

視覚障害と日常生活活動

所 敬

東京医科歯科大学

Visual Impairment and Activity in Daily Life

Takashi Tokoro

Tokyo Medical and Dental University

視覚は学習、思考、動機付け、情報伝達などに影響を与えるので、日常生活上最も重要なものである。多くの視覚障害者の原因は眼疾患や眼障害、すなわち糖尿病網膜症、緑内障、網膜色素変性などの眼疾患や外傷などである。歩行などの移動、情報取得、家事などへの支障は主として視力障害に起因する。そこで、視力障害の程度と日常生活の困難さを知ることは大切である。視力を失明～0.02, 0.03～0.06, 0.07～0.1, 0.2～0.6, 0.7～1.2の5グループに分けて、視力障害者の日常生活上、可能な活動範囲について検討した。その結果、視力が悪いほど日常生活は不自由であった。しかし、視覚障害者の判定には視力ばかりでなく、視野障害も重要であり、視野障害を考慮に入れた視能率での評価が重要である。(視覚の科学 28: 55-59, 2007)

キーワード：視力障害、視野障害、日常生活、視能率、ロービジョン

As the visual processes affect learning, thinking, motivation and communication, vision plays a dominant role in human life. Many thousands of people are deprived of their precious sight by diseases and disorders of the eye, such as diabetic retinopathy, glaucoma, pigmentary retinal dystrophy and injury. Difficulties in mobility, information access and at home activities may result from lack of visual acuity. Therefore, it is important to understand the difficulties caused in everyday life by varying degrees of visual acuity. We divided decimal visual acuity into 5 groups: 0~0.02, 0.03~0.06, 0.07~0.1, 0.2~0.6 and 0.7~1.2, and studied the relationships between these groups of visual acuity and difficulties in everyday life. It was observed that the worse the visual acuity, the more difficult the everyday life. However, as difficulties in everyday life can be related to visual field impairment as well as to visual acuity impairment, the difficulties have to be judged in terms of overall visual efficiency. (Jpn J Vis Sci 28: 55-59, 2007)

Key Words: Visual impairment, Impairment of the visual field, Difficulties in everyday life, Visual efficiency, Low vision

1. はじめに

外界からの情報の約80%は視覚から入るといわれているが、視覚のうちでも視力が最も重要であり、視力低下により日常生活に支障を来す。2000年4月

に視覚障害のリハビリテーション（ロービジョンケア）に関する広範囲の基礎ならびに臨床的研究を行う目的で日本ロービジョン学会が創設された。Arditi¹⁾によると、ロービジョンの定義は「部分的な視覚の欠損による、眼鏡で矯正できない、日常生活を行う

別刷請求先：221-0852 横浜市神奈川区三ツ沢下町13-24 東京医科歯科大学 所 敬
(2007年1月23日受理)

Reprint requests to: Takashi Tokoro Tokyo Medical and Dental University
13-24 Mitsuzawashimo-cho, Kanagawa-ku, Yokohama 221-0852, Japan
(Received and accepted January 23, 2007)

能力の低下、ただし、十分に利用可能な視覚機能が残存する状態」としている。

視力障害は、正常に近いものから日常生活ができない盲までである。視覚を全く欠くか視覚による生活のできないもの（世界保健機構（WHO）では0.05未満）は失明としてよいが、生下時もしくは幼少時から重度の視覚障害をもつ先天盲と、ある時期まで正常に視覚による生活ができていた後、疾病や外傷で、その後、重度の視覚障害になった中途失明との間には大きな相違点がある。労働災害や交通事故による視覚障害は後者に属する。これら中途失明者ではいままですべて視覚による生活をしてきたのに、ある日突然、視覚による生活ができなくなるので、その不便さは計り知れない。医学的には失明とは、光もわからない状態を盲とっているが、社会的には視覚による生活のできないもの（0.02未満）をいっていることが多い。しかし、どのくらいの視力があればどの程度の作業あるいは生活ができるかが日常生活上問題である。2006年4月1日に障害者自立支援法が制定され、視覚障害者への対策がとられつつある。ここでは、残存視力と日常生活の関係を検討する。

2. 視力値と日常生活

1) 失明～視力0.02

0.01程度（50cm指数）では馴れた道なら歩道と車道の区別や大きな標識の識別が可能で、視覚によって一人歩きがなんとかでき、手動弁があれば、室内で点灯している灯りがわかり、室内の家具の配置などを認めることが可能といわれている^{2, 3)}。しかし、手動弁程度の視力になると視覚による行動範囲は個人の能力や環境によって大きく左右される。このような行動ができるのは視野障害を伴わない場合で、視野の狭窄や欠損があれば、視活動の範囲は大幅に制限を受ける。

大川原⁴⁾の全国盲学校および小中学校弱視学級児童生徒の調査によると、視力0.02のところでは普通文字使用者と点字使用者の曲線が交差している（図1）。すなわち、視覚による読書能力の限界は0.02付近にあり、これ以下では大部分が点字に頼っていることが明らかにされた。また最近では、種々のロービジョンケアが行われており、弱視者用テレビ拡大読書器（closed-circuit television system: CCTV）は拡大率が20倍まで可能なので、理論的には視力0.01でも小学校の教科書を読むことができるといわれている⁵⁾。

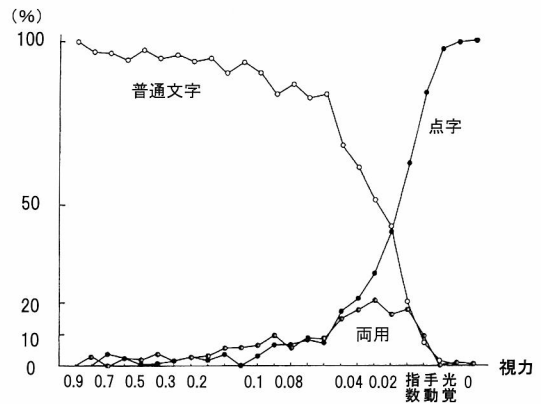


図1 盲学校児童生徒の視力と使用文字との関係（大川原⁴⁾）
視力0.02付近で普通文字使用者と点字使用者の曲線が交差している。

厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁶⁾では、0.02以下の視力は自己身の日常生活活動が著しく障害され、一部介護が必要な重度障害1種に分類されている。

2) 視力0.03～0.06

盲学校、弱視学級の児童生徒での調査では、視力が0.04以上では視力による学習が可能になる³⁾。すなわち、視力0.04であれば、弱視者用テレビ拡大読書器を使って40cmの標準読書距離で5号活字（10.5ポイント）ならば10倍、6ポイントの辞書なら15倍の拡大で読める。また、弱視レンズの適応範囲は0.1未満0.04前後までといわれている³⁾。

厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁶⁾によれば、0.04以下の視力は自己身の日常生活活動が著しく障害されているもので、重度障害2種に相当している。

高橋⁷⁻⁹⁾は北九州市内19病院眼科通院中の患者のアンケート実態調査を行った。その結果、良眼が0.1未満群で不自由ありは84%にみられた。視力と日常生活上での支障度を世帯の形態や地域との交流、移動、情報、仕事、家事、食事、訓練などについて調査すると、不自由の順は移動、情報、家事、食事であった。

3) 視力0.07～0.1

健常眼をOcclusion Foil¹⁰⁾によって両眼視力を1.2, 0.6, 0.3, 0.1に変化させて低視力状態にシミュレーションし、40分と60分のvisual display terminal (VDT)作業中に感じる疲労を検討した和氣ら¹¹⁾の報告によると、視力が低下すると視覚系の疲労や神経・精神的疲労の訴えを増し、それらの程度も増大する。すな

わち、視力が0.1になると疲労度が高い。また、視力が0.1以下になると相対的奥行距離の知覚や絶対的奥行距離の知覚があいまいになる¹²⁾。しかし、一般に視力0.1では一人歩きができるといわれている。

厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁶⁾によれば、中等度障害3種で視能率10%をこえ20%以下のものである。家庭内での日常生活活動が著しく障害されているもの、両眼なら0.1以下の視力である。

4) 視力0.2~0.6

湖崎¹³⁾によると、小学校国語教科書で用いられている4号活字(13.75ポイント)では、1年生では近見視力0.17でよいが、字画の多い6年生では0.29が必要であり、一般的に用いられている9ポイントでは、1年生では近見視力0.27、6年生では0.50が必要と報告している。高橋⁷⁻⁹⁾のアンケート実態調査の結果では、両眼が0.1以上0.3未満群では、不自由ありは63%にみられた。視力と日常生活上での支障度は不自由の順に移動、情報、家事、食事であった。

厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁶⁾によれば、視力0.2~0.6の間に中等度障害4種~軽度障害6種までの3段階が含まれている。中等度障害4種は視能率20%をこえ50%以下のもので、家庭内または家庭周辺での日常生活活動が著しく障害されていて、両眼なら0.2以下の視力である。軽度障害5種は視能率50%をこえ65%以下のもので、社会での日常生活活動が障害されていて、両眼なら0.3以下の視力である。

軽度障害6種は視能率65%をこえ85%以下のもので、社会での日常生活活動が障害されていて、両眼なら0.5以下の視力のものである。

和氣¹⁴⁾の報告によると、視力が低下すると疲労の訴えも増し、疲労感や不快感の程度も増大し、とくにこの傾向は視力0.6と0.3で差がみられた。また、文字が小さくなるほど反応時間は長くなり、この効果は視力が低下するほど大きくなった¹⁴⁾。また、低視力者の反応時間はコントラストに依存した¹⁵⁾。

通常、視力が0.5あれば仕事をする上でほとんど支障がないと考えられる。しかし、これは絶対的のものではない。簿記の仕事やコンピュータプログラマーなどは20/20(1.0)の視力が求められるが、メンテナンスをする人は20/70(0.28)の視力で十分である。今日、米国の2州(ニューヨーク、カルフォルニア)で眼鏡装着者単眼鏡にて0.5(20/40)の矯正視力が得られれば従来の矯正で0.16(20/120)や0.2(20/100)の視力であっても自動車の運転に問題

はない。統計的に絶えず再評価されているが、これらの人々の安全記録と視覚障害を有さない人のそれとがほぼ等しいことが明らかにされている¹⁶⁾。

新聞の活字を読むには0.5くらいの近見視力が必要である¹⁷⁾。新聞の活字は号数制やポイント制とは別の系統で正角でなく、横長の扁平活字である。基本となるのは1倍活字で縦0.088インチ(2.235mm)×横0.110インチ(2.794mm)である。扁平活字は1倍、1.5倍、2倍とあり、2.5倍以上はすべて正角活字となる。1倍活字は縦6~7ポイント、横8ポイントに相当するので、0.5くらいの視力がないと読めない。

ちなみに、平成13年度東京都立文京盲学校専攻科(職業課程)募集要項では両眼の矯正視力は0.3未満となっている。

5) 視力0.7~1.2

視力が0.7以上であれば、自動車の免許や自家用航空操縦士の免許は取得でき、両眼ともに0.6以上あれば船舶職員の免許も取得可能である。

厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁶⁾によれば、軽度障害7種は視能率85%をこえ92%以下のもので、社会での日常生活活動がわずかに障害されているもので、両眼なら0.7以下の視力の場合である。

3. 視野障害と視力との関係

視力障害が高度でも視野が広ければ見る手がかりは十分あり、熟知しているところなら行動能力はかなりあるとみてよい。これに反して視野の狭窄が高度であると視能力はひどく低下する。視力0.1以下または視野狭窄20°以下をそれぞれ法定上の盲としている(法定盲: legal blindness)国もある。これに対して我が国の場合、身体障害福祉法では両眼の視野10°以内狭窄を4級とし、両眼視力和0.1相当の扱いをしている。また労働災害補償保険法では9級において初めて両眼の半盲と視野狭窄を取り上げ、この級における視力基準は両眼の視力が0.6以下になったものと同等に扱っている。視覚障害における視野狭窄の評価が不十分と考えられる。視野が高度に狭窄していれば一般に網膜中心部の感度も低下することが多く、視野と視力の障害が競合して一層視能力を低下させている(視野が5°以下になれば残った中央部の視能力は相当視力の1/3以下に低下)²⁾。中西¹⁸⁾は、視野狭窄のあるロービジョン者と視野狭窄のないロービジョン者を屋外での歩行状況をアンケート調査して、視野狭窄の重要性を指摘している。

表1 視覚障害の評価 (厚生省障害等級調整問題研究会⁹⁾)

- ・ 重度障害1種：視能率5%以下のものである。自己身の日常生活活動が著しく障害され、一部介護が必要である。両眼0.02以下の視力である。
- ・ 重度障害2種：視能率5%を超え10%以下のものである。自己身の日常生活活動が著しく障害されているもの。両眼なら0.04以下の視力である。
- ・ 中等度障害3種：視能率10%を超え20%以下のものである。家庭内での日常生活活動が著しく障害されているもの。両眼なら0.1以下の視力である。
- ・ 中等度障害4種：視能率20%を超え50%以下のものである。家庭内または家庭周辺での日常生活が著しく障害されているもの。両眼なら0.2以下の視力である。
- ・ 軽度障害5種：視能率50%を超え65%以下のものである。社会での日常生活が著しく障害されているもの。両眼なら0.3以下の視力である。
- ・ 軽度障害6種：視能率65%を超え85%以下のものである。社会での日常生活が障害されているもの。両眼なら0.5以下の視力である。
- ・ 軽度障害6種：視能率85%を超え92%以下のものである。社会での日常生活がわずかに障害されているもの。両眼なら0.7以下の視力である。

視力0.7はそれ以上でないと運転免許が取れない境界線である。

4. 視能率

以上のごとく、日常生活は視力ばかりでなく、視野を含めた因子で判断する必要がある。視能率の考えは、視機能の減退がどれほどの経済的損失にあたるかを定める指標として米国で発展したものである。視力に関する視能率としては、1940年に American Medical Association によって承認されたが、1955年に改正され、視力、視野、眼球運動を含めた視能率が制定された¹⁹⁾。厚生省の障害等級調整問題研究会報告書⁹⁾でも視覚機能障害の評価に視能率を採用している。視能率は両眼視力、視野および眼球運動の3要素によって算出されている。視力能率は左右の視力値から、視野能率は8方向の残存視野の総和から、眼球運動は複視の領域と範囲などを総合して視能率を算出している²⁰⁾。これから求められた日常生活活動能力障害の段階分類は、「重度障害」、「中等度障害」、「軽度障害」とに大区分され、更に重度障害、中等度障害、軽度障害の大枠をそれぞれ2～3区分して、総じて重度障害から軽度障害まで3段階7区分を設けている(表1)。今後は視力、視野ばかりではなく、コントラストの低下やグレアなどへの考慮も必要であろう。

表2 身体障害者福祉法「身体障害認定基準」(眼球の障害)

- 1級：両眼の視力(万国式視力表によって測ったものをいい、屈折異常のある者については矯正視力について測ったものをいう)の和が0.01以下のもの
- 2級の1：両眼の視力の和が0.02以上0.04以下のもの
- 2級の2：両眼の視野がそれぞれ10°以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率95°以上のもの
- 3級の1：両眼の視力の和が0.05以上0.08以下のもの
- 3級の2：両眼の視野がそれぞれ10°以内でかつ両眼による視野について視能率による損失率が90°以上のもの
- 4級の1：両眼の視力の和が0.09以上0.12以下のもの
- 4級の2：両眼の視野がそれぞれ10°以内のもの
- 5級の1：両眼の視力の和が0.13以上0.2以下のもの
- 5級の2：両眼による視野の2分の1以上が欠けているもの
- 6級：1眼の視力が0.02以下、他眼の視力が0.6以下のもので、両眼の視力の和が0.2を超えるもの

[注] ここでいう視野障害の視能率は、視野計で8方向の残存視野の角度を測定し、それらの合計値を560で除したもの(%)。560は平均的日本人の8方向での合計値である。損失率とは(100%—視能率)である。

5. おわりに

日常生活には視機能のうちでも視力が最も大切であるが、視野も大きな役割を果たしている。したがって、身体障害者福祉法の身体障害認定基準に視野障害も取り上げられて等級が決められている。そこで、視覚障害の評価には視能率の考えが必要である。身体障害者福祉法「身体障害認定基準」を表2に示す。

文 献

- 1) アリス・アーディティ、小田浩一(訳)：ロービジョンの衝撃を世界規模で軽減する。眼紀 57: 493-497, 2006.
- 2) 市川 宏：医学的側面からみた視覚障害。市川 宏、大頭 仁編、視覚障害とその代行技術、7-68, 名古屋大学出版会, 名古屋, 1984.
- 3) Faye EE: Clinical low vision. 1~13, Brown and Co., Boston, 1976.
- 4) 大川原 潔：全国盲学校及び小中学校弱視学級児童生徒の視覚障害原因等調査結果について(1980)。筑波大学学校教育部紀要 3: 45-79, 1981。(市川 宏、大頭 仁編、視覚障害とその代行技術、55-57, 名古屋大学出版会, 名古屋, 1984から引用)
- 5) 村中義夫、千田耕基：TV式弱視者用拡大明視器を用いた書字訓練の効果について。弱視教育 10: 135-140, 1973.
- 6) 厚生省：障害等級調整問題研究会報告書。厚生省、東京、1966.
- 7) 高橋 広：北九州市内19病院眼科における視覚障害者の実態調査—第2報 視覚障害者の日常生活状況—。眼紀 50: 425-429, 1999.

