

全距離視力表および角膜形状解析を用いた偽調節良好例の検討

和田佳一郎¹⁾, 名和 良晃¹⁾, 榎田 浩三¹⁾, 中塚三恵子¹⁾, 原 嘉昭¹⁾, 魚里 博²⁾

¹⁾奈良県立医科大学眼科学教室, ²⁾北里大学医療衛生学部

要 約

目的: 偽調節の機序を解明する一環として, 偽調節良好例につき全距離視力表と角膜形状解析を用いて, その特徴につき検討した。

対象と方法: 対象は, 通常の小切開超音波乳化吸引術, 後房型単焦点眼内レンズ挿入術を行った症例のうち, 偽調節良好群 6 例 7 眼と偽調節不良群 13 例 15 眼とした。これらにコーワ社 AS-15 による全距離視力とOrbtek 社 Orbscan による角膜形状解析の測定をした。

結果: 全距離視力では偽調節不良群は遠方から近方にかけて視力がなだらかに低下したが, 偽調節良好群では低下の度合いが少なかった。また, 一度低下してからまた上昇する 2 峰性のパターンも一部にみられた。角膜

形状解析では偽調節良好例に特異的なパターンはなかったが, total optical power (TOP) の 3, 5, 7 mm 径の範囲での角膜最大屈折力と最小屈折力の差が偽調節不良群と比べて有意に大きかった (TOP 3 mm : $p=0.0233$, TOP 5 mm : $p=0.0306$, TOP 7 mm : $p=0.0035$)。

結論: 今回の研究では偽調節良好例の全距離視力パターンには, 2 峰性, フラット, なだらかの 3 パターンがみられ, なだらかに低下するパターンが多かった。また, 角膜屈折力の勾配が偽調節に関連している可能性が推定された。(日眼会誌 106 : 574—578, 2002)

キーワード: 偽調節, 全距離視力, 角膜形状解析

A Study on Cases of Good Apparent Accommodation Using an All-distance Visual Acuity Chart and Corneal Shape Analysis

Kaichiro Wada¹⁾, Yoshiaki Nawa¹⁾, Kozo Masuda¹⁾
Mieko Nakatsuka¹⁾, Yoshiaki Hara¹⁾ and Hiroshi Uozato²⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, Nara Medical University

²⁾School of Allied Health Sciences, Kitasato University

Abstract

Purpose: As a part of an attempt to elucidate the mechanism of apparent accommodation, an evaluation was made of patients with good apparent accommodation using an all-distance visual acuity chart and corneal shape analysis.

Materials and Methods: The study was performed on 6 patients (7 eyes) in a good apparent accommodation group and 13 patients (15 eyes) in a poor apparent accommodation group. These were selected from patients who had undergone normal small-incision ultrasonic phacoemulsification and posterior chamber type single focus intraocular lens implantation. In these patients, all-distance visual acuity was measured using an AS-15 (Kowa Co., Ltd.), and corneal shape analysis was performed using Orbscan (Orbtek Inc.).

Results: In all-distance visual acuity, gentle decline from far to near was noted in the poor apparent accommodation group, and the degree of decline was lower in the good apparent accommodation group. Also, a two-peak pattern, showing decline at first and then an increase, was observed

in some of the cases. In corneal shape analysis, there was no specific pattern in the good apparent accommodation group. However, the difference between maximum refractive power and minimum refractive power of cornea in the ranges of 3, 5, and 7 mm in total optical power (TOP) was significantly higher in the good apparent accommodation group compared with the poor apparent accommodation group (TOP 3 mm : $p=0.0233$, TOP 5 mm : $p=0.0306$, TOP 7 mm : $p=0.0035$).

