
総 説

屈折, 調節について

所 敬

東京医科歯科大学

要 約

眼科の主たる目的は視機能が回復して Quality of Vision (QOV) が向上することにある。視機能のうちで最も大切なのは視力である。遠見視力低下の多くは屈折異常であり、近見視力の低下は調節異常のうちでも加齢に伴う老視が最も多い。

屈折異常：近視の発生には多因子遺伝要因と環境要因とが関係している。また、動物近視モデルの開発により、近視研究は飛躍的に進展した。治療法では従来の眼鏡、コンタクトレンズ(CL)の他に眼内レンズ、オルソケラトロジー、屈折矯正手術が行われるようになってき

た。この他、屈折の測定機器や屈折要素を測定する機器の進歩が著しい。

調節異常：老視の治療法としては、眼鏡が一般的であるが、遠近両用の CL の進歩もある。また、老視の手術の試みもある。調節から眼精疲労を診断する機器の開発も進められている。(日眼会誌 111 : 77-82, 2007)

キーワード：屈折異常, 調節異常, 老視, 治療法の進歩, 測定機器の進歩

A Review

Refraction and Accommodation

Takashi Tokoro

Tokyo Medical and Dental University

Abstract

The main purpose of ophthalmology is to improve the quality of vision by the recovery of visual function. Visual acuity, among the visual functions, is the most important factor. Decreased far vision is caused mainly by refractive errors, while decreased near vision is caused by accommodative insufficiency, especially presbyopia.

Refractive errors : The development of myopia may be influenced by both polygenic and environmental factors. Investigation of the mechanism of myopia has progressed based on the experimental animal models of myopia. The conventional treatments for refractive errors is spectacles or contact lenses, and new treatment includes phakic IOL, orthokeratology, and refractive surgery. There are

also newly designed types of equipment to assess refraction and refractive elements.

Accommodative insufficiency : Presbyopia is mainly corrected using multifocal or progressive power spectacle lenses. Nowadays, bifocal and multifocal contact lenses and sometimes surgical treatment are used for presbyopia. Equipment for asthenopia has also been developed.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 111 : 77-82, 2007)

Key words : Refractive error, Accommodative insufficiency, Presbyopia, Development of treatment, Development of measuring equipment

近年、眼科領域での検査法、治療法の進歩は著しい。しかし、病気は治っても視機能が失われては何もならないのが眼科の特色である。そこで、最終的には視機能が

回復して、Quality of Vision(QOV)が向上する必要がある。視機能のうちでも、最も大切なのは視力であり、視力の検査には屈折検査は付き物である。そこで、屈折

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

(平成 18 年 6 月 22 日受付, 平成 18 年 8 月 28 日改訂受理) E-mail : tokoro_t@ba3.so-net.ne.jp

Reprint requests to : Takashi Tokoro, M.D. Tokyo Medical and Dental University, 13-24 Mitsuzawashimo-cho, Kanagawa-ku, Yokohama 221-0852, Japan

(Received June 22, 2006 and accepted in revised form August 28, 2006)

検査に精通することは重要である。通常の屈折は静的屈折をいい、調節は動的屈折ともいう。一般に、視力低下の多くは屈折異常である。屈折異常には遠視、近視、乱視があり、調節異常にはいろいろのものが含まれるが、加齢に伴う老視が最も多い。しかし、視機能は通常の視力検査のみで評価することはできない。最近視力の評価が多方面にわたってきている。例えば、コントラスト感度、変調伝達関数 (Modulation Transfer Function: MTF)、Point Spread Function (PSF)、高次波面収差などの総合的評価が考えられている。今後視機能の評価はさらに詳細になっていく可能性がある。