- 8) 高橋 広：北九州市内19病院における視覚障害者の実態調査（第3報），視覚障害者の視機能と日常生活状況．臨眼 53: 653-657, 1999.
 - 9) 高橋 広：なぜ，今，ロービジョンケアが必要か．眼科 41: 1507-1514, 1999.
 - 10) 平野邦彦：Occlusion Foil 透過画像の疑似生成について．1-9，視覚障害者における形・空間の認知機能とその形成（研究課題番号 07301010）．平成7～9年度科学研究費補助金（基盤研究（A）（1））研究成果報告書 1998.
 - 11) 和氣典二，和氣洋美_他：低視力状態におけるVDT疲労について．視覚の科学 19: 114-121, 1999.
 - 12) 和氣典二：視覚障害と代行一低視力者の視知覚．視覚の科学 14: 68-75, 1993.
 - 13) 湖崎 克：弱視児の教育的処置に関する研究．その1．教科書活字について．日眼会誌 65: 1990-1995, 1961.
 - 14) 梶原直樹，和氣典二_他：漢字の視覚探索における文字属性と視力の効果．視覚の科学 20: 147-152, 1999.
 - 15) 和氣典二，和氣洋美，北原健二：低視力者のATM作業における視覚探索—文字探索におけるコントラストと文字の大きさの効果，視覚障害者における形・空間の認知機能とその形成（研究課題番号 07301010）．平成7～9年度科学研究費補助金（基盤研究（A）（1））研究成果報告書 1998.
 - 16) 和氣典二：視覚障害と代行一低視力者の視知覚．視覚の科学 14: 68-75, 1993.
 - 17) Jose RT Ed: Understanding Low Vision. American Foundation for the Blind, New York, 1983. 築島謙次，石田みさ子監訳，ロービジョン 理論と実践．第一法規出版，東京，1992.
 - 18) 中西 勉，築島謙次_他：ロービジョン者の屋外での歩行状況に関するアンケート結果—視野狭窄のロービジョン者と視野狭窄のないロービジョン者の比較．眼紀 56: 599-604, 2005.
 - 19) 大島祐之：視力の検査法，48-85，日本眼科全書，第5巻，眼診断，第1冊 眼検査法，第1分冊 視機能検査法，金原出版，東京，1961.
 - 20) 所 敬：視力の障害等級の細分化について．平成12年度 労働省委託研究報告書 2001.
-

光干渉断層計の基本原則と眼科診療応用

大谷 倫 裕

群馬大学医学部眼科学講座

The Basic Principle of Optical Coherence Tomography and Its Clinical Application in Ophthalmology

Tomohiro Otani

Department of Ophthalmology, Gunma University, School of Medicine

光干渉断層計 (OCT) は、診断・治療において重要な情報を提供する。OCT は、眼底の断層を $10\mu\text{m}$ 以下の解像度で画像化することが可能で、黄斑円孔・黄斑浮腫・強度近視などの黄斑病変の網膜断層像を明らかにしてきた。また OCT は黄斑病変への手術治療後の評価にも有用である。OCT は病理組織像のように眼底を描出するが、以下のようなアーチファクトがある。1. 傾斜面での散乱による反射の減衰, 2. 高い反射物による反射の減衰, 3. 網膜色素上皮の萎縮による脈絡膜からの反射増強。 (視覚の科学 28: 60-65, 2007)

キーワード: 光干渉断層計, アーチファクト, 嚢胞様変化, 漿液性網膜剥離

Optical coherence tomography (OCT) is a practical tomographic procedure that yields precise information for diagnosis and therapeutics. OCT provides a cross-sectional image of the retina with less than $10\mu\text{m}$ axial resolution, and has demonstrated the intraretinal structure of fundus diseases including macular hole, macular edema, highly myopic eye and so on. OCT also enables evaluation of the surgical outcome of macular diseases. OCT images simulate histological sections but include various artifacts, as follows: 1) attenuated reflection from obliquely located object, 2) attenuation of tissue reflectivity posterior to highly reflective mass, 3) enhanced reflection from the choroid posterior to the atrophic retinal pigment epithelium.

(Jpn J Vis Sci 28: 60-65, 2007)

Key Words: Optical coherence tomography, Artifact, Cystic change, Serous retinal detachment

1. 緒 言

眼科診療では光干渉断層計 (以下 OCT) が、確実な診断・治療方針の決定・治療後の客観的評価に貢献している。OCT は、眼底の断層を $10\mu\text{m}$ 以下の解像度で画像化することができる。その結果、従来の検査よりも詳細に網膜内や硝子体の変化がわかるようになった。また網膜や神経線維の厚さを数値化できる。一方、OCT は反射光の情報に基づく再構成画像であり、特有のアーチファクトがある。本稿では

OCT の基本原理, OCT による網膜断層像の解釈と臨床応用, OCT のアーチファクトについて述べる。

2. OCT の基本原理

OCT は光の干渉現象によって画像を描出する。光は波の性質がある。二つの光を重ね合わせたとき、光の波の山がそろっていると重なり合って強め合い、ずれていけば互いに打ち消しあう。重なったところは明るく、打ち消し合ったところは暗くなるため明暗の縞 (干渉縞) ができる。このような現象を光の

別刷請求先: 371-8511 前橋市昭和町 3-39-15 群馬大学医学部眼科学講座 大谷倫裕
(2007年1月12日受理)

Reprint requests to: Tomohiro Otani Dept of Ophthalmol, Gunma Univ, School of Med
3-39-15 Showa-machi, Maebashi 371-8511, Japan
(Received and accepted January 12, 2007)

干渉と呼ぶ。

OCTでは、レーザー光ではない干渉性の低い光（低コヒーレンスビーム）を測定光として用いている。レーザー光は単色性のために干渉性が強いことが知られている。光を2分割して異なる光路を経た後、再び重ね合わせた場合に干渉縞がみられるが、レーザー光のように干渉性のよい光は、分割した光の光路差が数メートルであっても干渉縞ができることが特徴である。一方、太陽光のような多色光は干渉性が低く（低コヒーレンス）、分割された二つの光の光路差が数十マイクロメートルと短くなる場合にしか干渉縞が起らない。OCTは、このような低コヒーレンス特性を利用することで高い分解能を得ている。

OCTは基本的にマイケルソン干渉計の原理を応用している（図1）。光源から発振された低コヒーレンスビームはハーフミラーによって2光束に分割される。一方の反射光は参照光として参照鏡に向かう。他方の透過光は測定光として眼内に照射される。測定光が眼内組織にあると様々な方向に散乱光が生じる。測定光と同軸方向に戻る後方散乱光がハーフミラーを経て、参照鏡から戻ってきた参照光と重ね合わされ光検出器に入る。このとき、参照鏡を微妙に動かし、参照光と後方散乱光との光路差をそろえることで干渉現象を起こし、干渉波が生じる。干渉現象が起こったときの参照鏡の位置から、後方散乱が起こった位置（眼内での深さ）を知ることができる。後方散乱の深さと干渉波の振幅をプロットすることで、網膜内での深さとその反射強度との分布が明らかになる。以上の作業によって、超音波検査の

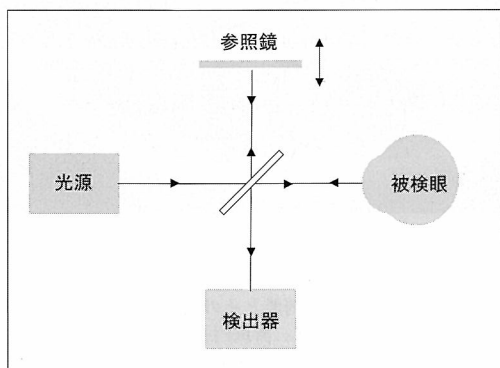


図1 光干渉断層計 (OCT) の原理
解説は本文参照

Aモードと同様の結果が得られる。更にAモードで眼底を走査することで、Bモードと同様の断層像を構成する。

3. OCTによる網膜断層像の解釈

1) 正常黄斑部の断層像（図2）

中心小窩を含む黄斑部の網膜断層像は、中心小窩では網膜が薄くなり低反射となる。中心小窩の周囲では網膜内に層構造があり、神経線維層・内外網状層・視細胞内節外節の境界・網膜色素上皮層が高反射となる。

2) 主な異常所見

(1) 網膜膨化

黄斑浮腫などに起こり、OCTでは網膜が厚くなり網膜の反射が減弱する。網膜内の水分貯留によって網膜組織が疎になり、測定光が減衰した結果であると考えられる。網膜膨化は主に網膜の外層にあることが多い。

(2) 嚢胞様変化

嚢胞様黄斑浮腫は、糖尿病網膜症や網膜静脈閉塞

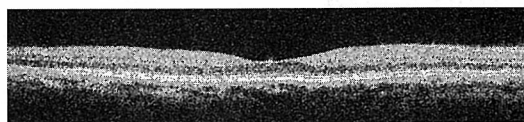


図2 正常眼の黄斑
中心窩では網膜が薄く低反射となる。網膜色素上皮層の内側の高反射帯は、視細胞内節と外節の境界を示している。

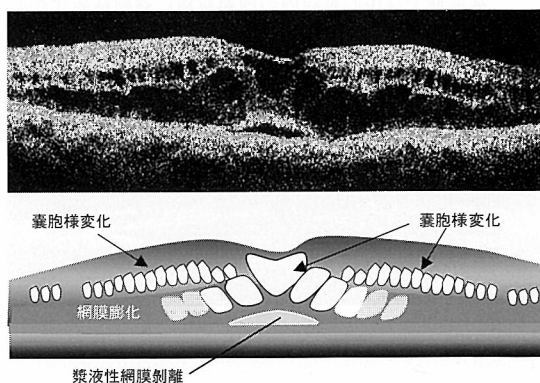


図3 糖尿病黄斑浮腫（嚢胞様変化）
中心窩には大きな嚢胞様変化があり、その周囲では嚢胞様変化が2層になっていることがある。内層にある嚢胞様変化は内顆粒層に存在すると考えられる。

症などの網膜血管病変やぶどう膜炎に合併し、OCTでは囊胞様変化として観察される。中心窩の囊胞様変化は網膜全層を含んでいることが多く、その周囲では内顆粒層や外網状層に存在する(図3)。フルオレセイン蛍光造影では、中心窩の花弁状の蛍光貯留の周囲に蜂巣状の過蛍光所見がみられることがある。OCTとの比較から、蜂巣状過蛍光は内顆粒層に貯留した蛍光色素を反映していると考えている(図4)²⁾。囊胞様変化は特発性黄斑円孔の円孔周囲にも観察される。

(3) 漿液性網膜剝離

漿液性網膜剝離は中心性漿液性脈絡網膜症に合併

するが、糖尿病網膜症などの網膜血管病変によって生じる黄斑浮腫にも漿液性網膜剝離がときに合併することがOCTによってわかった³⁾。漿液性網膜剝離は剝離した神経網膜と網膜色素上皮に囲まれた低反射領域として観察される(図5)。

(4) 網膜分離

神経網膜内で網膜が分離し、網膜内に分離を示す低反射領域が存在する。強度近視では、黄斑円孔がなくてもぶどう腫内に網膜剝離や網膜分離を発症することがある(図6a, b)⁴⁾。ピット黄斑症候群では乳頭黄斑間に網膜分離と網膜剝離が起こる(図7)。その他、裂孔原性網膜剝離⁵⁾、糖尿病網膜症の増殖組織

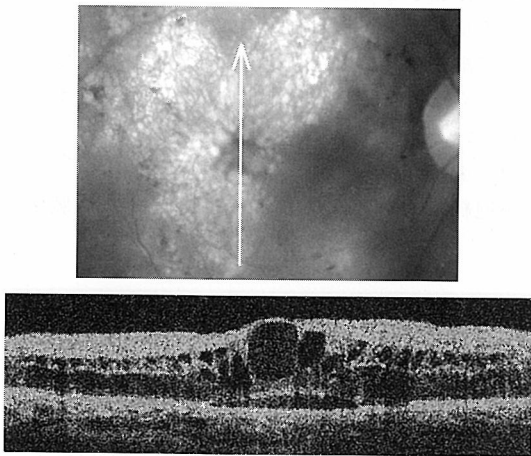


図4 糖尿病黄斑浮腫(囊胞様変化)
フルオレセイン蛍光造影(上)では、中心窩周囲に蜂巣状の過蛍光がある。中心窩を含むOCT(下)の垂直断では中心窩周囲の内顆粒層に囊胞様変化がある。蜂巣状の過蛍光は内顆粒層の囊胞内に貯留した蛍光色素を反映していると考えられる。