Conclusion: In the present study, there were three patterns in all-distance visual acuity in the good apparent accommodation group, showing a two-peak pattern, a flat pattern, and a gentle decline, and the pattern of gentle decline was observed more often than the other patterns. The results of the study also suggest that the gradient of corneal refractive power may be related to apparent accommodation. (J Jpn Ophthalmol Soc 106 : 574—578, 2002)

Key words: Apparent accommodation, All-distance visual acuity, Corneal shape analysis

別刷請求先 : 634-8522 橿原市四条町 840 奈良県立医科大学眼科学教室 和田佳一郎

(平成 13 年 10 月 9 日受付, 平成 14 年 4 月 5 日改訂受理)

Reprint requests to : Kaitirou Wada, M. D. Department of Ophthalmology, Nara Medical University, 840 Shijo-cho Kashihara 634-8522, Japan

(Received October 9, 2001 and accepted in revised form April 5, 2002)

I 緒 言

調節とはオートフォーカス機能であり、毛様体筋の働きとそれに伴う水晶体の形状変化によって定義されている。白内障術後の偽水晶体眼では本来の意味での調節作用は存在しないはずなのに、矯正を加えずに、また、遠方のみを矯正した状態で遠方・近方視とも良好な例が存在することが知られている。このような現象を偽調節 (apparent accommodation) と呼んでいる^{1)~4)}。偽調節という呼び方には賛否がみられ、単に明視域と表現した方がよいとの考えもあるが、偽水晶体眼においても眼内レンズ (IOL) の前方移動や瞳孔反応などの動的な生体機構が働いていることから、本稿では偽調節と呼ぶことにする。現在偽調節の機序については、縮瞳による焦点深度の増大 (pinhole 効果)³⁾⁵⁾⁶⁾、乱視による前後焦線効果⁷⁾、網膜から視中枢に至るまでの視覚系情報処理能を含む神経的要素⁸⁾⁹⁾、角膜の多焦点性¹⁰⁾など様々な説が唱えられ、これらが複雑に絡み合った複合的要素である可能性も考えられる。

偽調節の本態を解明する一環として、今回我々は偽調節良好な症例に対して全距離視力表を用いて全距離視力を測定し、偽調節良好例の全距離視力パターンを調べた。また、角膜形状解析を行い、偽調節における機序のうち、角膜形状の関与についての考察を行うことにした。

II 対象と方法

奈良県立医科大学附属病院において老人性白内障と診断され、3.5 mm 小切開超音波水晶体乳化吸引術および IOL 挿入術を行った患者のうち、術中術後に合併症がなく、屈折異常以外眼疾患を有せず、遠見矯正視力 1.0 以上を有し、遠見を矯正した状態で近見負荷レンズを加えなくとも近見視力が良好な (0.7 以上) 偽調節良好群 6 例 7 眼 (51~70 歳, 中間値 64.8 歳)、偽調節不良群として条件は同じで、ただし近見視力は良好でない (0.6 以下) 偽調節不良群 13 例 15 眼 (53~72 歳, 中間値 67.2 歳) とに分け、角膜形状解析と全距離視力測定を行った。

レンズはすべて囊内固定とし、単焦点の 3 ピースアクリルレンズを用いた。なお、明室で測定した術後瞳孔径はいずれも 4.0 mm 以下で正円、虹彩後癒着はなかった。瞳孔測定は明室で Haab 瞳孔計を用い、30 cm 近見時で測定した。

遠見視力には 5 m 視力表 (ランドルト視標) を、近見視力には視標までの距離 30 cm で神谷式近見視力表 (日本点眼薬研究所) を用い、350 lux 下で測定した。近見視力は遠見を矯正した状態で測定した。視標の解読はゆっくりと行わせ、十分な調節努力を行えるようにした。

全距離視力はコーワ社の全距離視力測定装置 AS-15 を用いて、遠見を矯正した状態での 30, 50 cm, 1, 3,

5 m での各視力を測定し、その視力パターンを調べた。全距離視力は遠方距離から測定し、順次近方視力を測定した。また、距離変更後の判読には十分な間を与え十分な調節努力を行えるよう、また、検査時間が長くなる場合は途中休憩を入れるように留意した。4 個の視標を指示し、3 個以上判読できた場合を視力値とした。視力パターンの分類では、第三者が症例を伏せた状態で確認するようにした。

