

モノビジョン法における眼優位性の影響

—第一報：優位眼の矯正状態による視機能への影響—

新田任里江¹⁾, 清水 公也²⁾, 新井田孝裕³⁾

¹⁾北里大学医療衛生学部リハビリテーション学科視覚機能療法学専攻

²⁾北里大学医学部眼科学教室, ³⁾国際医療福祉大学保健学部視覚機能療法学科

要 約

目的：健常者について、優位眼の矯正方法(遠見対近見矯正)がモノビジョン法での視機能にどのように影響するか検討した。

対象と方法：対象は屈折異常以外に器質的眼疾患のない健常者 10 名である。全例調節麻痺後に、虹彩付ソフトコンタクトレンズ(瞳孔径 3.0 mm, 屈折差 2.5 D)を装着し、hole-in-card test にて決定した優位眼を遠見および近見に矯正した場合の、全距離視力、コントラスト感度、近見立体視を比較した。

結果：両眼開放視力はすべての視距離において 1.0 以上であり、特に優位眼遠見矯正時には、検査距離 0.7 m における両眼開放視力が単眼視力を有意に上回った。コ

ントラスト感度は 0.5~4.0 cycles per degree の空間周波数において優位眼遠見矯正時に良好であった。Titmus stereo tests では優位眼遠見矯正時により良好な立体視が示された。

結論：モノビジョン法では、中間距離における両眼加算と近見立体視にとっては、優位眼遠見矯正が有利であることが示唆された。(日眼会誌 111 : 435-440, 2007)

キーワード：モノビジョン法, 優位眼, 両眼開放視力, コントラスト感度, 近見立体視

The Influence of Ocular Dominance on Monovision

—The Interaction Between Binocular Visual Functions and the State of Dominant Eye's Correction—

Marie Nitta¹⁾, Kimiya Shimizu²⁾ and Takahiro Niida³⁾

¹⁾Department of Rehabilitation, Orthoptics and Visual Science Course, School of Allied Health Sciences, Kitasato University

²⁾Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kitasato University

³⁾Department of Orthoptics and Visual Science, School of Health Science, International University of Health and Welfare

Abstract

Purpose : To examine the interaction between binocular visual functions and the correction of the dominant eye, i.e., for far vs. near vision in monovision.

Subjects and Methods : Ten healthy subjects without any ophthalmological disease were examined. After cycloplegia, the eyes of the subjects were corrected by soft contact lenses (difference in lens power between the lenses : 2.5 D) with an artificial pupil (diameter : 3.0 mm). Visual acuity at various distances, contrast sensitivity, and near stereoacuity were measured while the dominant eye determined by the hole-in-card test (sighting dominance) was corrected for far and near vision.

Results : Binocular visual acuity was better than 1.0 (20/20) at all distances. When the dominant eye

was corrected for distance, the binocular visual acuity at 0.7 m was better than the monocular visual acuity ; contrast sensitivity was better within the spatial frequency range of 0.5-4.0 cycles per degree, and near stereoacuity by Titmus stereo tests improved.

Conclusion : These results suggest that dominant eyes should be corrected for far vision for better binocular summation at middle distances, and near stereoacuity.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi (J Jpn Ophthalmol Soc 111 : 435-440, 2007)

Key words : Monovision, Dominant eye, Binocular visual acuity, Contrast sensitivity, Near stereoacuity

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リハビリテーション学科視覚機能療法学専攻
新田任里江 E-mail : nitta-m@kitasato-u.ac.jp

(平成 18 年 6 月 27 日受付, 平成 19 年 1 月 12 日改訂受理)

Reprint requests to : Marie Nitta, C. O. School of Allied Health Sciences, Kitasato University. 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara 228-8555, Japan

(Received June 27, 2006 and accepted in revised form January 12, 2007)

I 緒 言

モノビジョン法(monovision)とは、一眼を遠見用、他眼を近見用に矯正する老視の矯正法の一つであり、固視眼の切替えや両眼視機能を活用しながら、すべての距離が鮮明に見えるようにする方法である¹⁾。従来、モノビジョン法はコンタクトレンズにより行われてきたが²⁾、昨今では屈折矯正手術³⁾⁴⁾や白内障手術⁵⁾⁶⁾にも採り入れられるようになってきている。モノビジョン法の有効性についてはほぼ一定の見解を得ているが、成功因子の一つといわれる眼優位性との関連については、未だ多くの議論がある。

眼優位性は「単眼視を強いる条件下で習慣的に使用する眼」である sighting dominance および、視野闘争時に「より長く知覚できる眼」である sensory dominance の2つに大別されている⁷⁾。モノビジョン法では、sighting dominance で決定した優位眼を遠見用、非優位眼を近見用に矯正する方法(conventional monovision)が一般的であるが¹⁾⁵⁾⁶⁾、逆に優位眼を近見用、非優位眼を遠見用に矯正する方法(crossed monovision)でも成功率は変わらないとする報告もある⁸⁾⁹⁾。そこで、今回著者らは、sighting dominance で決定した優位眼の矯正状態がモノビジョン法の視機能に及ぼす影響について検討した。