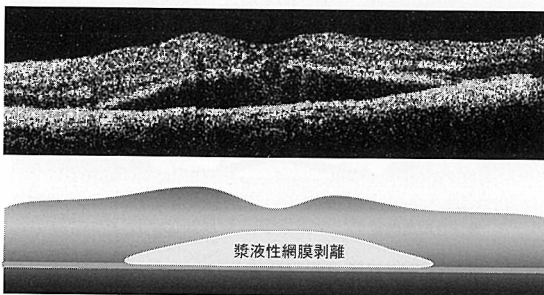


図5 糖尿病黄斑浮腫(漿液性網膜剝離)
網膜下液は低反射領域になっている。

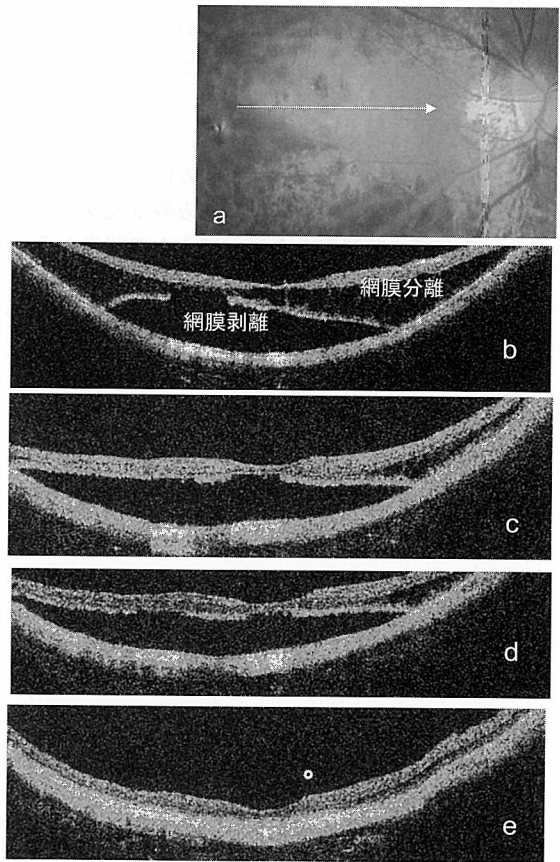


図6 強度近視の黄斑剝離と分離
ぶどう腫内に限局する黄斑剝離がある(a)。OCT(b)では、黄斑に網膜剝離とその周囲に網膜分離がある。視力は0.1であった。黄斑円孔化を予防するために硝子体手術を行った。術後4カ月(c)と7カ月(d)のOCTでは、黄斑剝離があるが網膜分離は減少している。術後14カ月のOCT(e)では黄斑剝離も消失している。視力は0.8に改善した。

による網膜牽引なども網膜分離を合併する⁹⁾。

(5) 硬性白斑

硬性白斑は、網膜血管から漏出したフィブリンや血漿タンパクなどの血漿成分の貯留により形成される。硬性白斑は網膜内（網膜外網状層⁷⁾）と網膜下に貯留する。OCTでは、硬性白斑は強い反射塊として描出される（図8）⁸⁾。一方、硬性白斑の後方（網膜外層方向）では測定光が減弱するために低反射領域となる。

(6) 黄斑前膜

黄斑前膜が肥厚していると網膜表面の高反射として描出できる。薄く剝離した黄斑前膜はOCTで明瞭に観察可能である（図9）。

(7) 硝子体牽引

網膜に接着している後部硝子体皮質はOCTでは観察できない。黄斑円孔などで、網膜からわずかに剝離した後部硝子体皮質は細隙灯顕微鏡では観察できないが、OCTではその同定が容易にできる。硝子体黄斑牽引症候群では、硝子体牽引によって網膜剝離・網膜膨化・網膜分離様変化などが描出される（図10）⁹⁾。

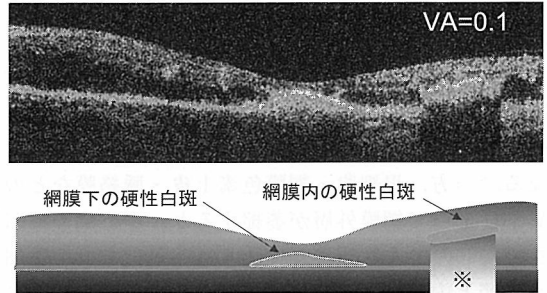
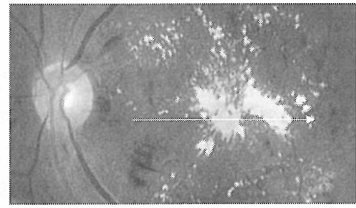


図8 糖尿病黄斑浮腫（硬性白斑）
中心窩とその耳側に硬性白斑がある（眼底写真）。OCTでは、中心窩の耳側の硬性白斑は網膜内の高反射塊として描出されている。硬性白斑の後方（脈絡膜側）では測定光の減衰によって低反射になっている（*）。中心窩の硬性白斑は網膜下にあり、網膜色素上皮から連続する隆起病変として描出されている。

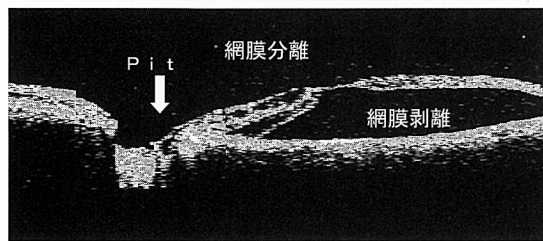
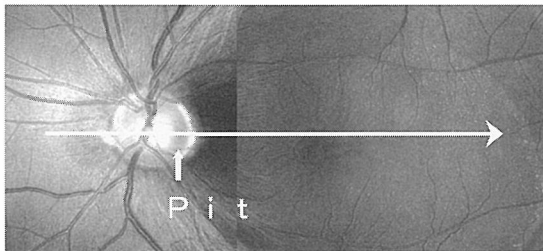


図7 ピット黄斑症候群
黄斑に網膜剝離がある（眼底写真）。OCTでは、黄斑剝離と視神経乳頭ピットと中心窩間に網膜分離がある。

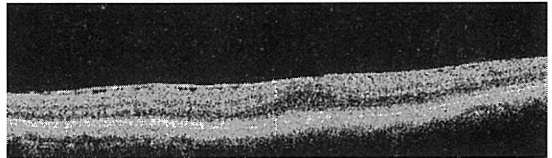


図9 黄斑前膜
OCT画像の左側では黄斑前膜が網膜表面から少し浮いているため、前膜の存在がわかる。中心窩は、膨化によって陥凹が消失している。

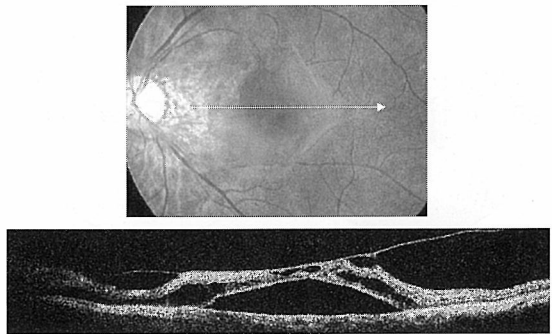


図10 硝子体黄斑牽引症候群
硝子体による牽引によって黄斑剝離があり、その周囲には網膜分離様の変化がある。

4. OCTの臨床応用

OCTによって黄斑疾患の診断は容易になった。黄斑円孔と偽円孔の鑑別などはOCTがなくても可能であるが、検眼鏡では正常であってもOCTによって異常が発見されることもある。例えば、網膜中心動脈閉塞症の急性期では、中心窩周囲の網膜内層は凝固壊死によって白濁するため、中心窩はcherry-red spotを呈する。しかし、時間が経つと混濁は消失し、検眼鏡では一見正常になる。OCTでは、網膜内層の萎縮によって中心窩の陥凹が消失し、平坦な黄斑像になる。一方、視細胞・網膜色素上皮・脈絡膜などの異常によって網膜外層が萎縮すると、中心窩の陥凹を維持したまま網膜が菲薄化する。最近では、視細胞外節と内節接合部の欠損と疾患との関係が注目されているが、これもOCTがなければ判定できない。

OCTは治療の適応決定や治療効果の判定にも有用である。強度近視に伴う黄斑剥離と分離に対し、黄斑円孔が生じる前に硝子体手術を行うことが効果的

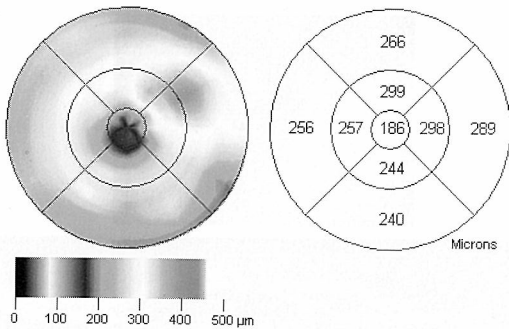
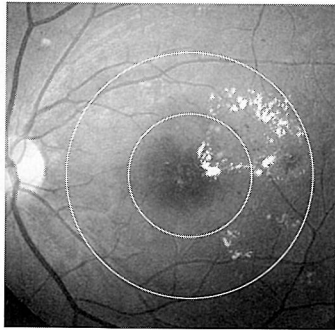


図11 糖尿病黄斑浮腫
中心窩の耳側上方に局所性の浮腫がある(眼底写真)。OCTの網膜厚マップでは、局所性浮腫に一致して網膜厚が厚く表示されている。

であると報告されている¹⁰⁾。このような症例をOCTで観察すると、黄斑部の網膜分離と剥離が消失する過程が明瞭にわかる(図6)。また網膜断層像だけでは病変の広がりや把握しにくいですが、Macular Thickness Mapを用いれば網膜浮腫などの範囲や程度が一目瞭然となる(図11)。

5. アーチファクト

OCTは光によるエコー断層装置であるため、光の特性に関係したアーチファクトが起こる。

1) 測定光の入射角による低反射

角膜周辺部や剥離した網膜の立ち上がり部分などは、実際よりも低反射になる。測定光が組織に垂直に入射しないため、同軸方向に戻る反射光が減弱するためである(図12)。

2) 測定光の減衰

硬性白斑や血腫があるとOCTの測定光がブロックされるため、その後方は組織が欠損しているかのように低反射となる(図13)。漿液性網膜剥離や網膜色素上皮剥離があると、同様にその深層では反射が減弱して描出される。正常眼でも網膜血管をスキャンすると、血管の外側(網膜色素上皮側)では低反射になる。

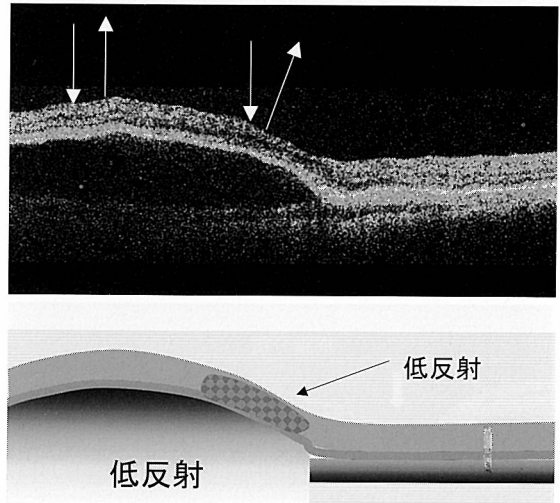


図12 測定光の入射角度による低反射
黄斑部に網膜色素上皮剥離があり、OCTでは剥離した黄斑部の傾斜部が低反射になっている。また網膜色素上皮剥離があると、測定光の減衰によってブルッフ膜や脈絡毛細管板は低反射になっている。

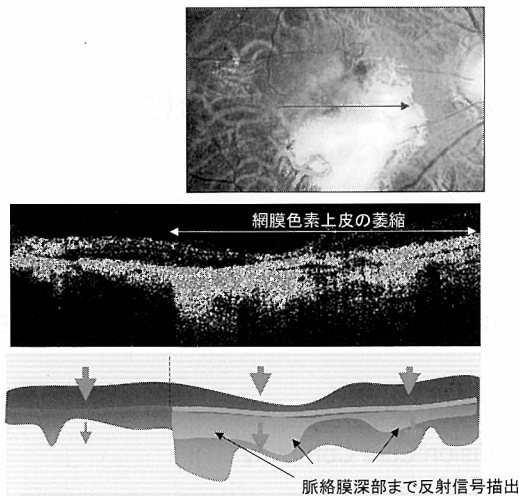


図13 網膜色素上皮の萎縮による反射増強
黄斑の鼻側と下方に網膜色素上皮の萎縮がある（眼底写真）。OCTでは、網膜色素上皮の萎縮部位に一致して脈絡膜が肥厚して高反射になっているようにみえるが、これは測定光の深達度がよくなった結果である。

3) 網膜色素上皮の萎縮による反射増強

網膜色素上皮の萎縮があると、測定光の深達度がよくなるため、脈絡膜が厚い高反射帯として描出される（図13）。

4) ピント不良や白内障などによる低反射

ピントやセントリングが悪いとOCT画像が全体的に低反射になる。白内障や硝子体混濁があると測定

光や反射光が減弱するので、同様に低反射になる。

文 献

- 1) 丹野直弘：OCT. 前田直之編，眼科診療プラクティス 71, 108-110, 文光堂，東京，2001.
- 2) Otani T & Kishi S: Correlation between optical coherence tomography and fluorescein angiography findings in diabetic macular edema. *Ophthalmology* 114: 104-107, 2007.
- 3) Otani T, Maruyama Y & Kishi S: Patterns of diabetic macular edema with optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 127: 688-693, 1999.
- 4) Takano M & Kishi S: Foveal retinoschisis and retinal detachment in severely myopic eyes with posterior staphyloma. *Am J Ophthalmol* 128: 472-476, 1999.
- 5) Hagimura N & Kishi S: Optical coherence tomography of the neurosensory retina in rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 129: 186-190, 2000.
- 6) Imai M, Iijima H et al: Optical coherence tomography of tractional macular elevations in eyes with proliferative diabetic retinopathy. *Am J Ophthalmol* 132: 81-84, 2001.
- 7) Murata T, Ishibashi T & Inomata H: Immunohistochemical detection of extravasated fibrinogen (fibrin) in human diabetic retina. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 230: 428-431, 1992.
- 8) Otani T & Kishi S: Tomographic findings of foveal hard exudates in diabetic macular edema. *Am J Ophthalmol* 131: 50-54, 2001.
- 9) Yamada N & Kishi S: Tomographic features and surgical outcomes of vitreomacular traction syndrome. *Am J Ophthalmol* 139: 112-117, 2005.
- 10) Kobayashi H & Kishi S: Vitreous surgery for highly myopic eyes with foveal detachment and retinoschisis. *Ophthalmology* 110: 1702-1707, 2003.

累進屈折力レンズのレイアウトとフィッティングにおける チェックポイント

畑中隆志

HOYA(株) ビジョンケアカンパニー 開発部 設計室

Important Points Regarding Layout and Fitting of Progressive Power Lenses

Takashi Hatanaka

R&D Department Optical Design Section, HOYA Vision Care Company

日本では進行する高齢化により、累進屈折力レンズの需要は今後も高まる一方である。近年の累進屈折力レンズは、設計技術の進歩により以前のレンズに比べてとても使いやすくなっているはずである。しかし今日でも、累進屈折力レンズの購入に際して、足元が不安で掛け難い、近くがあまりよく見えない、遠方がぼやけて見難いなどのクレームや相談は少なくないのが現状である。これらの原因のなかには、累進屈折力レンズのレイアウトやフィッティングに起因するものが多く含まれている。見え方のシミュレーション技術を使用して、累進屈折力レンズを快適に装用するためのレイアウトやフィッティングのポイントについて解説する。

(視覚の科学 28: 66-71, 2007)

キーワード：累進屈折力レンズ、フィッティング、頂間距離、前傾角

In Japan, with the advance of the aging society, demand for progressive power lenses will continue to increase. All recent progressive power lenses are better than previous ones because of improvement in the design technology of each lens maker. However, there are still numerous complaints of uneasy or unnatural vision for the respective step, and the inability to achieve clear near vision or distant vision. These include many aspects arising from the layout and fitting process. I explain important points in the layout and fitting process of progressive lenses that relate to making comfortable spectacles.

