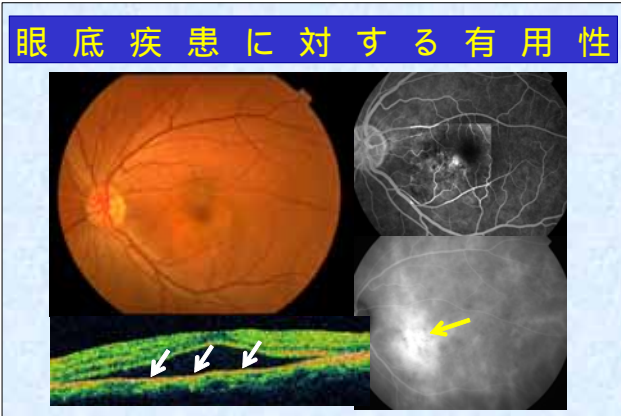


以下の3点のスライドは、先ほどから示している同じ患者さんを、光干渉断層計でも解析したものです。現時点では、同装置は、網膜神経線維層厚を評価して、その厚さが異常値か否かを判定しています。走査レーザーポラリメーターと同様に、神経線維層が薄くなっていることが、赤色で示されています。



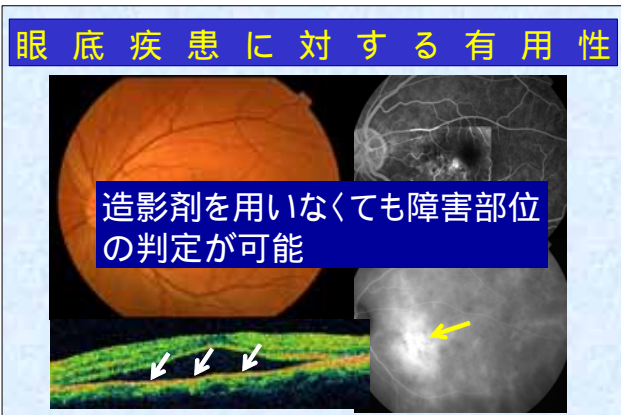


眼底疾患に対する有用性

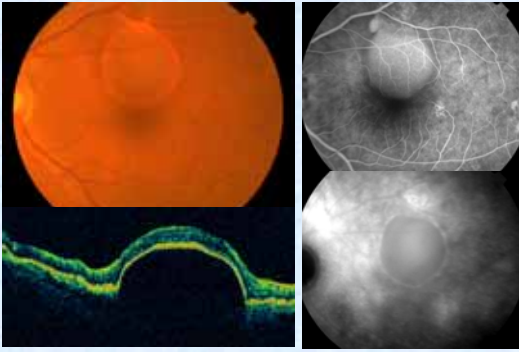


眼底三次元画像解析検査は、緑内障だけでなく黄斑部を主とする網膜疾患の診断にも画期的な変化をもたらしました。従来は、眼底血管造影法で異常部位を判断しなければならなかったものが、画像解析検査で容易に同定できます。