I 視 力

小数視力表の各段は最小視角からみると等間隔ではない。最近是最小視角の対数をとった the logarithm of Minimum Angle of Resolution (logMAR) が用いられている。Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) グループで用いられている logMAR 表では同一列の文字間隔は視標の幅、各段の間隔は真下の視標の高さで作成されている¹⁾。したがって、視標が小さくなるにつれて、視標間隔は狭くなっている。そこで、logMAR 表を使った場合、小児では読み分け困難の影響が出る可能性がある。視力表のコントラストは文部省科学研究費総合研究視力研究班の基準によると 85~90% である²⁾。しかし、日常視では種々のコントラストのものがある。したがって、コントラスト感度の測定、MTF の測定も必要になる。

従来、光は ① 均質な媒質を通過するときには直進する、② 異なる媒質の境界を通過するときには反射および屈折する (Snell の法則)、③ 個々の光は互いに干渉しない、という幾何光学の考えが眼科領域では支配的であった。幾何光学での収差は Seidel の 5 収差が有名である。しかし、近年、眼科領域にも光を波面として捉える波面光学が取り入れられてきた。近年の目覚ましい測定機器の進歩により、眼の QOV を考える上では高次の波面収差解析が問題になってきて、2004 年度の日本眼科学会総会の宿題報告でこの領域の報告があった³⁾。波面収差解析装置には Hartmann-Shack センサーの他、Tracey Visual Function Analyzer (Tracey) や Spatially Resolved Refractometer (SRR) などがある。

II 屈折異常

1. 種類と発生機序

屈折異常には遠視、近視、乱視があるが、遠視、乱視に関しては新たな展開はない。そこで、ここでは近視について述べる。我が国では第二次世界大戦後、近視の頻度は増加傾向にある。また、最近では 30 代、40 代でも近視の発生または進行する成人近視が問題になっている⁴⁾。近視の発生には多因子遺伝要因と環境要因とが関

係している⁶⁾⁷⁾。弱度近視は主として環境因子で近業、ストレス、照明などが、強度近視は主として遺伝因子によると考えられている⁵⁾。1977 年 Wiesel ら⁸⁾がサルの子供の片眼を瞼々縫合すると強い近視になることを発表して以来、近視の研究が急速に進歩した。サルでは近視の発生には 1 年は必要であるが、ヒヨコでは視覚抑制すると 2 週間で強い近視になる⁹⁾。また、これらの動物で、凹レンズを装着させるとその度と類似した近視になる^{10)~12)}。このことから、近視の過矯正は近視の進行と関係すると考えられる。この動物近視モデルの作製により、近視の研究が飛躍的に進展した。

2. 治療法

屈折異常の矯正法は長年、眼鏡、コンタクトレンズ (CL) であった。近年、これらの方法に、眼内レンズ (IOL)、オルソケラトロジー、屈折矯正手術などが加わってきている。

1) 眼鏡矯正

眼鏡レンズの材質では硝子レンズとプラスチックレンズとがあるが、両者ともに高屈折率レンズの発達が著しい。通常のレンズの屈折率、アッベ数、比重はクラウン硝子レンズでは、1.523, 58.5, 2.54; CR-39 プラスチックレンズでは、1.498, 58.7, 1.32 であるのに対して、現在の高屈折率硝子レンズでは、1.835, 31.5, 3.59; プラスチックレンズでは、1.74, 33, 1.47 である。高屈折率レンズには珪素、鉛などを含むが屈折率が高くなるほどに、アッベ数は低くなり色収差が出たり、比重が高くなる。しかし、レンズは薄くなるので、ある程度屈折度が増すと軽くなる。眼鏡レンズのデザインでは非球面レンズ化が進み、また、レンズ内面にトーリック面や累進面などが加入されるようになってきている。

2) CL 矯正

現在、我が国の CL 装用人数は 1,500 万人といわれている。最近では 1 日使い捨てあるいは定期交換レンズであるソフト CL の装用者が多くなり、2002 年以降はハード CL の装用者を越す勢いである。しかし、CL による眼障害の報告も増加している。最近発売されたシリコーンハイドロゲルを素材にした酸素透過性の優れた (Dk/t=175) レンズがある¹³⁾。40 年ほど前に酸素透過性のよいシリコーンラバーレンズが発売されたが、コーティングが剥がれやすく、レンズが角膜に固着することで角膜障害を多発して販売中止になった。今回、発売されたシリコーンハイドロゲルレンズのコーティングに使われているプラズマコーティングは強固であり、親水性もよく、次世代の CL ともいわれている。