(Jpn J Vis Sci 28: 66-71, 2007)

Key Words: Progressive power lens, Fitting, Vertex distance, Pantoscopic angle

1. はじめに

累進屈折力レンズの眼鏡は、レンズのフィッティングポイントの高さの設定や頂間距離、前傾角の設定によって装用感が大きく変化することはよく知られているが、具体的に個々の設定が見え方にどのように影響するのはあまり明確にはされていない。昔の設計の累進屈折力レンズに比べて最近の累進屈

折力レンズは装用しやすくなっているはずだが、装用しにくいというクレームがなくなっていないのが現状である。

HOYA(株)ビジョンケアカンパニーの祁華は、2000年の第36回日本眼光学学会～2005年の第41回日本眼光学学会まで、継続して累進屈折力レンズの見え方をシミュレーションする技術について研究発表を重ねてきた。ここでは、一部に累進屈折力レンズ

別刷請求先：190-0151 あきる野市小和田1-1 HOYA(株) ビジョンケアカンパニー 開発部 設計室 畑中隆志
(2007年1月12日受理)

Reprint requests to: Takashi Hatanaka R&D Dept Optical Design Section, HOYA Vision Care Company
1-1 Kowada, Akiruno 190-0151, Japan
(Received and accepted January 12, 2007)

の見え方シミュレーションの明瞭指数、変形指数、ユレ指数のシミュレート結果を使用して、累進屈折力レンズのレイアウトやフィッティングにおける注意点について解説する。

2. 累進屈折力レンズのレイアウト

1) フレームのプレフィッティング

眼鏡フレームは新品でダミーレンズが入れられている状態であっても、事前に装用者の顔に合うように調整をするプレフィッティングをしておくことがとても大切である。これから行うレイアウトの測定を行う前にテンプル、鼻パッド、フレームの前傾角、そり角を調整して、また、美的観点および光学的観点から最終的に仕上がってフィッティングされた眼鏡の状態にできるだけ近い状態にしておくことが、累進屈折力レンズの眼鏡に限らずすべての眼鏡を快適に仕上げるために必要である。レイアウトを測定決定した後にフレームを大幅に調整することは、累進屈折力レンズの眼鏡の掛け心地に影響を与えてしまうからである。

フレームのプレフィッティングの目標としては、頂間距離はできるだけ12mmに近づけて、フィッティングポイント（アイポイント）に向かう視線とレンズとの角度で約10～15°に、フレームのそり角は、ユーザーの頭上から眼鏡を真下に見下ろしたときに、左右の遠方視線とレンズが直交するようにするのが目安である。

2) レンズのフィッティングポイント位置の測定

あらかじめ装用者の瞳孔間距離（以下PD）は左右眼別々に測定しておく。

まず、フレームの左右のダミーレンズ上にフレームの縦幅の1/2の高さに水平基準線となるデータラインを書き入れ、また、左右別々のPDに対応した位置に垂直にPDラインを書き入れ、このPDライン上に2mmピッチで目盛り線を書き入れておく。このフレームを装用者に掛けさせて、瞳の位置がPDライン上にあることを確認する。ここでずれが認められるときは、PD測定とプレフィッティングをやり直す必要がある。

次に、装用者が自然な姿勢で水平方向を見ている状態の視線のPDライン上の通過位置をPDライン上の目盛から読み取る。あるいは、直接ダミーレンズ上の瞳の高さの位置にマークを入れてフィッティングポイントの高さを決定する。ここで、測定者の瞳

の位置は装用者の瞳の位置と同じ高さになるようにする必要がある。また、測定者が近い距離で装用者に向かい合うため、装用者によっては緊張してしまっている、自然な姿勢ではなく、あごを引いた姿勢になることがあるので注意が必要である。あごを引いた姿勢のままフィッティングポイントの高さを決定してしまうと、最終的に自然な姿勢での水平視線に対して累進屈折力レンズのフィッティングポイントが高めの位置にレイアウトされることになるため、後述するように遠方がぼやける、ユレや歪みが気になるなどのクレームにつながりやすいので注意が必要である。また、累進屈折力レンズを初めて使用する装用者には、フィッティングポイントの高さは決して高めににならないように注意することも大切である。

フィッティングポイントの位置の測定には、図1のデータラインチャート、図2のレイアウトゲージなどを使うと便利である。また、装用者がフレームを掛けている状態をカメラで撮影して、パソコンの画面上でフィッティングポイントの位置を測定できる装置も各社から発売されている。いずれの方法の場合も、装用者が自然な姿勢で水平方向を見ている状態での瞳の位置を測定するように注意することがポイントとなる。

3. 最終フィッティング

前項のレイアウトが決定したら、レンズを発注して、届いたレンズをフレームに枠入れして、最終のフィッティングを行って、お客様である装用者に眼鏡を渡すことになる。

実際にクレームが発生した場合に、フィッティングを再調整することで問題が解消するケースがかなりある。この最終フィッティングが、累進屈折力レンズの眼鏡でよく発生するクレームの発生を防ぐ上で最も重要な作業となるので、できるだけ確実に正確に行うことが必要である。

1) 最終フィッティングの調整・確認項目

- (1) レンズのフィッティングポイントの高さが遠方水平視線に一致するように
- (2) 頂間距離（12mmを目安に）
- (3) 前傾角

フィッティングポイントに向かう水平視線とレンズとの角度で約10～15°に（図3）

- (4) フレームのそり角は、ユーザーの頭上から眼鏡を真下に見下ろしたときに、左右の遠方視線と

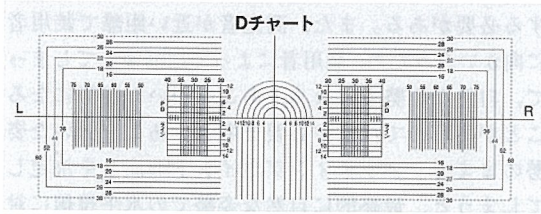


図1 データムラインチャート

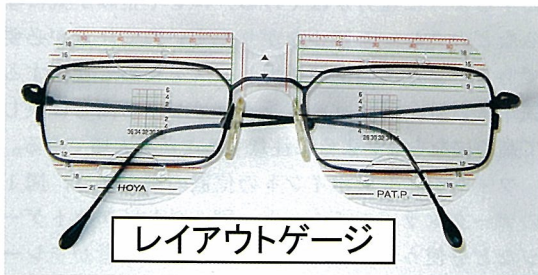


図2 レイアウトゲージ

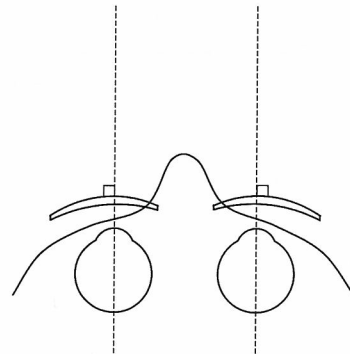


図4 レンズのそり角

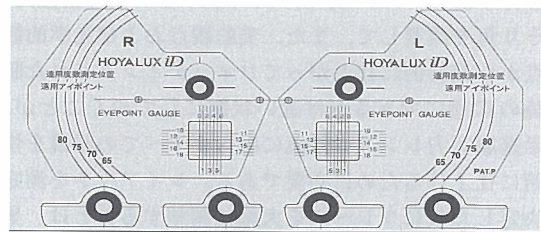


図5 アイポイントゲージ

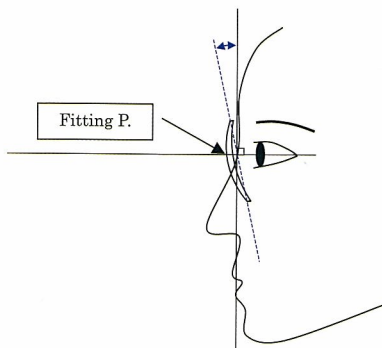


図3 レンズの前傾角 (フィッティングポイント)

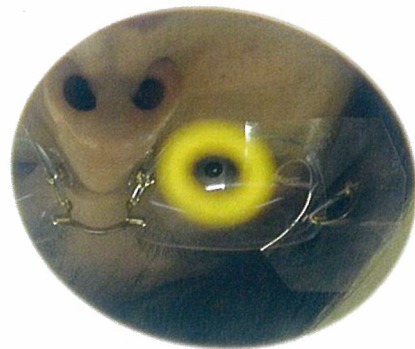


図6 ミラー法による近方視線の確認

レンズが直交するように (図4)

これらのレンズと眼、および視線との位置関係が保たれるようにフレームを調整する。

アイポイントゲージ (図5) を出来上がった眼鏡のレンズに貼り付けて、ミラーテーブルを使用して実際のユーザーの近方視線の位置を確認 (図6) して、総合的な最終フィッティング状態の確認をする方法もよく行われている。フィッティングのいずれかの項目にずれがあると、ミラー法による近方視線の確認でも視線のずれが発見されるはずである。

ここで、前傾角について注意していただきたいことがある。

この説明のなかでは、前傾角はフィッティングポイントに向かう水平視線とレンズとの角度で約10~15°としているが、レンズメーカーによっては別の設定を求めているケースもあるかと思われる。その場合には、メーカーの指示に従うとよい。

また現状としては、眼鏡の前傾角については、統一された定義が決められていない状態なので、場合によっては異なる位置の角度をもって前傾角とすることもできるかもしれない。

次に、フィッティングの状態にずれがあるときに、ユーザーがどのような訴えをするのか、どのような見え方になるのかを説明する。

2) フィッティングポイントの位置にずれがある ときの見え方

フィッティングポイントが水平視線よりも高い位置にレイアウトされると、遠方視線の位置に累進帯がかかるために、少しあごを引いて見ないと遠方がぼやける、揺れ・歪みが気になる、床が膨らんで見えるという訴えにつながる。

フィッティングポイントが水平視線よりも低い位置にレイアウトされると、中間や近方が狭く見づらい、近方の度数が弱い感じがするという訴えにつながる。

左右のレンズのフィッティングポイントが左右にずれている場合は、中間や近方のよく見える範囲が正面ではなく、左右のどちらかにずれて見える。

左右のレンズのフィッティングポイント間の距離が目標とするフィッティングポイント間の距離 centration distance (CD) よりも狭い場合や広い場合は、中間や近方の視野が狭く、適切な距離で中間や近方の物が見えないという訴えになり、また、遠方のクリアに見える範囲が狭いと感ずることもある。

3) 頂間距離が長い場合、短い場合の見え方

頂間距離が長い場合は、累進屈折力レンズ自体が眼から離れることになり、揺れ・歪みが気になりやすくなると同時に、中間・近方の視野が狭くなる。また、遠方の視野が狭くなると感ずる場合もある。

頂間距離が短い場合は、レンズ自体が眼に近づくことになり、近方が見づらい、近方の度数が弱く感ずる、睫毛がレンズにあたるなどの訴えにつながる。

図7は、当社の外面累進設計の累進屈折力レンズ(S0.00, ADD 2.50)の眼鏡で、頂間距離が変化したときの見え方をシミュレーションした画像である。レンズ形状はφ60mmのレンズの上下を40mmにカットした形状である。

明瞭指数画像は、無限遠方にある物を対象として、濃い青の部分がクリアに見える領域で、青→水色→黄緑になるにしたがって物がぼやけて見える領域をあらわしている。

変形指数画像は、濃い青の部分が物が変形しないで見える領域で、青→ピンクになるにしたがって物が歪んで見える領域をあらわしている。

ユレ指数画像は、顔を動かしたときや外界の物が動いたときに揺れて感ずる領域の分布をあらわし、濃い青の部分が揺れの少ない領域で、青→緑になるにしたがって揺れを感ずる領域をあらわしている。

図7をみると、頂間距離が離れるにしたがってクリアに見える範囲、歪みの少ない範囲が狭くなると同時に、揺れを感ずる領域が広がり、感ずる揺れの程度も増加していることがわかる。ユーザーの顔形やフレームの構造によっては頂間距離の調整に限界がある場合もあるが、頂間距離はできるだけ12mmに近い状態に調整するようにしてほしいと思う。

4) 前傾角に過不足がある場合の見え方

前傾角が不足している場合は、レンズの上方側が眼に近い状態にあり、レンズの下方側が眼から離れた状態にあるため、揺れ・歪みが気になる、床が膨らんで見える、近方や中間の視野が狭いという訴えにつながる。

逆に前傾角が過剰な場合は、レンズの上方側が眼から離れた状態にあり、レンズの下方側が眼に近い状態にあるため、近方が見づらい、近方の度数が弱く感ずるという訴えにつながる。また、遠方が狭く感ずったり遠方に歪みを感ずる場合もある。

図8、9は、当社の外面累進設計の累進屈折力レンズ(S0.00, ADD 2.50)の眼鏡で、前傾角が変化したときの見え方をシミュレーションした画像である。

図8は、無限遠方、66cm、40cmの距離のものを見たときの明瞭指数画像で、それぞれの距離でのクリアに見える領域の分布をあらわしている。図8をみると、前傾角が増えるにしたがって近方の視野が広がるが、反対に遠方の視野は狭くなっているのがわかる。このことから、前傾角の変化は遠方側の視野と近方側の視野がトレードオフの関係になっていることがわかる。

また図9は、変形指数画像とユレ指数画像で、物が変形して見える領域の分布と、ユレを感ずる領域の分布をあらわしている。図9をみると、前傾角が増えるにしたがって、中間から近方の両脇にある歪みは減少し、近方の両脇にある揺れも減少しているが、前傾が強すぎると遠方の周辺にやや揺れを感ずるようになる。

5) フレームのそり角に不具合があるとき

フレームのそり角が、ユーザーの頭上から真下に見下ろしたときに、左右の遠方視線とレンズが直交するようになっていないで、レンズが内側を向いたり、レンズが外側を向いたりする場合は、天井や床が反り返って見えたり、天井や床が丸みがかって見えたり、壁が倒れて見えたりし、また、左右の横の方でぼやけて見えたり、歪んで見えたりする。