角膜形状解析には、Orbtek 社の角膜形状解析装置 (orbscan) を用いた。角膜の多焦点性を示す指標の一つとして、total optical power (TOP) の中心 3, 5, 7 mm 径における最大屈折力と最小屈折力の差の値を計算し、偽調節良好群と偽調節不良群で比較検討した。

統計処理は t 検定を用い、有意水準が 5% 未満のものを統計学的に有意とした。

III 結 果

全距離視力は、偽調節不良群は程度の差はあれ、基本的に図 1 のようなパターンが多くみられた。すなわち、遠見視力は 1.0 と良好であるが、近方に移行するにつれなだらかに視力が落ちていった。

偽調節良好例では、全距離視力はその形状から大きく分けて 3 つのパターンに分類できた。第 1 は遠方から近方にかけての中間距離で、いったん大きく (0.7 以下に) 落ち込みがみられ、その後また上昇するパターン (2 峰性パターン) である。図 2 はこのパターンの 1 例であり、7 例中 1 例のみにみられた。第 2 は遠方から近方に至るまでほぼ水平に良好な視力を保ち続け、遠見から近見 30 cm まで常に 1.0 以上の視力を有しているパターン (フラットパターン) である。7 例中 2 例にみられた。図 3 はこの 1 例である。第 3 は第 1 パターン (2 峰性パターン)、第 2 パターン (フラットパターン) のいずれにも属さない変化がなだらかなパターン (なだらかなパターン) である。良好な遠見視力から徐々に低下がみられるものの、中間距離での (0.7 以下の) 大きな落ち込みもなく、近見でもかろうじて 0.7 以上の視力を保つような遠見から近見にかけての視力の変化が少なくなだらかに変化するパターンとなる。図 4 にこの 1 例を示す。この例では遠方から近方 50 cm まで視力 1.0 以上を保ち、30 cm の距離でも 0.7 の視力を保っている。偽調節良好例に多くみられるパターンであり、7 例中 4 例にみられた。

角膜形状解析では、特に偽調節良好例に特異的なパターンは存在しないが、瞳孔領内での角膜屈折力の勾配がやや急勾配の傾向があった (7 例中 4 例)。図 5 は遠見から近見 30 cm まで常に 1.0 以上の視力を有している、全距離視力第 2 パターン (フラットパターン) を示した症例の角膜形状解析である。瞳孔領内での角膜屈折力が急勾配に分布し、下方に steep 領域の存在が観察される。図 6 は全距離視力が上記第 1 パターン、すなわち 2 峰性

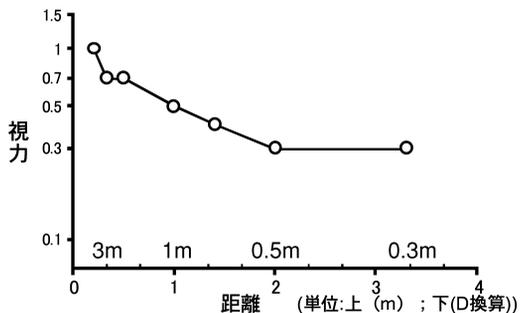


図 1 通常よくみられる偽調節のない 1 例.

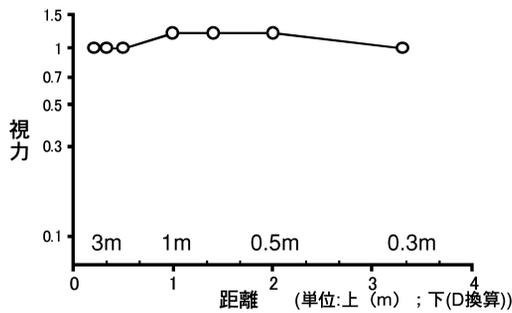


図 3 偽調節良好例 2. フラットパターン.