3) IOL 矯正

多くの白内障術後に挿入され、術前に屈折異常があっても挿入する IOL の度数によって、術後、正視にすることも可能である。最近では軟性素材のフォルダブル IOL を折りたたんで 2~3 mm の切開創から挿入する方

式が好んで用いられている。挿入する IOL 度数の決定には種々の式がある。大きく分けて、理論式と経験式とがある。理論式には Binkhorst¹⁴⁾, Binkhorst II¹⁵⁾, Holladay II¹⁶⁾, Hoffer Q¹⁷⁾, SRK/T¹⁸⁾など、経験式には SRK^{19)~21)}, SRK II²²⁾などがある。屈折矯正手術後、例えば Laser *in situ* Keratomileusis (LASIK) 後では角膜前面曲率が増加しているために、挿入する IOL 度数の計算には通常の式では誤差を生じるために種々の方法がとられている²³⁾。

このように白内障手術後ではなく、水晶体を摘出せずに屈折異常矯正のために IOL を挿入する方法として、強度近視に対する有水晶体 IOL (Phakic IOL) がある²⁴⁾²⁵⁾。これには前房レンズ (隅角支持型, 虹彩支持型) と後房レンズとがある。強度近視では、屈折矯正手術よりも鮮明な像が得られるといわれている。しかし、水晶体を傷つけて、外傷性白内障を惹起したり、角膜内皮細胞を損傷する副作用にも注意が必要である。

4) オルソケラトロジー

特殊な CL を用いて、角膜を変形させて屈折異常を矯正する方法である。主として、弱度の近視眼が適応になり裸眼視力の上昇や屈折度の減弱がみられる。就寝中に酸素透過性ハード CL (Ortho K レンズ) を装着させて角膜を扁平化して近視を改善して、昼間は裸眼で視力を向上させる方法が用いられている²⁶⁾²⁷⁾。この効果は一過性であるが、角膜の変形を長期に持続させる方法も研究されている。小児では角膜が柔らかく適応としてはよいが、夜間 CL を装着することで、角膜内皮細胞への影響も危惧される。裸眼視力は改善するが、高次収差は増加し、wavefront-guided LASIK に比べて視力の質は劣るといわれている²⁸⁾。

5) 屈折矯正手術

種々の屈折矯正手術があるが、現在主として用いられているものは、LASIK, Laser epithelial keratomileusis (LASEK) などである。

LASIK ではマイクロケラトームで半層切開して (250 μm 以上を残す)、波長 193 nm のエキシマレーザーで角膜実質を蒸散して、角膜屈折力を減じた後、弁状に剝離した角膜弁を元の位置に戻し、縫合しない方法である。Intra LASIK は角膜の半層切開をマイクロケラトームではなくフェムトセカンドレーザー (波長 1,053 nm の赤外線レーザー) で角膜実質を切開する方法で、マイクロケラトームに比べて精度が高いといわれている²⁹⁾。術後の見え方を体験するのに、PreVue[®] レンズ (VISX) で模擬体験させる方法もある。LASIK は近視の治療の他に、遠視, 乱視, 老視の治療にも用いられている。老視はレーザーで角膜をマルチフォーカルに切除する方法であるが、まだ一般的な方法ではない³⁰⁾。レーザー照射中の眼の動きを追跡するアイトラッキングや眼の高次収差を矯正する wavefront-guided LASIK も行

われてきている。LASEK は角膜上皮細胞をアルコールで剝離する方法と角膜上皮細胞を機械的にエキケラトームで剝離反転する方法とがある。反転後、Bowman 膜上からエキシマレーザーを照射し、剝離した角膜上皮を戻す方法である。この方法は角膜厚の薄い症例, 格闘技などの症例や蒸散量の多い強度近視などに用いられる。