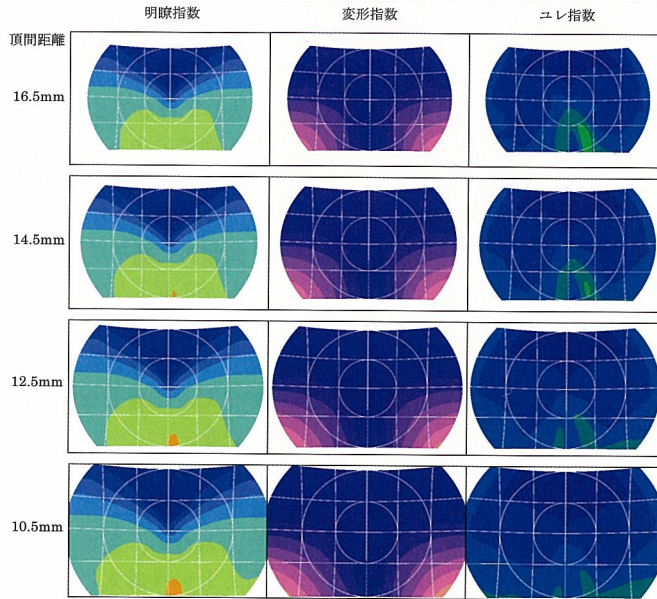


図7 頂間距離の違いによる見え方の変化

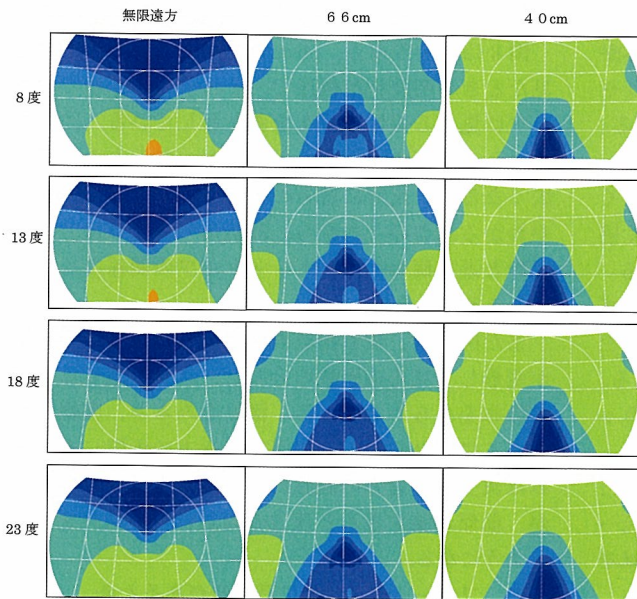


図8 前傾角の増減によるクリアな領域の変化

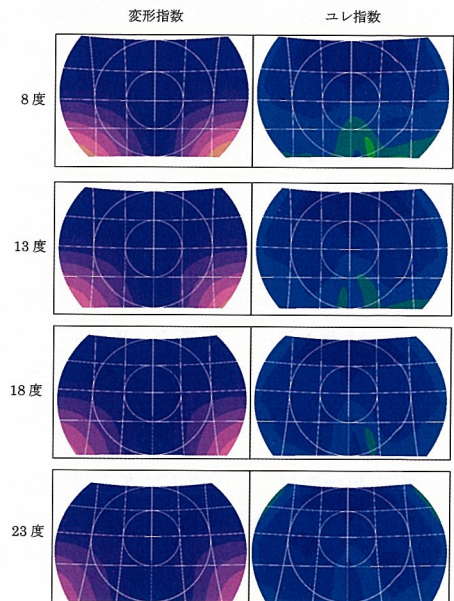


図9 前傾角の増減による歪みと揺れの変化

フレームのヤゲンカーブとレンズのカーブに違いがある場合には、レンズをフレームに枠入れした直後は、このそり角が大きくなるので、調整するようにする。縁なしのフレームも同様で、ダミーレン

ズと処方レンズのカーブの違いによってネジや部品によるレンズの固定状態が変わって、そり角が変わるので、調整するようにする。

4. ま と め

累進屈折力レンズのレイアウトとフィッティングでポイントとなることは、次の項目になる。

- 1) レイアウト測定のときのユーザーの水平視線が自然な状態で行うように注意する。
- 2) フィッティングポイントの高さを自然な状態の水平視線と一致させる。
- 3) 頂間距離，前傾角，フレームのそり角を調整する。
- 4) とくに，頂間距離は12mmよりも離れてフィッティングされている場合が多いが，できるだけ12mmに近付けるように調整する。

頂間距離が離れていると，クリアに見える領域が狭くなるばかりでなく，同時に，揺れ・歪みも増加してしまうことに注意する。

以上の内容を，累進屈折力レンズの快適な眼鏡作成の参考にしていただければ幸いです。

文 献

- 1) 辻 一央：科学的な眼鏡調整．眼鏡光学出版，東京，1996.
- 2) HOYA 株式会社ビジョンケアカンパニー：メガネの科学21．築島謙次監修，73-107，HOYA 株式会社ビジョンケアカンパニー，東京，2002.

グレアが他覚的屈折値と瞳孔径に及ぼす影響

中山 奈々美¹⁾, 川守田 拓志²⁾, 魚里 博^{1, 2, 3)}

¹⁾北里大学大学院医療系研究科視覚情報科学講座,

²⁾北里大学大学院医療系研究科眼科学講座,

³⁾北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻

Influence of Glare on Objective Refraction and Pupil Diameter

Nanami Nakayama¹⁾, Takushi Kawamorita²⁾ and Hiroshi Uozato^{1, 2, 3)}

¹⁾Department of Visual Science, Kitasato University Graduate School of Medical Sciences

²⁾Department of Ophthalmology, Kitasato University Graduate School of Medical Sciences

³⁾Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Science

今回我々は、健常者19名19眼でグレア光が他覚的屈折値と瞳孔径に及ぼす影響について昼間視下と薄暮視下で比較検討を行った。その結果、薄暮視下のグレア光照射後、 $3.14 \pm 1.71 \text{ mm}$ の顕著な縮瞳とそれに伴う $0.11 \pm 0.24 \text{ D}$ の近視化が認められ、コントラスト感度も低下した (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$)。また、昼間視下での瞳孔変化は $1.48 \pm 0.45 \text{ mm}$ と、薄暮視下でより瞳孔は有意に縮瞳し (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$)、コントラスト感度は昼間視下に比べ薄暮視下でより大きく低下する傾向があった。このことから薄暮視下のグレア光照射において惹起された屈折の変動が、薄暮視下のグレア光照射においてよりコントラスト感度を低下させる要因となる可能性が示唆された。 (視覚の科学 28: 72-76, 2007)

キーワード: グレア, 他覚的屈折値, 瞳孔径, コントラスト感度, 薄暮視

The aim of this study was to investigate the influences of glare on objective refraction and pupil diameter under photopic and mesopic conditions. Immediately after glare light irradiation, it appeared that significant miosis and temporary myopia led to a decrease in contrast sensitivity under mesopic condition. Also, contrast sensitivity under mesopic condition decreased and pupil diameter reduced more than under photopic condition. The results suggest that glare light irradiation under mesopic condition induces miosis and temporary myopia, resulting in a decrease in contrast sensitivity. (Jpn J Vis Sci 28: 72-76, 2007)

Key Words: Glare, Objective refraction, Pupil diameter, Contrast sensitivity, Mesopic vision

1. 緒 言

グレア障害とは、眼球透光体の光の散乱により、注視している物体の網膜像のコントラストを低下させ、その像の詳細部を不明瞭にさせることである¹⁾。これまで中間透光体である水晶体混濁に起因する白

内障眼²⁾、photorefractive keratectomy や laser in situ keratomileusis などの角膜屈折矯正手術施行眼³⁾、ドライアイ⁴⁾などでグレア障害が健常眼に比べより多く認められるとの報告がある。また、とくに白内障眼に代表される薄暮視下におけるグレア障害は著しいコントラスト低下が認められ、夜間の運転時の事故

別刷請求先: 228-8555 相模原市北里1-15-1 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻 魚里 博 (2006年12月8日受理)

Reprint requests to: Hiroshi Uozato PhD, Dept of Orthoptics & Visual Science, Kitasato Univ School of Allied Health Science 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara 228-8555, Japan (Received and accepted December 8, 2007)

につながる要因として様々な研究が行われてきた³⁾。

これまで、グレア光による瞳孔径とコントラスト感度による検討を行ったものは多々ある^{4,7)}ものの、他覚的屈折値と同時検討したものはない。そこで今回我々は、グレアが他覚的屈折値と瞳孔径に及ぼす影響について検討を行った。また、昼間視下と薄暮視下について比較検討した。

2. 方法

1) 被検者

被検者は、遠見矯正視力 1.0 以上を有する屈折異常以外に眼科的および全身的疾患のない正常有志者 19 名 19 眼 (男性 4 名, 女性 15 名) とし, 年齢は 22.2 ± 2.6 歳であった。被検眼は左眼とし, ソフトコンタクトレンズによる遠方完全屈折矯正下で他覚的屈折値と瞳孔径の同時測定を行った。

2) 環境照度

測定時の環境照度は, 昼間視下として室内照度を約 350 lx, 薄暮視下としては約 20 lx に設定した。

3) 測定機器

瞳孔径および屈折値の計測は両眼開放型オートレフ WAM-5500 と解析ソフト WCS-1 (グランド精工) を用いた。本装置は解析ソフト WCS-1 を用いることで瞳孔径と他覚的屈折値 (等価球面值) の同時計測が可能である。本装置による瞳孔径と屈折値のサンプリング周波数は 5 Hz となっており, それぞれ 0.1 mm, 0.01 D 間隔で計測された。

コントラスト感度の測定は CSV-1000E (Vector Vision) を用いた。本装置は, 従来の装置の両側にグレア光源が設置されており, グレアコントラスト感度の測定が可能である。グレア光源はハロゲンランプ

を使用しており, 本検討では輝度を約 $1,800 \text{ cd/m}^2$ に設定した。また, コントラスト感度の測定は, 装置と被検者までの距離は 2.5 m とし, 瞳孔径と屈折値の測定に影響が少ないように 12 cycles/degree のみの測定とした。本装置は内部照明型で, どのような照明下でも 85 cd/m^2 にセルフキャリブレーションされる。なお, 測定されたコントラスト感度は log 値に換算した。

4) 設定

グレア光照射前の値として, 屈折値と瞳孔径は全被検者において最も波形の安定している測定開始 30 ~ 40 秒後の 10 秒間の値を使用した。この際, 同時にコントラスト感度を測定し, グレア光照射前の初期値として設定した (以下 初期値)。屈折値と瞳孔径の測定開始から 60 秒後にグレア光を照射し, 同時に測定されたコントラスト感度をグレア直後として設定した。また, グレア光照射後の屈折値と瞳孔径は, グレア光照射により両者の顕著な変化が認められた最小瞳孔径およびそのときの屈折値 10 秒間の値を採用した (以下 グレア直後)。

5) 統計解析

測定により得られた他覚的屈折値, 瞳孔径, log コントラスト感度において, 初期値とグレア直後の比較として Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。

3. 結果

1) 他覚的屈折値

昼間視下, 薄暮視下において初期値とグレア直後の他覚的屈折値を比較した。昼間視下においては, 初期値が $-0.73 \pm 0.75 \text{ D}$, グレア直後では $-0.69 \pm 0.67 \text{ D}$ と有意な変化は認められなかった (Wilcoxon 符号付順位検定, $p > 0.05$)。一方で, 薄暮視下では初

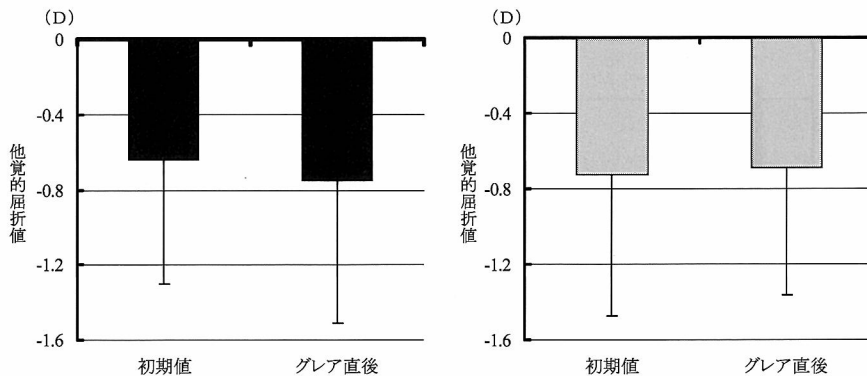


図1 他覚的屈折値
薄暮視下は黒, 昼間視下を灰色で表示

表1 各被検者における屈折値変化

(D)

| 他覚的屈折値 | | |
|--------|--------|--------|
| | 初期値 | グレア直後 |
| -0.662 | | -0.593 |
| -0.373 | | -0.631 |
| -2.309 | | -2.491 |
| 0.638 | | 0.746 |
| -0.737 | | -0.736 |
| -1.014 | | -1.060 |
| -1.808 | | -2.694 |
| -1.414 | | -1.143 |
| -0.104 | | -0.381 |
| -0.446 | | -0.583 |
| -0.064 | | -0.311 |
| -0.544 | | -0.646 |
| -0.492 | | -0.495 |
| -0.654 | | -0.752 |
| -0.123 | | -0.182 |
| -0.030 | | -0.295 |
| -0.583 | | -0.574 |
| -0.692 | | -0.672 |
| -0.748 | | -0.766 |
| 平均 | -0.640 | -0.751 |
| 標準偏差 | 0.664 | 0.758 |

初期値からグレア直後における屈折値の変化を表示

期値 -0.64 ± 0.67 D であったのに対し、グレア直後に -0.75 ± 0.76 D と有意に近視化した (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$) (図1)。各被検者の屈折値を表1に示す。

2) 平均瞳孔径

平均瞳孔径は昼間視下で、初期値 5.39 ± 0.92 mm からグレア直後 3.91 ± 0.69 mm、薄暮視下で初期値 6.50 ± 1.01 mm からグレア直後 3.91 ± 0.85 mm と両者ともに有意な縮瞳がみられた (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$)。また、昼間視下の瞳孔径変化量は 1.48 ± 0.45 mm であったのに対して薄暮視下では 2.59 ± 0.39 mm と、薄暮視下でその変化量は有意に大きかった (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$) (図2)。瞳孔径と屈折値の経時変化の代表例を図3に示す。

3) log コントラスト感度

log コントラスト感度については、初期値からグレア直後は昼間視下で 1.68 ± 0.20 から 1.47 ± 2.30 、薄暮視下で 1.68 ± 0.26 から 1.43 ± 0.38 と、昼間視下、薄暮視下ともに有意な低下がみられた (Wilcoxon 符号付順位検定, $p < 0.05$)。また、両者の変化量に有意差は認められなかった (Wilcoxon 符号付順位検定, $p > 0.05$) (図4)。結果のまとめを表2に示す。

4. 考 按

従来、コントラスト感度の測定は視機能評価として視力値よりも重要だといわれている⁶⁾。とくにグレア光を照射しコントラスト感度を測定することは、夜間運転の安全面からも注目されており、車のヘッドライトと同じハロゲンランプを用いた薄暮視下の検討もなされている⁷⁾。しかしこれまで瞳孔径、屈折