遠方から近方に至るまでほぼ水平に良好な視力を保ち続け、遠見から近見 30 cm まで常に 1.0 以上の視力を有している。

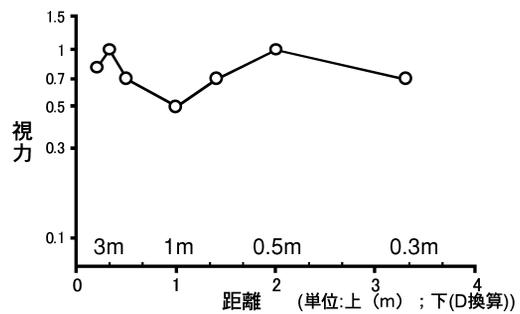


図 2 偽調節良好例 1. 2 峰性パターン.

中間距離でいったん大きく (0.7 以下に) 落ち込み、その後また上昇する。

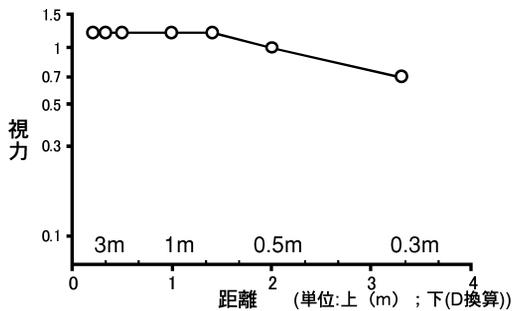


図 4 偽調節良好例 3. くだらなかパターン.

良好な遠見視力から徐々に低下がみられるものの、中間距離での大きな落ち込みもなく、近見でもかろうじて 0.7 以上の視力を保つ。

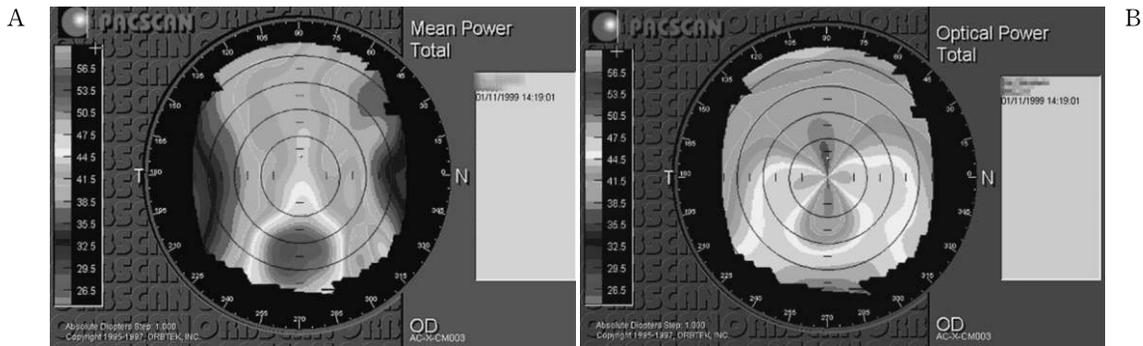


図 5 偽調節良好例で下方に steep な領域を有する症例の角膜形状解析.

A は total mean power, B は total optical power による解析である。

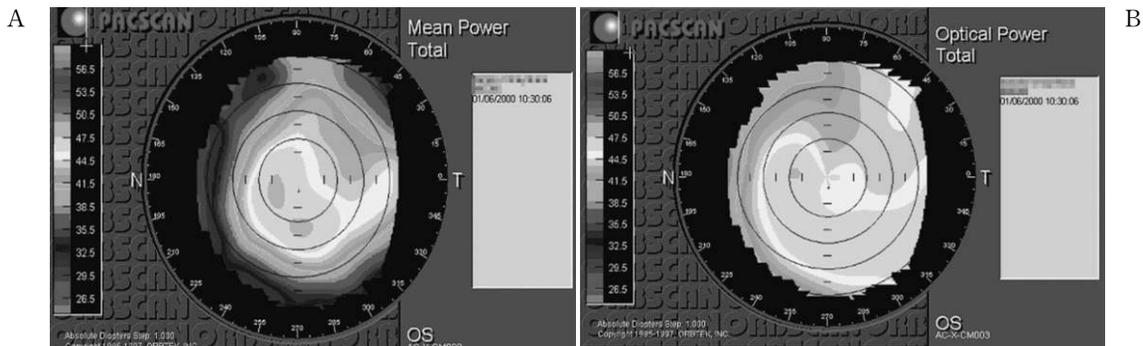


図 6 偽調節良好例で下方に steep な領域を有し、全距離視力で 2 峰性を示した症例の角膜形状解析.