6) その他

屈折異常の中でも、近視の頻度が多く、この方面の種々の治療法が報告されている。我が国では近視の頻度は増加傾向にあり、世界的には成人発生近視または成人進行近視が問題になっている。最近報告されている近視治療の報告では、ムスカリン M1 受容体拮抗薬であるピレンゼピンの治療報告がある³¹⁾³²⁾。これによると、対照に比べて有意に効果のあることが報告されている。また、調節ラグが近視の進行に関与するという動物実験近視モデルの発想から二重盲検テストである COMET-study の報告がある³³⁾³⁴⁾。いずれも、対照に比べて有意差が報告されているが、効果はごくわずかである。

3. 測定機器

屈折・調節の測定機器としては、(オート)レフラクトメータや近点計などが主体であった。また、屈折要素の測定には、角膜曲率半径の測定のためのオプタルモメータや前房深度、水晶体の厚さ、眼軸長を測定する超音波測定装置が主体であった。オプタルモメータは角膜中央約 3 mm の部位の測定であり、角膜の全体像をとらえることはできない。全体像をとらえるためには同心円の視標を角膜に写し、これを解析する角膜形状解析装置があり、角膜形状をカラーコートマップで示すことができる TMS (Topographic Modeling System), Eye Sys (Eye Sys Laboratories) などがある。最近、前眼部解析装置の Pentacam[®] (Oculus) が発売されてきた³⁵⁾³⁶⁾。これは、青色 LED を光源とする回転式 Scheimpflug カメラを搭載しており、前眼部を三次元的に構築して、これに基づいて角膜前面形状解析、角膜厚測定、前房容積、前房深度の測定ができる装置である。ACMaster[™] (Zeiss) は 850 nm の半導体レーザーを使って、光軸上で涙液層から水晶体後面までの角膜の厚さ、前房深度、水晶体の厚さを分解能 0.001 mm の測定ができる装置である³⁷⁾³⁸⁾。従来、角膜屈折力は角膜後面を無視して、角膜と前房水とを等質とみなして角膜前面曲率半径のみで計算している。その誤差を補正するために同格屈折率として、1.3375 を用いていた。最近では角膜前面形状のみでなく、後面形状と角膜厚を実測して、角膜全屈折力を測定可能な Orbscan[®] (Canon) が臨床的にも使われている。眼軸長の測定には、非接触で光学的に測定する IOLMaster[™] (Zeiss) が使用されるようになった³⁹⁾⁴⁰⁾。この方法は非接触性で 780 nm の半導体レーザーをビームスプリッターで 2 つの光路に分け、可動反射ミラーで光路差を作り出し、光干渉することで視軸上で涙液層か

ら網膜色素上皮までの距離を分解能 0.01 mm で光学的に測定できる。この方法は光学的方法で、超音波法が音速を仮定するのに対して、屈折率を仮定し計算するが、強度近視にみられる後部ぶどう腫のある眼球の眼軸長測定には適しているとの報告もある。

III 調節異常

生理的調節異常としては、老視がある。老視の発生前年齢は最近ではやや遅くなってきて、45 歳くらいといわれている。いろいろの治療法が報告されているが、加齢に伴う変化であって、若干遅らせることはできても根本的に治療することは不可能である。そこで、補助具を使うことになる。

1. 眼鏡

遠近両用レンズとしては、二重焦点、三重焦点レンズがあるが、近年は累進屈折力レンズの使用が増加している。このレンズの特徴は境界線がないことで、種類は 100 以上ある。標準の遠近型その他、ゴルフ用などの遠中型、室内用の中近型、パソコン用の近近型がある。また、最近では、収差の少ない非球面設計や像の拡大・縮小の少ない内面累進面や内面トリック面のレンズが主流になってきている。