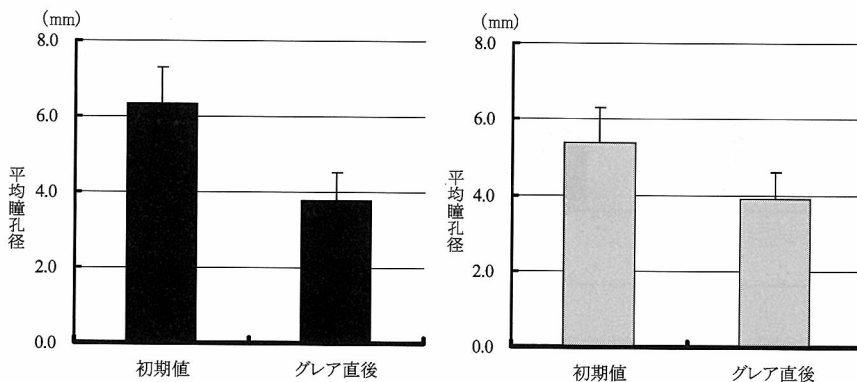


図2 平均瞳孔径
薄暮視下は黒、昼間視下を灰色で表示

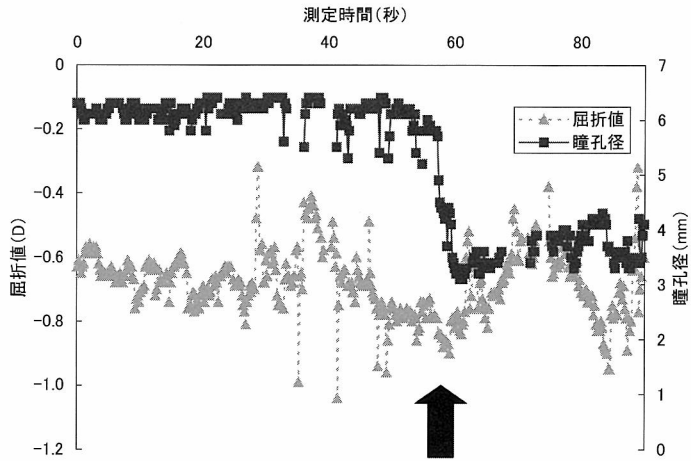


図3 屈折値と瞳孔径の経時変化(代表例)
 黒色は瞳孔径、灰色は屈折値を示す。矢印のところでグレア光を照射している。

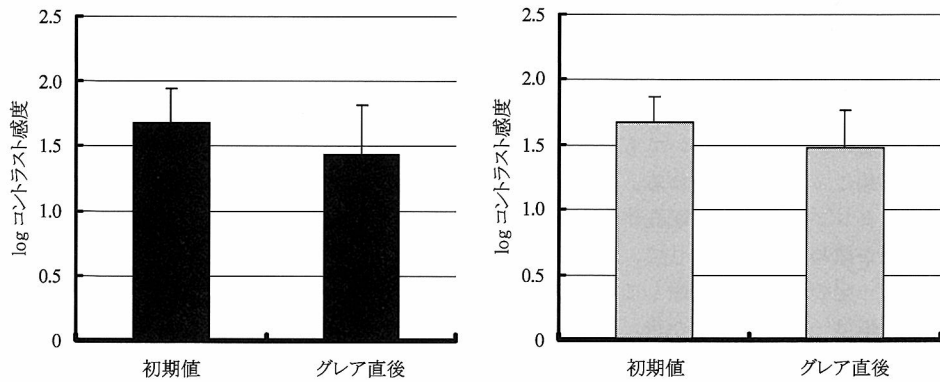


図4 log コントラスト感度
 薄暮視下は黒、昼間視下を灰色で表示

表2 昼間視下と薄暮視下におけるグレア前後の比較

| | 昼間視 | | 薄暮視 | |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| | 初期値 | グレア直後 | 初期値 | グレア直後 |
| 他覚屈折値 (D) | -0.73±0.75 | -0.69±0.67 | -0.64±0.67 | -0.75±0.76 |
| 瞳孔径 (mm) | 5.39±0.92 | 3.90±0.69 | 6.34±0.94 | 3.76±0.77 |
| log コントラスト感度 | 1.68±0.20 | 1.47±0.30 | 1.68±0.26 | 1.43±0.83 |

平均値±標準偏差

値をグレアコントラスト感度と同時測定したものは無い。そこで今回我々は、瞳孔径と他覚的屈折値を同時計測可能なWAM-5500を用い、グレア光照射による瞳孔、屈折への影響を検討した。

瞳孔は、明所においては網膜照度の調整や収差と散乱によるボケを軽減させるために縮瞳する。今回の検討において昼間視、薄暮視下ともにグレア光照射により瞳孔は縮瞳し、また薄暮視下にて有意な縮瞳が認められた。これは、先に述べた対光反応による縮瞳である。過去にも同様にグレア光により瞳孔は縮瞳するという報告がされている^{7, 8)}。薄暮視下においてより縮瞳した理由としては、グレア光照射前後での眼内入光量の差が、昼間視下と比べ薄暮視下で大きいことが挙げられる。瞳孔径は今回のようなグレア光以外にも、視標のサイズなどの影響を受けると報告されており⁹⁾、コントラスト感度測定と瞳孔径の同時計測は重要であると考えられる。

また、薄暮視下において昼間視下より有意に縮瞳し、屈折値は全被検者において屈折の変動が認められ、わずかであるが有意な近視化が認められた。正常者における瞳孔径と他覚的屈折値の経時変化を比較した土居らの報告¹⁰⁾によると、40%で両者の相関がみられるとしており、本検討においても縮瞳に伴い屈折値の変動が起こったと考えられる。また、今回多くの被検者でグレア光照射後、瞳孔が最も縮小したときに近視化が認められた。そして、瞳孔はグレア光照射中ある一定の大きさに縮瞳していたのに対し、他覚的屈折値は一度近視化した後、徐々に元の値に戻る傾向にあった。これらのことから、対光反応による縮瞳と調節系の関係性が示唆される。調節刺激に対しては調節に連動した縮瞳が認められると報告¹¹⁾されているが、そのような近見反応と光刺激による対光反応では、網膜の結像状態やその経路が異なる。このことから、今回縮瞳に伴った調節系の変動という調節刺激に対する反応とは異なった結果が得られたと考えられる。

グレア光照射によるコントラスト感度の変化についてPaulssonら¹²⁾は、薄暮視下における正常者の検討でコントラスト感度が低下したと報告している。同様に後藤ら¹³⁾は、グレア光がある場合にはコントラスト感度が低下すると報告しており、我々の検討と一致する。一方で、グレア光照射によってもコントラスト感度は変化しないという報告もある¹⁴⁾。また、視標の平均輝度が上がるとコントラスト感度も上昇

するという報告¹⁵⁾もあり、グレア光照射による他覚的屈折値の変動以外にも単眼視か両眼視下かという検査条件¹⁶⁾や瞳孔径^{7, 8)}など、様々な影響によりコントラスト感度は変化すると考えられる。

今回の検討において、薄暮視下においてグレア光照射により惹起された屈折の変動が起こり、昼間視下よりコントラスト感度が低下する傾向があった。すなわち、健常者においても、グレア光により惹起される屈折の変化がコントラスト感度を低下させる要因となる可能性が示唆された。

文 献

- 1) 魚里 博, 平井宏明^他: 眼光学の基礎. 西信元嗣編, 94-96, 金原出版, 東京, 1990.
- 2) Hill DW, Silver J et al: Trial of a laminated material to reduce glare in cataract. *Br J Ophthalmol* 63: 469-470, 1979.
- 3) Fan-Paul NI, Li J et al: Night vision disturbances after corneal refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 47: 533-546, 2002.
- 4) Puell MC, Benitez-del-Castillo JM et al: Contrast sensitivity and glare disability in patients with dry eye. *Acta Ophthalmol Scand* 84: 527-531, 2006.
- 5) Babizhayav MA: Glare disability and driving safety. *Ophthalmic Res* 35: 19-25, 2003.
- 6) Arden GB: The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Br J Ophthalmol* 62: 198-209, 1978.
- 7) Schmitz S, Dick HB et al: Contrast sensitivity and glare disability by halogen light after monofocal and multifocal lens implantation. *Br J Ophthalmol* 84: 1109-1112, 2000.
- 8) 関本紀子, 阿曾沼早苗^他: グレア光照射の瞳孔径及び、コントラスト感度に与える影響. *日本視能訓練士協会誌* 32: 109-114, 2003.
- 9) Vizmanos JG & de la Fuente I: Influence of surround illumination on pupil size and contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt* 24: 464-468, 2004.
- 10) 土居紀子, 佐藤百合子^他: 瞳孔径と屈折度との関係. *眼紀* 34: 1547-1551, 1983.
- 11) 村松知幸, 奥山文雄: 近見反応における調節と瞳孔の関係. *眼科学* 6: 75-79, 1985.
- 12) Paulsson LE & Sjostrand J: Contrast sensitivity in the presence of a glare light. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 19: 401-406, 1980.
- 13) 後藤浩也, 前田直之^他: Mesotest IIを用いた薄暮時コントラスト感度の測定. *視覚の科学* 24: 41-46, 2003.
- 14) Hirsch RP, Nadler MP et al: Clinical performance of a disability glare tester. *Arch Ophthalmol* 102: 1633-1636, 1984.
- 15) Patel AS: Spatial resolution by the human visual system. The effect of mean retinal illuminance. *J Opt Soc Am* 56: 689-694, 1966.
- 16) 魚里 博, 川守田拓志: 両眼視と単眼視下の視機能に及ぼす瞳孔径と収差の影響. *あたらしい眼科* 22: 93-95, 2005.

クロセチン高含有クチナシ抽出物による眼精疲労改善効果

梶田雅義¹⁾, 海貝尚史²⁾, 仲野隆久³⁾, 天野浩之³⁾, 竹野隆太³⁾, 梶本修身⁴⁾

¹⁾梶田眼科, ²⁾理研ビタミン株式会社, ³⁾株式会社総合医科学研究所,

⁴⁾大阪外国語大学保健管理センター

Effect on Asthenopia of High-Crocetin-Content *Gardenia Jasminoides* Ellis Extraction

Masayoshi Kajita¹⁾, Naofumi Umigai²⁾, Takahisa Nakano²⁾, Hiroyuki Amano³⁾,
Ryuta Takeno³⁾ and Osami Kajimoto⁴⁾

¹⁾Kajita Eye Clinic, ²⁾Riken Vitamin Co., Ltd., ³⁾Soiken Inc.,

⁴⁾Center for Health Care, Osaka University of Foreign Studies

クロセチンを高含有するクチナシ抽出物の眼精疲労改善効果を検証するため、調節微動高周波成分の出現頻度 (high frequency component : HFC) を用いて、ヒトを対象とした試験を実施した。試験は眼精疲労症状を自覚している者13名26眼を対象とし、摂取期間4週間の、プラセボ対照二重盲検クロスオーバー比較試験で実施した。試験食の摂取前後において、Advanced Trail Making Test を用いた精神負荷作業を伴う visual display terminal 負荷をかけ、その負荷の前後および安静後における HFC 値を測定した。優位眼での差分値解析の結果、クチナシ抽出物摂取後に安静後の HFC 値が有意に減少していた。また、自覚アンケートにおいても眠りの深さが有意に改善した。これらの結果より、クロセチン高含有クチナシ抽出物は、眼精疲労を改善する効果を有することが示唆された。
(視覚の科学 28: 77-84, 2007)

キーワード：眼精疲労，クチナシ，クロセチン，調節微動高周波成分出現頻度 (HFC)，
精神検査方法および精神機能検査装置 (ATMT)

We conducted an examination using high frequency component (HFC) to investigate the effect on asthenopia of high-crocetin-content *Gardenia Jasminoides* Ellis extraction. The examination comprised a 4-week ingestion, double-blind, placebo-controlled, cross-over study of 26 eyes of 13 adults with a subjective symptoms of asthenopia. We measured HFC value before and after the Advanced Trail Making Test (ATMT), which involves visual display terminal (VDT) work with mental stress, after rest, and before and after test food intake. In dominant eye analysis, the HFC value after rest decreased significantly in the *Gardenia Jasminoides* Ellis extraction group. The consciousness questionnaire showed that sleep quality was significantly improved. These results indicate that high-crocetin-content *Gardenia Jasminoides* Ellis extraction is effective in improving asthenopia.
(Jpn J Vis Sci 28: 77-84, 2007)

Key Words: Asthenopia, *Gardenia Jasminoides* Ellis, Crocetin, High frequency component (HFC),
Advanced Trail Making Test (ATMT)

別刷請求先：102-0083 東京都千代田区麹町5-1 弘済会館ビル3階 理研ビタミン(株) 海貝尚史
(2006年10月26日受理)

Reprint requests to: Naofumi Umigai Riken Vitamin Co., Ltd.
3F Kousaikaikan Bldg. 5-1 Koji-machi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0083, Japan
(Received and accepted October 26, 2006)

1. 緒 言

眼精疲労とは、眼を持続的に使ったとき、健常者では疲れない程度でも疲れて、眼の重圧感、頭重感、視力低下、ときには複視などを訴え、甚だしいときには悪心・嘔吐まで来す状態を指す¹⁾。眼精疲労の原因としては、副交感神経の異常興奮による毛様体筋の調節緊張に主因があると考えられている^{2, 3)}。毛様体筋は自律神経系の支配を受けるため、情動性の精神心理的刺激も調節に影響を及ぼす。視作業や視覚情報処理にメンタルストレスや認知要求 (cognitive demand) などの負荷が加味された場合には、調節は更に緊張する方向へと反応するとされる報告⁴⁻⁷⁾もあり、精神疲労も深くかかわっていると考えられる。

我々はこれまでに毛様体筋の緊張と調節機能の相関に着目し、調節微動高周波成分の出現頻度 (high frequency component 以下 HFC) を測定することで、他覚的な調節機能の測定が可能であることを見出し、調節機能解析装置を開発した⁸⁻¹⁰⁾。眼の疲労症状を訴える被験者の HFC は、症状を訴えていない被験者と比較すると、調節負荷が少ない状態でも高値を示すことがわかっている¹⁰⁾。HFC の変動を調べることで、毛様体筋の緊張度合いを知ることができることから、眼精疲労の評価にも適していると考えられる。

クチナシの色素成分であるクロセチンには、抗酸化作用^{12, 13)}、血流改善作用¹⁴⁾、抗炎症作用¹⁵⁾などが報告されており、毛様体筋の緊張を緩和する可能性が考えられた。そこで今回、クチナシ抽出物に含まれるクロセチンが、眼精疲労症状に対して改善効果を有するか否かを調べるため、調節機能解析装置を用いたヒト試験を行い、HFC による評価を行った。

2. 対象および方法

1) 対象

対象となる被験者は、総合医科学研究所の被験者バンクに登録している有償ボランティアのなかから、本試験への参加を自発的に志願した、眼精疲労の自覚がある25歳以上40歳以下の男女とした。試験開始前に実施した予備試験において、視力 (矯正視力) 検査、オートレフラクトメータによる他覚的屈折検査、医師による診察 (細隙灯顕微鏡検査および眼底検査) および問診 (慢性的な眼の疲れや、それに付随した頭痛、肩こりなどの自覚症状の有無) を行い、眼精疲労であると判断された13名 (男性4名、女性