A は total mean power, B は total optical power による解析である。

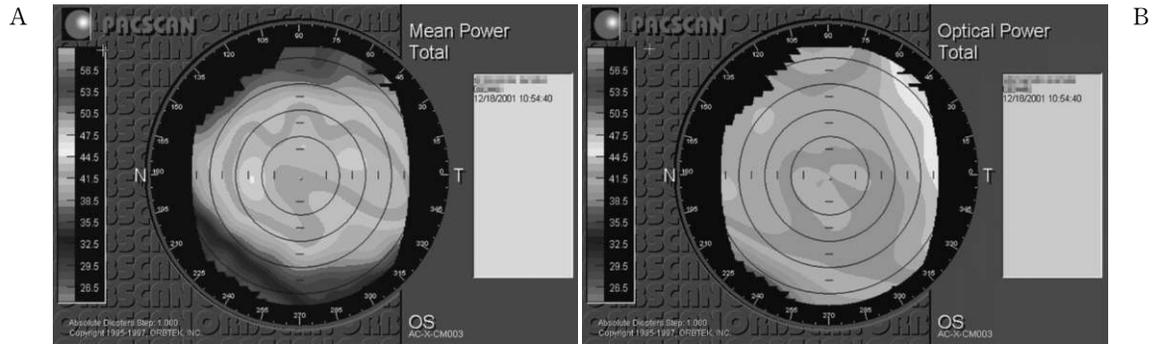


図 7 偽調節不良群(偽調節が良好ではない群)の角膜形状解析の 1 例。
A は total mean power, B は total optical power による解析である。

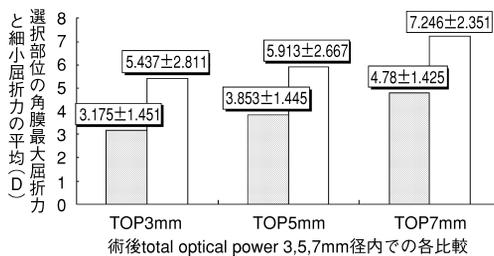


図 8 偽調節良好群と偽調節不良群での中心 3, 5, 7 mm 径内における角膜の最大屈折力と最小屈折力の差(平均値 ± 標準偏差)。

偽調節良好群では total optical power (TOP) の 3, 5, 7 mm 径の範囲での角膜最大屈折力と最小屈折力の差が、偽調節不良群と比べて有意に大きかった (TOP 3 mm : $p=0.0233$, TOP 5 mm : $p=0.0306$, TOP 7 mm : $p=0.0035$)

□ : 偽調節不良群 □ : 偽調節良好群

のパターンを示した症例の角膜形状解析である。参考に偽調節不良群(偽調節が良好ではない群)の角膜形状解析の 1 例を図 7 に示す。

TOP の中心 3, 5, 7 mm 径における角膜最大屈折力と最小屈折力の差の値を用い、偽調節良好群と偽調節不良群で比較検討した結果を図 8 に示す。偽調節良好群と偽調節不良群の間では、中心 3, 5, 7 mm 径内すべてにおいて偽調節群の方が角膜最大屈折力と最小屈折力の差が有意に大きいという結果になった (TOP 3 mm : $p=0.0233$, TOP 5 mm : $p=0.0306$, TOP 7 mm : $p=0.0035$)。

瞳孔径, 乱視度数については表 1 に示した。

IV 考 按

偽調節が良好でない, つまり通常の単焦点型 IOL 挿入術後によくみられる全距離視力パターンは 1 峰性であった。なお, 回折型多焦点 IOL 挿入眼における全距離視力パターンは 2 峰性を示す¹¹⁾。