2. CL

2004 年の総務省の統計によると、老視人口である 45 歳以上の頻度は 47.2% で、約半数が老眼人口といえる。我が国ではコンタクトレンズ矯正が始まってから約 50 年になる。CL 装用者が老視になった場合は遠近両用 CL が必要になる。遠近両用 CL の鮮明度は遠近両用の眼鏡レンズに劣るが、この方面の進歩は著しい。CL は眼鏡と違って上下、左右の動き、回転などがあるため、遠近両用の CL は難しい。そこで、眼鏡レンズと同じく交代視型他に同時視型がある。同時視型には中央が遠用、周辺が近用の他に、この逆の場合とがある。

3. 手術的療法

LASIK のプログラムで角膜形状を二重焦点化する方法もある。

Schachar の調節説によれば⁴¹⁾、水晶体は加齢により成長して直径が大きくなり、その結果、水晶体赤道部が毛様体に近づき、その間隔は狭くなる。そこで、水晶体赤道部の毛様体小帯は毛様体筋が収縮しても弛緩した状態のまま緊張せず、水晶体周辺部の扁平化は起こらず調節が障害される。したがって、毛様体外側の強膜の直径を大きくすれば、加齢によって狭くなった水晶体赤道部と毛様体との間隔は広くなり、毛様体筋の収縮により、水晶体赤道部の毛様体小帯は緊張して調節力は回復するという考えである⁴²⁾。手術法には 2 種類ある。i) 前毛様体強膜切開術(Thornton 法)：外直筋間の各象限の毛様体筋上の強膜を放射状に切開して強膜を伸展する方法である。ii) 強膜伸展バックル法(Schachar 法)：毛様

体上の強膜に 4 箇所バックルを埋め込み、外向きの牽引を生じさせて、毛様体部の強膜の直径を拡大して水晶体赤道部での毛様体小帯の緊張を高めようとするものである。これにより、水晶体赤道部が強膜の方に動き調節時に水晶体赤道部直径が小さくなる。この方法によって、術前に比べて、術後、近方視が良好になった症例もあるが、このような症例を赤外線オプテメータで調節を測定しても、他覚的には調節は記録されない。したがって、Schachar の調節説に基づく老視の手術については異論も多い⁴³⁾。

4. 測定機器

調節力は近点距離と遠点距離から求める。近点距離の測定は石原式近点距離計やアコモドポリレコーダなどを用いる。これらは等速度で視標が移動するが、定屈折(D/sec)で移動する定屈折近点計も用いられている。また、オートレフラクトメータを改良した赤外線オプテメータがある。これは一般に他覚的測定法といわれているが、被検者が視標を注視していないと正確な値が得られないので、厳密な意味での他覚的方法ではない。

調節と眼精疲労とは密接な関係がある。調節微動の高周波成分を検査することによって、調節の緊張状態を検査する装置である AA-1(NIDEK)、MF-1(ライト製作所)などがあり、調節機能障害による眼精疲労、テクノストレス症候群、交通外傷による心身症などの診断に使われている。また、調節、瞳孔運動、輻湊運動の近見反応を同時に記録して眼精疲労の検査に使う TriIRIS[®](浜松ホトニクス)も発売されている。

IV 今後の課題

近年、視機能の評価が多方面にわたってきて、良好な QOV を得るためにはコントラスト感度、MTF、PSF、高次波面収差などでの総合的評価を考えていかねばならない。屈折異常のうちでも近視の頻度は増加傾向にある。特に、強度近視は視覚障害の上位に位置しているので、眼軸伸展の予防の研究も今後の課題である。屈折異常の治療法は従来の眼鏡や CL 以外に種々の方法が開発されてきたが、新しい方法は長期予後が不明なものが多い。そこで、これらの方法の経過観察が必要になる。我が国は高齢化時代に入り、老視対策が必要になってきた。老視は老化現象であり、予防はなかなか困難である。適切な矯正法を見つける努力も今後の課題である。

本論文は屈折調節研究会からの総説である。

文 献

- 1) **Early treatment diabetic retinopathy study research group**: Photocoagulation for diabetic macular edema. Early treatment diabetic retinopathy study report number 1. Arch Ophthalmol