9名) を選定した。ただし、試験開始前のアンケート調査を参考とし、表1の除外基準にあてはまる者は選定対象から除外した。

この13名26眼の visual display terminal (以下 VDT) 負荷後の HFC-1 値 (後述) および調節反応量を測定し、外部機関であるスタットコム株式会社が、年齢、性別、HFC-1 値、調節反応量の背景が揃うように2群に割付を行った ($p>0.2$)。被験者の眼位は全員正位であり、年齢 33.0 ± 5.0 歳、球面屈折値 -2.1 ± 2.1 D ($0.00 \sim -5.75$ D に分布)、円柱屈折値 -0.49 ± 0.28 D であった。また、検査習得時に医師が hole in card 法および問診により優位眼と判断した13眼を各被験者の優位眼とした。優位眼における球面屈折値は -2.2 ± 2.1 D、円柱屈折値は -0.52 ± 0.24 D であり、非優位眼における球面屈折値は -1.9 ± 2.2 D、円柱屈折値は -0.46 ± 0.32 D であった。本試験では各眼にそれぞれ処置を行ったのではなく、被験者ごとの変動を調べているため、被験者数 = n とした。

なお、本試験は、総合医科学研究所および総医研クリニック合同臨床試験審査委員会の承認の下に行われ、ヘルシンキ宣言の主旨に従い、被験者に対しては研究内容、方法などについて十分な説明を行い、文書による同意を得て実施した。

2) 試験食

本試験食は、理研ビタミン株式会社より提供された、クロセチンを高含有するクチナシ抽出物 (クロセチン含量75%以上) を10mg含むハードカプセル (以下 被験食) および、クチナシ抽出物を含まない、

表1 被験者の除外基準

-
- ・食品アレルギーの既往歴のある者
 - ・眼瞼内反症や睫毛乱生症のある者
 - ・器質的眼疾患のある者
 - ・医薬品を投与されている者あるいは自ら常飲している者
 - ・眼精疲労に影響のあるとされている健康食品を自ら常飲している者
 - ・本試験開始前に他の臨床試験に参加中の者
 - ・食生活が乱れている者
 - ・乱視測定値が ≥ 1.25 D以上の者
 - ・睡眠が十分でない者
 - ・暴飲暴食が認められる者
 - ・試験責任医師または試験分担医師により参加が不適当と判断された者
-

外見上識別不能な対照カプセル（以下 プラセボ）とした。各試験食の原料組成を表2に示した。また、試験実施前に、被験食とプラセボは官能面や性状において区別がつかないことを確認した。また、試験食は被験者ごとに乱数を割り付けたコードを使用して配布し、試験が終了して、脱落・除外検討が終了するまでstattコム株式会社にて厳重にキーを保管した。

3) 摂取方法とスケジュール

試験は、無作為割付による二重盲検法を採用したクロスオーバー2群間比較試験とした。試験期間は、第1試験区の試験食摂取期間を4週間、wash out期間を6週間、第2試験区の試験食摂取期間を4週間と設定した。第1試験区の開始は11月5日、第2試験区の終了は2月11日であった。第1試験区および第2試験区の摂取期間の前後にVDT負荷試験を実施した。試験の流れを図1に示す。なお、被験者には試験食を毎日摂取することを除いて、それまでの睡眠時間、食生活、喫煙および運動などの日常生活を変えないように指導した。

表2 試験食の原料組成（1カプセル(180mg)当たり

| | mg | |
|------------------------|-----|------|
| | 被験食 | プラセボ |
| クチナシ抽出物 | 10 | 0 |
| デキストリン | 170 | 180 |
| 合計 | 180 | 180 |
| 1カプセル中に含まれる関与成分(クロセチン) | 7.5 | 0 |

4) 検査項目

(1) 眼精疲労検査

各検査日に、調節機能解析装置 AA-1 (NIDEK 社製) を用いて HFC を測定した。HFC の算出は、測定ごとに計測する最低屈折値を基準に、+0.5~−3.0D の間で、遠方から近方に 0.5D ステップで視標の呈示位置を近づけ、調節応答波形を計測する。得られた波形を、高速フーリエ変換を用いて周波数分析を行い、パワースペクトル曲線（以下 PS 曲線）を求めた。この PS 曲線から周波数 1.0~2.3 Hz の区間の平均パワースペクトルを求め、HFC とした。本試験では、被験眼の最低屈折値から −0.75D までの範囲のフラクシオンを HFC-1 領域とし、HFC-1 領域のフラクシオンにおける HFC 値の平均値を眼精疲労測定の指標とした^{11, 10)}。

また、この装置は同時に調節反応量も測定することが可能であるため、同時に調節反応量も測定した。本試験では、調節負荷 +0.50~−3.00D の範囲で検出された最低屈折値と最高屈折値との差を調節反応量として評価した。

HFC-1 および調節反応量の測定は、VDT 負荷の前後および安静後の計 3 回行い、VDT 負荷前後および安静前後における変化量を調べた（図2）。VDT 負荷前後、および安静前後の HFC-1 変化量を調べることで毛様体筋の緊張の増減を、調節反応量変化量を調べることで調節力の増減を調べた。VDT 負荷としては Advanced Trail Making Test¹⁷⁾（精神検査方法および精神機能検査装置 以下 ATMT）を用いた 1 時間の負荷作業とした。今回試験に用いた ATMT は、ノートパソコン上の画面にランダムに表示される 26 個の

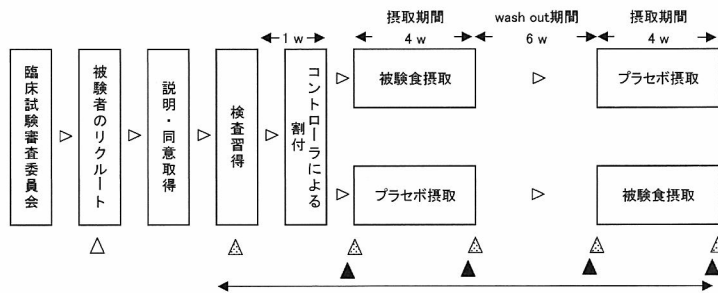


図1 試験スケジュール

- △：視力検査，オートレフラクトメータによる他覚的屈折検査・調節力測定，身長・体重，問診
- ▲：Visual display terminal (VDT) 負荷を伴う high frequency component (HFC) 測定，カルテアンケート，体重，問診
- ▲：日誌アンケート（検査日前日に前3日間の自覚症状について記入）
- ↔：食事内容，飲酒量，運動量などの日誌記載

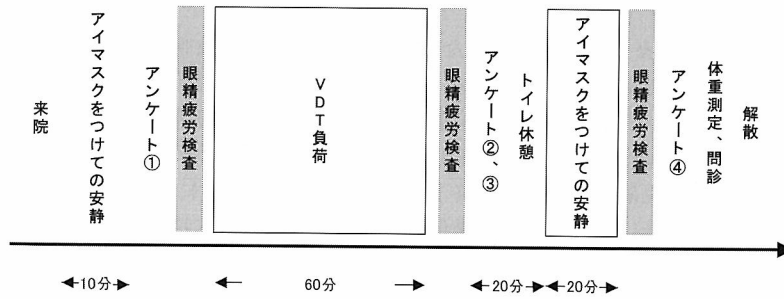


図2 検査当日の流れ

表3-1 カルテアンケート項目

| | |
|--------------------------|---|
| ①眼は疲れやすいですか? | 1.非常に疲れやすい 2.疲れやすい 3.時々疲れる 4.あまり疲れれない 5.全く疲れれない |
| ②ATMTは楽しかったですか? | 1.つまらなかった 2.あまり楽しくなかった 3.少しは楽しめた 4.楽しかった 5.非常に楽しかった |
| ③ATMTで眼が疲れたような気がしますか? | 1.非常に疲れた 2.疲れた 3.少し疲れた 4.あまり疲れれない 5.全く疲れれない |
| ④休息後に眼の疲れが回復したような気がしますか? | 1.かえって疲れが増した 2.全く変わらない 3.あまり変わらない 4.少し回復した 5.回復した 6.非常に回復した |

ATMT : Advanced Trial Making Test

表3-2 日誌アンケート項目

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|-------------|------------|-----|--------------|-------------|
| 1. 眼が疲れる | とても疲れている | やや疲れている | ふつう | あまり疲れていない | 全然疲れていない |
| 2. 眼がいたむ | とてもいたむ | 少しいたむ | ふつう | あまりいたみを感じない | 全くいたみを感じない |
| 3. 眼がかすむ | とてもかすむ | ややかすむ | ふつう | あまりかすみを感じない | 全くかすみを感じない |
| 4. 眼が乾く | とても眼が乾く | やや眼が乾く | ふつう | あまり眼が乾かない | 全く眼が乾かない |
| 5. 眼が赤くなる | よく赤くなる | 時々赤くなる | ふつう | あまり赤くならない | ほとんど赤くならない |
| 6. ものがちらついて見える | とてもちらついて見える | ややちらついて見える | ふつう | あまりちらついて見えない | 全くちらついて見えない |
| 7. ものが二重に見える | とても二重に見える | やや二重に見える | ふつう | あまり二重に見えない | 全く二重に見えない |
| 8. 肩・腰がこる | とてもこる | ややこる | ふつう | あまりこらない | 全くこらない |
| 9. いらいらする | とてもいらいらする | ややいらいらする | ふつう | あまりいらいらしない | 全然いらいらしない |
| 10. 頭が重い | とても重い | やや重い | ふつう | あまり重くない | 全く重くない |
| 11. 頭が痛い | とてもいたむ | 少しいたむ | ふつう | あまりいたみを感じない | 全くいたみを感じない |
| 12. 眼りの深さ | とても浅い | やや浅い | ふつう | やや深い | とても深い |

アルファベットのうち、Rのみを選択的にマウスで延々とクリックする探索作業であり、視覚的負荷のみならず、精神的負荷をかけることができる。このとき、被験者は眼鏡およびコンタクトレンズは外し、完全矯正に-0.5D 負荷したレンズを試験枠に装着して作業を行った。VDT 負荷後の安静は、トイレ休憩時間の後に被験者をリクライニングベッドに移動させ、アイマスクを装着して20分間休息させた。その際、小さな音量でクラシック音楽を流した。ただし、睡眠は禁止した。AA-1 による測定は右眼、左眼の順で行い、測定に使用した機器は全試験を通して、被験者ごとで同じ機体を割り振って使用した。なお、

右眼での測定の影響が左眼の測定時にあらわれないよう、右眼の測定が終わってから左眼の測定に入るまでに、30秒の休憩時間を入れた。

更に探索的調査として、優位眼における HFC-1 変化量の、摂取前後での変動眼数についても調査した。

(2) カルテアンケート

各検査日の VDT 負荷前後、および VDT 負荷終了60分後に、自覚症状についてアンケートに記入させた。アンケートの項目を表3-1に示した。

(3) 日誌アンケート

各検査日前3日間の自覚症状について、検査日前日にアンケートに記入させた。アンケートの項目を表3-2

表4 眼精疲労検査

| 項目 | 試験食群 | n | VDT負荷前後の変化量 | | 安静前後の変化量 | | |
|--------------|------|------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|
| | | | 摂取前 | 摂取後 | 摂取前 | 摂取後 | |
| HFC-1 変化量 | 左右平均 | 被験食 | 13 | -0.27 ± 4.71 | 0.61 ± 5.61 | 0.72 ± 4.44 | -1.10 ± 3.45 † |
| | | プラセボ | 13 | 0.05 ± 4.88 | 0.22 ± 5.49 | 2.14 ± 3.19 | 0.13 ± 4.60 |
| | 優位眼 | 被験食 | 13 | -1.63 ± 5.53 | 1.43 ± 9.23 | 1.63 ± 5.99 | -2.91 ± 5.46 *)## |
| | | プラセボ | 13 | 1.09 ± 5.32 | -0.05 ± 6.80 | 3.78 ± 6.68 | 0.48 ± 7.25 |
| 調節反応量変化量 (D) | 左右平均 | 被験食 | 13 | -0.16 ± 0.36 | -0.14 ± 0.58 | 0.14 ± 0.32 | 0.03 ± 0.70 |
| | | プラセボ | 13 | -0.13 ± 0.34 | -0.31 ± 0.42 | 0.21 ± 0.39 | 0.26 ± 0.32 |
| | 優位眼 | 被験食 | 13 | -0.28 ± 0.56 | 0.04 ± 0.89 | 0.15 ± 0.54 | -0.02 ± 1.07 |
| | | プラセボ | 13 | -0.16 ± 0.65 | -0.42 ± 0.56 | 0.38 ± 0.52 | 0.32 ± 0.36 |

HFC : high frequency component, VDT : visual display terminal

数値は、平均値 ± 標準偏差

摂取前との比較 : † p<0.1, * p<0.05 (対応ある t 検定)

試験食群間比較 : ## p<0.01 (対応ある t 検定)

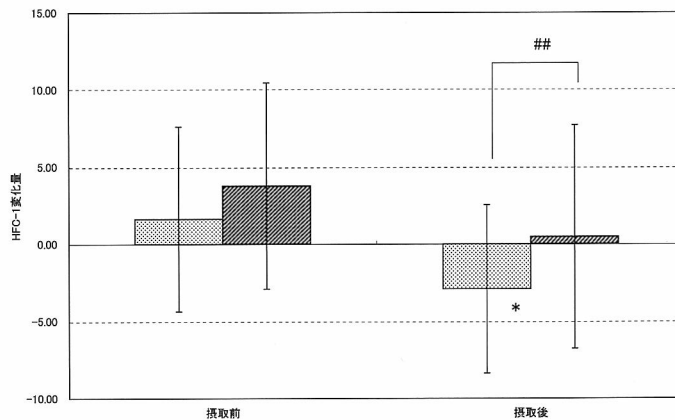


図3 安静前後の変化量 (優位眼)

摂取前との比較 : * p<0.05

試験食群間の比較 : ## p<0.01

□ : 被験食, ▨ : プラセボ

表5 優位眼での変動眼数

| 項目 | 試験食群 | | VDT負荷前後の変化量 | | 安静前後の変化量 | |
|--------------|------|----|-------------|-----|----------|-----|
| | | | 摂取前 | 摂取後 | 摂取前 | 摂取後 |
| HFC-1 変化量 | 被験食 | 増加 | 4 | 6 | 7 | 3 |
| | | 減少 | 9 | 7 | 6 | 10 |
| | プラセボ | 増加 | 6 | 6 | 9 | 9 |
| | | 減少 | 7 | 7 | 4 | 4 |
| 調節反応量変化量 (D) | 被験食 | 増加 | 4 | 6 | 8 | 9 |
| | | 減少 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| | プラセボ | 増加 | 5 | 3 | 11 | 11 |
| | | 減少 | 8 | 10 | 2 | 2 |

数値は優位眼の数

表6 カルテアンケート

| 検査項目 | 試験食群 | n | 摂取前 | 摂取後 |
|--------------------------|------|----|-----------|-------------|
| ①眼は疲れやすいですか? | 被験食 | 13 | 1.6 ± 0.7 | 1.8 ± 0.8 † |
| | プラセボ | 13 | 1.8 ± 0.7 | 2.0 ± 1.0 |
| ②ATMTは楽しかったですか? | 被験食 | 13 | 2.8 ± 0.8 | 3.1 ± 0.9 † |
| | プラセボ | 13 | 3.1 ± 1.0 | 3.0 ± 1.2 |
| ③ATMTで眼が疲れたような気がしますか? | 被験食 | 13 | 2.2 ± 1.1 | 2.1 ± 1.2 |
| | プラセボ | 13 | 2.5 ± 1.1 | 2.4 ± 1.0 |
| ④休息後に眼の疲れが回復したような気がしますか? | 被験食 | 13 | 4.1 ± 0.9 | 3.9 ± 1.3 |
| | プラセボ | 13 | 4.1 ± 1.0 | 4.4 ± 0.8 |