偽調節良好例の全距離視力は, 2 峰性, フラット, ならぬ 3 パターンに分類された。最も多かったのが中

表 1 偽調節良好群と偽調節不良群における瞳孔径・乱視(平均値 ± 標準偏差)

	瞳孔径 (mm)	乱視 (D)
偽調節良好群	3.083 ± 0.585	0.821 ± 0.515
偽調節不良群	3.577 ± 0.400	1.096 ± 0.463
p 値	0.0450	0.2384

瞳孔径は偽調節良好群が偽調節不良群に比べ有意に小さかった。乱視度数の有意差はなかった。

間距離での大きな落ち込みもなく, 遠方から近方にかけて良好な視力を保ち, 近方に近づいてなだらかに視力が変化するパターンであった。遠方から近方にかけてずっと視力がよくて平行なパターンと合わせると, 7 例中 6 例となった。これらの症例では, 中間距離における視力の落ち込みもなく, 日常生活が快適に過ごしていることが裏付けられた。この全距離視力パターンは, 以前報告されたバイフォーカルコンタクトレンズ装用時における IOL 挿入眼の全距離視力パターンと似ている¹²⁾。バイフォーカルコンタクトレンズを装用して今回の研究と類似の全距離視力パターンを呈することができるということは, もともとそのような角膜形状を持っている人が角膜形状の特性のみによって偽調節良好パターンを示し得る可能性を示していると考えた。ただし, 今回の研究では特徴的な角膜形状のパターンを明らかにすることはできなかった。

2 峰性の全距離視力パターンを示したものは 1 例のみであった。多焦点 IOL 挿入眼において 2 峰性のピーク(遠方および近方の 2 か所)があることが報告¹²⁾されているが, その報告の全距離視力パターンと類似している。今回の研究では単焦点の IOL しか使用していないので, その他の要因が考えられる。この症例の瞳孔径は 2.5 mm で, ultrasound biomicroscope (UBM) で測定した IOL の移動もごく小さく, いずれも大して偽調節にかかわっていると思えなかった。角膜形状解析では角膜中央付近での角膜曲率の急峻な変動がみられた。すなわち, 中央部のフラットの領域を取り囲むように下方, 側

方に steep な領域を有した。角膜形状が偽調節に有利に働いているかも知れないと考えた。

上記のように、偽調節良好例に角膜形状が関与している可能性が推定されたが、特定の全距離視力パターンと、特定の角膜形状を結びつけることは今回の研究ではできなかった。

角膜形状解析を用いて角膜最大屈折力と最小屈折力の差を調べた研究では、偽調節良好例で有意に、偽調節不良群と比べて差が大きいという結果になった。これは、角膜屈折力の勾配が偽調節に有利に働いている可能性を示している。

Fukuyama ら¹⁰⁾は瞳孔領内での角膜最大屈折力と最小屈折力の差が偽調節に相関していると報告したが、今回の研究でもそれを支持する結果となった。彼らの研究では瞳孔径が大きい方がより広く角膜面を利用でき偽調節に有利としているが、今回の実験では瞳孔径は偽調節良好群が偽調節不良群に比べ有意に小さかった ($p=0.045$)。以前にも瞳孔径が小さい方が有利との報告⁴⁾¹³⁾がみられ、視標の大きさの違いも関係していることも考えられる¹³⁾。すなわち、小さい瞳孔ではより細かい視標での偽調節が良好となり、大きめの瞳孔ではやや大きい視標での偽調節が良好となり、そのいずれも角膜屈折力勾配が大きい方が有利に働いている可能性もあると思われる。Nakazawa ら³⁾は偽水晶体眼で散瞳すると偽調節が低下したとしており、焦点深度の貢献を考えると小瞳孔が有利である。しかし、あまりに瞳孔が小さいと diffraction を生じ、かえって見えにくくなることも考えられる。また、ある程度瞳孔が大きい方がより広く角膜面を利用できるであろう。このような要素が複合的に絡み合っているのかも知れないと考えた。