- 103 : 1796—1806, 1985.
- 2) 文部省科学研究費総合研究視力研究班(代表:萩原朗): 視力の検査基準について. 日医新報 2085 : 29—34, 1969.
 - 3) 大鹿哲郎: 眼科検査診断法. 視覚の質 quality of vision を測る. 日眼会誌 108 : 770—808, 2004.
 - 4) 不二門 尚: 眼科検査診断法. 新しい視機能評価システムの開発. 日眼会誌 108 : 809—835, 2004.
 - 5) 所 敬: 弱度近視の発生機序とその治療の可能性. 日眼会誌 102 : 796—812, 1998.
 - 6) Hu D : Twin study on myopia. Chin Med J 94 : 51—55, 1981.
 - 7) Klein AP, Duggal P, Lee KE, Klein R, Bailey-Wilson JE, Klein BE : Support for polygenic influences on ocular refractive error. Invest Ophthalmol Vis Sci 46 : 442—446, 2005.
 - 8) Wiesel TN, Raviola E : Myopia and eye enlargement after neonatal lid fusion in monkeys. Nature 266 : 66—68, 1977.
 - 9) Wallman J, Turkel J, Trachtman J : Extreme myopia produced by modest change in early visual experience. Science 201 : 1249—1251, 1978.
 - 10) Smith EL III, Maguire GW, Watson JT : Axial lengths and refractive errors in kittens reared with an optically induced anisometropia. Invest Ophthalmol Vis Sci 19 : 1250—1255, 1980.
 - 11) Sivak JG, Barre DL, Callender MG, Doughty MJ, Seltner RL, West JA : Optical causes of experimental myopia. Myopia and the control of growth. Ciba Foundation Symposium 155. John Wiley and Sons, Chichester, 160—177, 1990.
 - 12) Smith III EL, Hung L, Harwerth RS : Effects of optically induced blur on the refractive status of young monkeys. Vision Res 34 : 293—301, 1994.
 - 13) Morgan PB, Efron N : Comparative clinical performance of two silicone hydrogen contact lenses for continuous wear. Clin Exp Optom 85 : 183—192, 2002.
 - 14) Binkhorst RD : The optical design of intraocular lens implants. Ophthalmic Surgery 6 : 17—31, 1975.
 - 15) Binkhorst RD : Intraocular lens calculation manual. A guide to the author's TI 58/59 IOL power module, 2nd ed. Binkhorst RD, New York, 1981.
 - 16) Holladay JT, Prager TC, Musgrove KH, Lewis JW, Ruiz RS : A three-part system for refining intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 14 : 17—24, 1988.
 - 17) Hoffer KJ : The Hoffer Q formula : A comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 19 : 700—712, 1993.
 - 18) Retzlaff J, Sanders DR, Kraff MC : Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 16 : 333—340, 1990.
 - 19) Retzlaff J : A new intraocular lens calculation formula. J Am Intraocul Implant Soc 6 : 148—152, 1980.
 - 20) Retzlaff J : Posterior chamber implant power calculation : Regressive formula. J Am Intraocul Implant Soc 6 : 268—270, 1980.
 - 21) Sanders DR, Kraff MC : Improvement of intraocular lens calculation using empirical data. J Am Intraocul Implant Soc 6 : 263—267, 1980.
 - 22) Sanders DR, Retzlaff J, Kraff MC : Comparison of the SRK II formula and other second generation formulas. J Cataract Refract Surg 14 : 136—141, 1988.
 - 23) Feiz V, Moshirfar M, Mannis M, Reilly CD, Garcia-Ferrer F, Caspar JJ, et al : Nomogram-based intraocular lens power adjustment after myopic photorefractive keratectomy and LASIK : A new approach. Ophthalmology 112 : 1381—1387, 2005.
 - 24) Alexander L, John M, Cobb L, Noblitt R, Barowsky RT : U. S. Clinical investigation of the Artisan myopia lens for the correction of high myopia in phakic eyes. Report of the results of phases 1 and 2, and interim phase 3. Optometry 71 : 630—642, 2000.
 - 25) ICL in Treatment of Myopia (ITM) Study Group : United States Food and Drug Administration clinical trial of the implantable collamer lens (ICL) for moderate to high myopia. Ophthalmology 111 : 1683—1692, 2004.
 - 26) Cho P, Cheung SW, Edwards MH : Practice of orthokeratology by group of contact lens practitioners in Hong Kong. Part 1 General overview. Clin Exp Optom 85 : 365—371, 2002.
 - 27) Cho P, Cheung SW, Edwards MH : Practice of orthokeratology by group of contact lens practitioners in Hong Kong. Part 2 Orthokeratology lens. Clin Exp Optom 86 : 42—46, 2003.
 - 28) Hiraoka T, Matsumoto Y, Okamoto F, Yamaguchi T, Hirohara Y, Mihashi T, et al : Corneal higher-order aberrations induced by overnight orthokeratology. Am J Ophthalmol 139 : 429—436, 2005.
 - 29) Kezirian GM, Stonecipher KG : Comparison of the IntraLase femtosecond laser and mechanical keratomes for laser *in situ* keratomileusis. J Cataract Refract Surg 30 : 804—811, 2004.
 - 30) 堀 好子 : LASIK による老視対策. あたらしい眼科 22 : 185—188, 2005
 - 31) Siatkowski RM, Cotter S, Miller JM, Scher CA, Crockett RS, Novack GD, for the US Pirenzepine Study Group : Safety and efficacy of 2 % pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. A 1-year, multicenter, double-masked, placebo-controlled parallel study. Arch Ophthalmol 122 : 1667—1674, 2004.
 - 32) Tan DTH, Lam DS, Chua WH, Shu-Ping DF, Crockett RS, for the Asian Pirenzepine Study Group : One-year multicenter, double-masked,

- placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2 % pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. *Ophthalmology* 112 : 84—91, 2005.
- 33) **Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, et al** : A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 44 : 1492—1500, 2003.
- 34) **Gwiazda J, Marsh-Tootle WL, Hyman L, Hussein M, Norton TT ; COMET Study Group** : Baseline refractive and ocular component measures of children enrolled in the correction of myopia evaluation trial (COMET). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43 : 314—321, 2002.
- 35) **Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU** : Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 32 : 456—459, 2006.
- 36) **Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, Funovics MA, Skorpik C** : Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan, and ultrasound. *Optom Vis Sci* 82 : 892—899, 2005.
- 37) **Sacu S, Findl O, Buehl W, Kiss B, Gleiss A, Drexler W** : Optical biometry of the anterior eye segment : interexaminer and intraexaminer reliability of ACMaster. *J Cataract Refract Surg* 31 : 2334—2339, 2005.
- 38) **Nemeth G, Tsorbatzoglou A, Kertesz K, Vajas A, Berta A, Modis L Jr** : Comparison of central corneal thickness measurements with a new optical device and a standard ultrasonic pachymeter. *J Cataract Refract Surg* 32 : 460—463, 2006.
- 39) **Haigis W** : Optical coherence biometry. In : Kohonen T (Ed) : *Modern Cataract Surgery*. *Dev Ophthalmol* 34 : 119—130, 2002.
- 40) **Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B** : Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 238 : 765—773, 2000.
- 41) **Schachar RA, Cudmore DP, Black TD** : Experimental support for Schachar's hypothesis of accommodation. *Ann Ophthalmol* 25 : 404—409, 1993.
- 42) **Schachar RA** : Cause and treatment of presbyopia with a method for increasing the amplitude of accommodation. *Ann Ophthalmol* 24 : 445—447, 1992.
- 43) **Mathews S** : Scleral expansion surgery does not restore accommodation in human presbyopia. *Ophthalmology* 106 : 873—877, 1999.
-