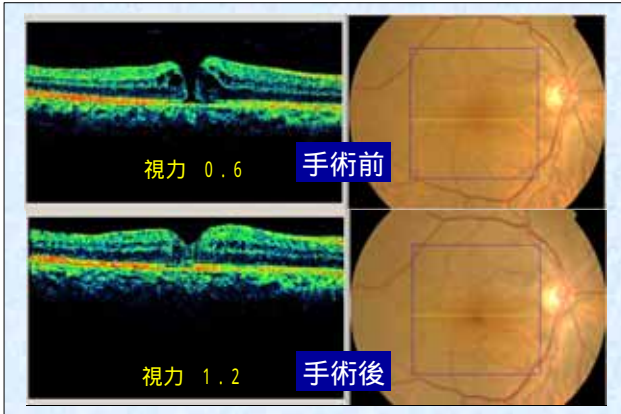
眼底疾患に対する有用性



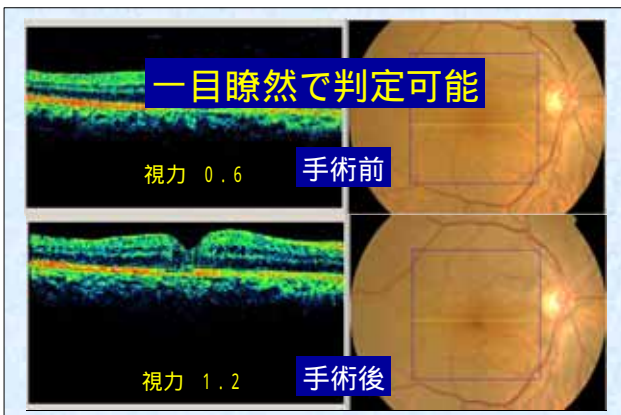
患者さんにも病態を理解してもらいやすい

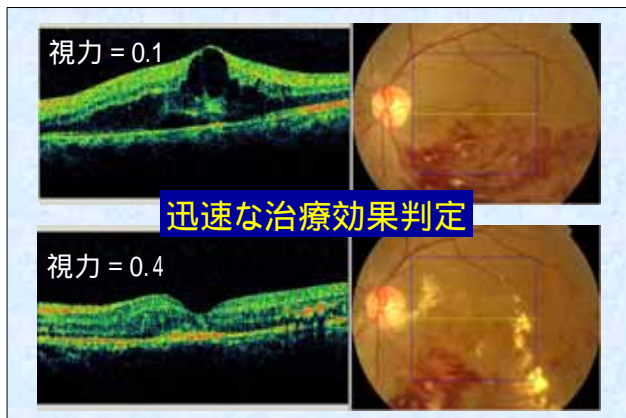


眼底写真だけを見ても、病変がどのような状態になっているのか分りにくい場合にも、眼底三次元画像解析検査を行うと非常に分かりやすくなります。患者さんにも自分の病態をよく納得していただけます。



眼科専門医でも、判断しにくい小さな真性の黄斑円孔も、明瞭に判定可能。手術治療結果についても判定が容易です。





同様に、一見わかりにくい病変の変化についても、効果判定がとても簡便に行えます。

緑内障、眼底疾患診断における 三次元画像解析の有用性

- 眼底構造を断層的、立体的に把握することができる。
- 眼底変化の検出に主観的要素、経験的要素が入りにくい、人的、空間的に均一な診断が可能。
- 眼底照明光、造影剤、散瞳が基本的に不要。
被検者の苦痛が少ない、眼にやさしい検査。
- 患者により分りやすい説明が可能。

眼底を立体的に解析、判断することのできる三次元画像解析装置を使用すると緑内障の専門医でなくとも、疾患を発見できる機会が増えると考えます。またその検査時間の短さ、苦痛の少なさは患者さんの負担を軽くさせ、安心して検査を受けていただくことが可能です。

今後の課題

保険の適応を受け、全国に三次元画像解析装置を普及させることがこれからの課題であり、またそうすることで、多くの緑内障や他の眼底疾患を早期に見つけることが可能となります。

保険の適応を受け、全国に三次元画像解析装置を普及させることがこれからの課題であり、またそうすることで1人でも多くの患者さんを早期に見つけることが可能となります。

日本眼科医会の取り組み

社団法人日本眼科医会は、昭和5年に設立された日本の眼科医による全国組織の団体で、13,480人(平成19年8月1日現在)の会員がいます。会員は適正な眼科医療を国民に提供するために、日夜、研鑽を積んでおります。広く国民に対して正しい眼科医療の啓発と教育活動を行うとともに、公衆衛生事業を中心に諸事業を行い、国民の保健・福祉の向上に寄与しています。

現在本会が行っている主な活動について

1. 「目の健康講座」の開催

本会は平成2年から日本各地で一般の方々を対象とした「目の健康講座」を開催しています。この講座は目に関する正しい知識の普及と啓発を図り、国民の目の健康の向上に寄与することを目的としています。内容は「講演会」と「目の無料相談」です。講演会の内容は毎年変えており、相談は参加された方々から個々に個別相談の形式で受け付けています。参加料は無料です。平成18年度は13カ所を実施、19年度は12カ所を実施する予定です。

2. 「目の愛護デー(10月10日)」行事の開催

現在47都道府県すべての眼科医会で標記の事業を行っています。内容は新聞、テレビなどのマスメディアを通じての啓発活動、ポスターやチラシの制作、講演会や展示会の開催、目の無料相談・電話相談、検診などです。

3. 「目の110番」による相談

本会は昭和63年から「目の110番」を設け、毎週木曜日の午後3時から5時まで、一般の方々からの電話相談に応じています。

期間:午後3時～5時

電話番号:03-5765-8181

日本眼科医会のホームページ

本会は眼科に関するさまざまな情報をホームページで公開していますが、眼底三次元画像解析検査についての概要を掲載すべく準備を進めています。

URL: <http://www.gankaikai.or.jp>

この件に関するお問合せ先
社団法人 日本眼科医会
事務局(広報部)

〒105-0014 東京都港区芝2-2-14 一星芝ビルディング7F
TEL 03-5765-7755 FAX 03-5765-7676