いずれにせよ、偽調節に有利に働くと思われる多焦点性をもつ角膜には中心付近に急峻な屈折力の勾配が存在するが、変化は連続的で、その途中の中間部も同時に存在する。このなめらかで急峻な曲率変化の存在が中間距離における視力低下を防ぎ、2 峰性でなく連続性を保ったまま遠方・近方ともよく見える原因になっている可能性も考えられる。事実、2 峰性を示した 1 例では他に比べて steep な領域が広く、flat な領域との連続性が少ないようにも思えた。

乱視については前焦線と後焦線間の明視域が偽調節に貢献しているといわれてきたが、今回の実験では偽調節良好群には乱視はごく軽度のもの (乱視度数 -1.0 以下) が多く、7 例中 5 例で、残りの 2 例も -2.0 以下であった。偽調節不良群との乱視度数の有意差はなかった。しかしながら、今回の実験は乱視を矯正した状態で測定しているので乱視の影響は少ないと思われる。さらに、遠見矯正視力の良好な症例を選んでいるため、乱視の強い症例は選ばれにくい傾向にあり、今回の実験のみで一括

して乱視と偽調節の関連を論ずるには無理があるといえるであろう。

いずれにしても、偽調節について瞳孔や乱視などの関与なども含め、今後もさらなる十分な検討が必要であると思われる。

今回の実験で偽調節良好例の全距離視力パターンが示された。また、角膜形状解析により、角膜屈折力の勾配が偽調節に有利に働いている可能性が推定された。

今後、偽調節を良好とするような角膜形状の解析をさらに進めていくことで、将来エキシマレーザーを用いたカスタムアブレーションを行う際に中高年になって近方視を有利にさせるようなことも可能になるかも知れない。

文 献

- 1) 魚里 博：調節および偽調節. 眼科手術 5: 223—233, 1992.
- 2) Bettman JW: Apparent accommodation in aphakic eyes. Am J Ophthalmol 33: 921—928, 1950.
- 3) Nakazawa M, Ohtsuki K: Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. Am J Ophthalmol 96: 435—438, 1983.
- 4) 植村佐知子, 魚里 博, 西信元嗣: 偽水晶体眼における偽調節について. 眼紀 41: 309—314, 1990.
- 5) 久保田浩, 盛 隆興, 梶川大介: 単焦点後房レンズ挿入眼における術後視力良好群の検討. 臨眼 46: 833—836, 1992.
- 6) 渡辺清敬, 河合憲司, 天野 肇, 杉谷幸彦: 人工水晶体挿入眼の偽調節と近距離明視域について. 臨眼 38: 161—164, 1984.
- 7) 新美勝彦, 江崎淳次, 野川秀利: 眼内レンズ挿入眼の視機能. 日本眼科学学会誌 5: 137—146, 1984.
- 8) 山本修一, 安達恵美子: 眼内レンズ挿入眼における偽調節—パターン視覚誘発電位による他覚的解析—. 日眼会誌 93: 363—368, 1989.
- 9) 岡野正樹, 田所康徳, 長谷部聡, 大月 洋: 眼内レンズ挿入眼における偽調節 他覚的測定の試み. 眼紀 42: 415—420, 1991.
- 10) Fukuyama M, Oshika T, Amano S, Yoshitomi F: Relationship between apparent accommodation and corneal multifocality. In pseudophakic eyes. Ophthalmology 106: 1178—1181, 1999.
- 11) 渥美一成, 田中英成, 荻野誠周: 回折型多焦点眼内レンズの偽調節. あたらしい眼科 10: 1779—1782, 1993.
- 12) 櫻井寿也, 魚里 博, 原 嘉昭, 西信元嗣: 照準線共軸型バイフォーカルコンタクトレンズの眼内レンズ挿入眼における視力. 日コレ誌 39: 214—217, 1997.
- 13) 名和良晃, 中塚三恵子, 吉井稔章, 小南雅也, 原嘉昭, 魚里 博: 近見 1.0 の視標を用いた偽調節の測定. 日眼会誌 105: 171—176, 2001.