数値は、平均値 ± 標準偏差

摂取開始日との比較 : † p<0.1 (Wilcoxon の符号付順位検定)

試験食群間の比較 : +p<0.1 (Wilcoxon の符号付順位検定)

表7 日誌アンケート

| 検査項目 | 試験食群 | n | 摂取前 | 摂取後 |
|----------------|------|----|---------------|-------------|
| 1. 眼が疲れる | 被験食 | 13 | 1.8 ± 0.7 | 2.1 ± 0.9 |
| | プラセボ | 13 | 1.9 ± 0.6 | 2.0 ± 0.9 |
| 2. 眼がいたむ | 被験食 | 13 | 3.4 ± 1.2 | 3.2 ± 1.1 |
| | プラセボ | 13 | 3.2 ± 1.1 | 3.5 ± 1.1 |
| 3. 眼がかすむ | 被験食 | 13 | 3.0 ± 1.1 | 2.9 ± 1.1 |
| | プラセボ | 13 | 3.0 ± 1.0 | 3.1 ± 1.2 |
| 4. 眼が乾く | 被験食 | 13 | 2.2 ± 0.9 | 2.5 ± 1.3 |
| | プラセボ | 13 | 2.0 ± 0.8 | 2.5 ± 1.0 † |
| 5. 眼が赤くなる | 被験食 | 13 | 2.9 ± 1.1 | 3.2 ± 1.1 |
| | プラセボ | 13 | 2.5 ± 1.3 } # | 2.8 ± 1.2 |
| 6. ものがちらついて見える | 被験食 | 13 | 3.2 ± 1.1 | 3.7 ± 1.3 |
| | プラセボ | 13 | 3.5 ± 1.4 | 3.6 ± 1.3 |
| 7. ものが二重に見える | 被験食 | 13 | 3.2 ± 1.2 | 3.6 ± 1.3 |
| | プラセボ | 13 | 3.3 ± 1.3 | 3.5 ± 1.3 |
| 8. 肩・腰がこる | 被験食 | 13 | 1.8 ± 0.7 | 2.0 ± 0.9 |
| | プラセボ | 13 | 1.8 ± 0.7 | 1.9 ± 0.5 |
| 9. いらいらする | 被験食 | 13 | 2.8 ± 0.9 | 3.0 ± 1.0 |
| | プラセボ | 13 | 2.8 ± 0.8 | 2.9 ± 1.0 |
| 10. 頭が重い | 被験食 | 13 | 2.6 ± 0.9 | 2.8 ± 1.0 |
| | プラセボ | 13 | 2.9 ± 1.1 | 2.6 ± 1.0 |
| 11. 頭が痛い | 被験食 | 13 | 3.2 ± 0.7 | 3.4 ± 1.0 |
| | プラセボ | 13 | 3.2 ± 0.9 | 3.0 ± 1.0 |
| 12. 眠りの深さ | 被験食 | 13 | 2.5 ± 0.7 | 2.9 ± 1.0 * |
| | プラセボ | 13 | 2.7 ± 0.9 | 2.7 ± 0.9 |

数値は、平均値 ± 標準偏差

摂取開始日との比較：† p<0.1, *p<0.05 (Wilcoxon の符号付順位検定)

試験食群間の比較：#p<0.05 (Wilcoxon の符号付順位検定)

に示した。

(4) 医師による診察および問診

各検査日の全検査終了後に、医師による診察および問診を行い、眼の疲れ具合、肩の凝り具合、嘔吐、頭痛などの自覚症状や、その他の有害事象の出現について調査した。

(5) 食事内容、飲酒量、運動量などの日誌記載

試験期間中の食事内容、飲酒量、運動量、排便などについて日誌に記載させ、生活習慣に変更がないことを確認する指標として用いた。

5) 統計処理

HFC 変化量の試験食群間比較、ならびに試験食摂取前後の比較については、正規分布していることを確認した上で、対応のある t 検定を実施した。また、HFC 変化量の優位眼における解析も行った。

カルテアンケートおよび日誌アンケートの摂取前後の比較および試験食群間での比較は Wilcoxon の符号付順位検定を実施した。

なお、統計ソフトは SPSS Ver. 11.5 (SPSS 社製) を使用し、いずれの検定においても有意水準は両側検定で 5% 未満とした。

3. 結 果

1) 眼精疲労検査

(1) HFC-1 変化量

安静前後の変化量において、被験食群で摂取後に左右平均で低下の傾向が、優位眼において有意な低下 (摂取前 1.63 ± 5.99, 摂取後 -2.91 ± 5.46 : p<0.05) が認められた (表 4, 図 3)。また群間比較において、摂取後に優位眼で被験食群がプラセボ群より有意に低下 (被験食群 -2.91 ± 5.46, プラセボ群 0.48 ± 7.25 : p<0.01) していたことが認められた。

(2) 調節反応量変化量

摂取前後の比較および群間での比較において、有意な差は認められなかった (表 4)。

(3) 優位眼での HFC-1 変化量変動眼数

安静前後の優位眼における HFC-1 変化量において、被験食群では摂取前は安静後増加 7 眼、減少 6 眼であったのに対し、摂取後に増加 3 眼、減少 10 眼と推移していた。プラセボ群では摂取前、摂取後ともに増加 9 眼、減少 4 眼であった (表 5)。

2) カルテアンケート

摂取前後の比較および群間での比較において、有

意な差は認められなかった(表6)。

3) 日誌アンケート

摂取前後の比較において摂取後に、「12. 眠りの深さ」の被験食群で有意な上昇 ($p<0.05$) が認められた(表7)。また群間での比較において、「5. 眼が赤くなる」の摂取前に、被験食群がプラセボ群より有意に高値 ($p<0.05$) であった。

4) 有害事象および生活習慣

試験期間中に試験食が原因で起こったと思われる有害事象は認められなかった。また、試験期間中に大きな生活習慣の変化が認められた被験者はいなかった。

4. 考 察

クチナシ(学名:*Gardenia Jasminoides* Ellis)はアカネ科の常緑灌木で、その色素は古来より飲食物の着色に用いられている。クチナシ色素の主成分は黄色を呈する水溶性色素のクロシン、およびクロシンが加水分解されてできたクロセチンである。クロシンは経口で摂取した場合、アグリコンのクロセチンとして血中に存在することが報告されている¹⁸⁾。カロテノイドの一種であるクロセチンには抗酸化作用^{12, 13)}、血流改善作用¹⁴⁾、抗炎症作用¹⁵⁾などが報告されている。また、ラットを用いた試験において、間接的にはあるものの、血液-脳関門を通過する可能性も示唆されている¹⁹⁾。上記より、クロセチンが直接的に毛様体筋の緊張を緩和する可能性が考えられた。

我々が開発した調節機能解析装置は、毛様体筋の緊張状態とHFCの相関に着目した装置で、他覚的に毛様体筋の緊張を定量化することができる^{11, 20)}。そこで、クロセチンの眼精疲労改善効果について、VDT負荷作業によるHFCの変化を用いて評価試験を行うことにした。

眼精疲労には精神的な疲労も関与していると考えられている^{4,7)}ことから、VDT負荷としては視覚的な負荷だけでなく、精神的な負荷もかけることのできるATMTを用いた。また、今回の試験では、最低屈折値から -0.75 Dまでの範囲(HFC-1領域)のHFC値(以下HFC-1値)を眼精疲労の指標とした。これは、視標が近方に近づき、調節負荷が大きくなると、調節異常の場合を除いてHFC値は一様に高くなってしまうため、HFC値を用いた比較が困難になるためである。

なお、HFC-1値は前日の睡眠不足や、当日の精神

状態、体調、気温や天候などにより変化する可能性があるため、今回のようなVDT負荷および休息によるHFC-1値の変動を観察する試験の場合、VDT負荷後にどれだけHFC-1値が上昇するか、また安静後にどれだけ下降するかといった変化量を用いた差分値解析を行う必要があると考えられる。

安静前後におけるHFC-1変化量の左右平均での解析において、有意ではないものの、被験食群で摂取後に改善の傾向がみられた($p=0.062$) (表4)。また、より酷使したと推測される優位眼での解析においては、摂取後に有意な改善が認められ、群間でも有意な差が確認された(図3)ことから、被験食群でVDT作業によって生じた毛様体筋の緊張を素早く緩和したことがわかった。眼精疲労を訴える人の多くは、慢性的に眼が疲れた状態が持続し、HFC-1値を測定すると、健常人よりも高い値が計測される¹¹⁾。また、VDT負荷作業を行い、負荷がかかった後に休息時間を与えても、依然としてHFC-1の値が回復しないどころか、休息時間後にかえって眼の疲れが増加することを確認している²⁰⁾。優位眼において安静前後のHFC-1変化量が変動した眼数を調べたところ、被験食群において摂取後にHFC-1変化量が減少した眼数が大きく増加しており、眼精疲労症状を緩和したものと考えられる。今回の試験ではn数が13と少なかつたため、HFC-1変化量の左右平均での解析では有意な差はみられなかったものの、優位眼における解析では摂取前後の比較および群間比較において有意な改善が認められ、クチナシ抽出物の連続摂取は、安静後における緊張状態の緩和を促すことが示唆された。上記結果の作用機序としては、クロセチンの抗酸化作用、抗炎症作用により、直接的に毛様体筋を栄養している微小循環動態を改善することによって、毛様体筋の緊張を緩和したものと考えられる。

調節反応量の測定では摂取前後の比較においても、群間の比較においても有意な差は認められなかった。HFC-1で有意な差が検出されたのに対して、調節反応量では有意差を認められなかったのは、調節力の測定では被験者が視標を見ようとする努力のわずかな差が測定結果に反映されてしまうため²¹⁾、調節機能に著しい差がない場合には、 -3 D程度の軽い調節負荷では被験者の調節努力の揺らぎに埋もれてしまった可能性がある。また、今回対象とした40歳以下の被験者では、調節反応量で変化を観察するには調節負荷が軽すぎた可能性も考えられる。

日誌アンケートにおいて、被験食群で摂取後に有意に改善が確認された項目として眠りの深さがある。長時間のVDT作業に従事している人は、身体的・精神的な症状と同時に、入眠障害や中途覚醒、早朝覚醒といった睡眠障害を自覚しているという報告もある²⁹⁾。眠りが深くなることで睡眠の質が向上すると、身体的および精神的な疲労感は改善すると考えられる。本試験結果からは眼の疲れに関して、HFC-1では有意な改善が認められたのに対し、自覚症状においては有意な改善は認められなかった。本試験ではn数が13と少なく、自覚症状の評価を5段階、もしくは6段階の評価で行ったため、自覚症状では結果がみえにくくなった可能性も考えられる。

現在では、眼精疲労症状を訴える人に対して、点眼による毛様体筋の緊張緩和や涙量調節などの治療を行っている。今回の試験結果より、クロセチンを高含有したクチナシ抽出物の連続摂取は、VDT作業によって生じる毛様体筋の緊張に対して、安静による緩和を促し、毛様体筋が慢性的な緊張状態に陥るのを防ぐ可能性が示唆された。また、深い睡眠をとることで身体的のみならず、精神的疲労が改善した可能性も示唆される。これらのことから、クロセチンは眼精疲労状態を改善し、また眼精疲労症状に陥りにくくする効果を有することが示唆された。

謝 辞

総合医科学研究所の公募に応じて、本試験にご参加下さった被験者の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) 所 敬, 吉田晃敏: 現代の眼科学. 改訂第9版, 53-54, 金原出版, 東京都, 2006.
- 2) 西山文子: VDT作業が調節機能に及ぼす影響について. 日眼会誌 96: 209-216, 1992.
- 3) Nakamura Y: Measurement of papillary unrest in eye-strain. *Jpn J Ophthalmol* 40: 533-539, 1996.
- 4) Bullimore MA, Gilmartin B & Royston JM: Steady-state accommodation and ocular biometry in late-onset myopia. *Doc Ophthalmol* 80: 143-155, 1992.
- 5) Iwasaki T: Effects of a visual task with cognitive demand on dynamic and steady-state accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 13: 285-290, 1993.
- 6) Wolffsohn JS, McBrien NA et al: The influence of cognition and age on accommodation, detection rate and response times when using a car head-up display (HUD). *Ophthalmic Physiol Opt* 18: 243-253, 1998.
- 7) Wolffsohn JS, Edgar GK et al: Does over-accommodation occur when using aircraft head-up display? *Aviat Space Environ Med* 70: 666-673, 1999.
- 8) 梶田雅義: 調節微動を追って. 治療 80: 3168-3170, 1998.
- 9) 梶田雅義: 調節微動の臨床的意義. 視覚の科学 16: 107-113, 1995.
- 10) 梶田雅義: 調節応答と微動. 眼科 40: 169-177, 1998.
- 11) 鈴木説子, 梶田雅義, 加藤桂一郎: 調節微動の高周波成分による調節機能の評価. 視覚の科学 22: 93-97, 2001.
- 12) Hsu JD, Chou FP et al: Suppression of the TPA-induced expression of nuclear-protooncogenes in mouse epidermis by crocetin via antioxidant activity. *Anticancer Res* 19: 4221-4227, 1999.
- 13) Tseng TH, Chu CY et al: Crocetin protects against oxidative damage in rat primary hepatocytes. *Cancer Lett* 20: 61-67, 1995.
- 14) Xuan B, Zhou YH et al: Effects of crocin analogs on ocular blood flow and retinal function. *J Ocul Pharmacol Ther* 15: 143-152, 1999.
- 15) Nagaki Y, Hayasaka S et al: Effects of oral administration of *Gardenia fructus* extract and intravenous injection of crocetin on lipopolysaccharide- and prostaglandin E₂-induced elevation of aqueous flare in pigmented rabbits. *Am J Chin Med* 31: 729-738, 2003.
- 16) 梶田雅義, 高橋奈々子, 高橋文男: 調節負荷とドライアイー関係の可能性について. 視覚の科学 25: 40-45, 2004.
- 17) 梶本修身: ATMTを用いた疲労定量化法の開発. 疲労と休養の科学 18: 13-19, 2003.
- 18) Asai A, Nakano T et al: Orally administered crocetin and crocins are absorbed into blood plasma as crocetin and its glucuronide conjugates in mice. *J Agric Food Chem* 7: 7302-7306, 2005.
- 19) Ahmad AS, Ansari MA et al: Neuroprotection by crocetin in a hemi-parkinsonian rat model. *Pharmacol Biochem Behav* 81: 805-813, 2005.
- 20) 高橋奈々子, 加藤未央, 梶田雅義: IT機器使用後の休息と調節機能変化. 視覚の科学 25: 78-81, 2004.
- 21) 丸尾敏夫: 眼科検査法ハンドブック. 第3版, 62-65, 医学書院, 東京都, 1999.
- 22) Nakazawa T, Okubo Y et al: Association between duration of daily VDT use and subjective symptoms. *Am J Ind Med* 42: 421-426, 2002.