II 対象と方法

対象は22~29歳(24.3±2.4歳:平均値±標準偏差)の屈折異常以外に器質的眼疾患のない健康者10名(男性3名,女性7名)である。1%塩酸シクロペントレートによる調節麻痺下屈折度は-1.50±1.62(平均値±標準偏差)D(+0.50~-4.25D)であり、全例左右眼の屈折差は0.50D以内である(屈折差0.10±0.17D)。眼位は全例10Δ以内の外斜位、Titmus stereo tests(T. S. T.)およびTNO stereo tests(TNO)による両眼視機能は、それぞれ40 sec of arc, 60 sec of arc(中央値)と良好であった。調節力の影響を除外するため、両眼に1%塩酸シクロペントレートを5分ごと3回点眼し、点眼後1時間より実験を開始した。実験時の瞳孔径を一定にするため、全例瞳孔径3.0mmの虹彩付ソフトコンタクトレンズ(シード社:No.3-D,以下コンタクトレンズ)装用下で実験を行った。コンタクトレンズは、1%塩酸シクロペントレート点眼下で測定した屈折度を用い、conventional monovision の場合は、優位眼を遠見完全屈折矯正し、非優位眼は優位眼のコンタクトレンズの度数に+2.50D加えた値とした。Crossed monovision の場合は、優位眼を遠見完全屈折矯正に+2.50D加えた値とし、非優位眼は優位眼のコンタクトレンズの度数に-2.50D加えた値とした。なお、全例、コンタクトレンズのフィッティングおよびセンタリングは良好であっ

た。

視機能の評価には全距離視力、コントラスト感度、近見立体視を用い、hole-in-card test にて決定した sighting dominance を遠見(conventional monovision)および近見(crossed monovision)に矯正した場合の視機能を比較した。

全距離視力の測定には、視能域・全距離視力計 AS-15(コーワ社)を使用し、コンタクトレンズ装用によるモノビジョン矯正(以下モノビジョン矯正)にて、両眼開放視力および単眼視力を測定した。測定距離は0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 3.0, 5.0mの6点である。測定値の解析には the logarithm of the minimum angle of resolution (logMAR) 換算値を用い、各測定点における両眼開放視力と単眼視力を比較した。統計には Bonferroni/Dunn 法を用いた。

コントラスト感度の測定には、鶴飼らが作製したコントラスト感度測定装置¹⁰⁾を使用した。本装置は、コント

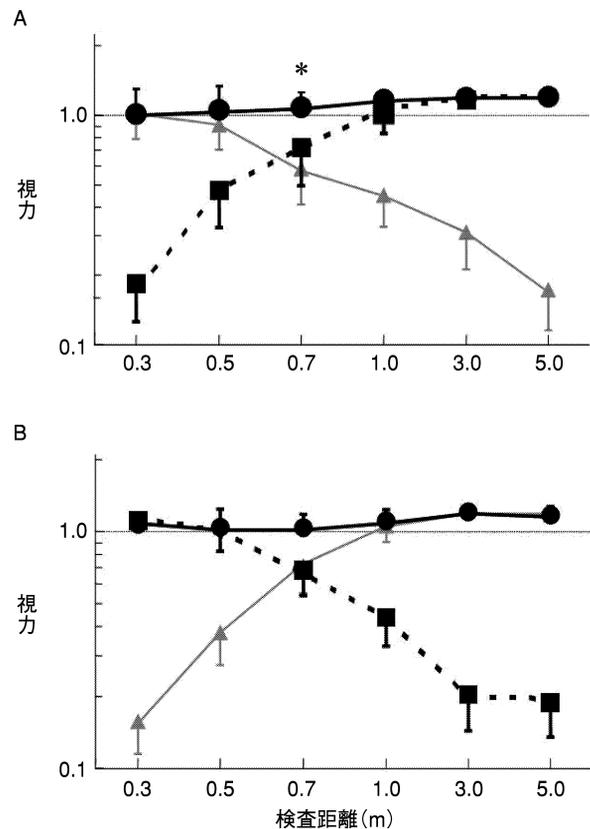


図1 全距離視力。

A: Conventional monovision (優位眼遠見矯正)

B: Crossed monovision (優位眼近見矯正)

優位眼の矯正状態にかかわらず、すべての距離において両眼開放視力は1.0以上を維持した。Conventional monovision では検査距離0.7mにおいて有意な両眼加算を認めた。

●: 両眼開放視力

■: 優位眼単眼視力

▲: 非優位眼単眼視力

* : p < 0.05 (Bonferroni/Dunn 法)

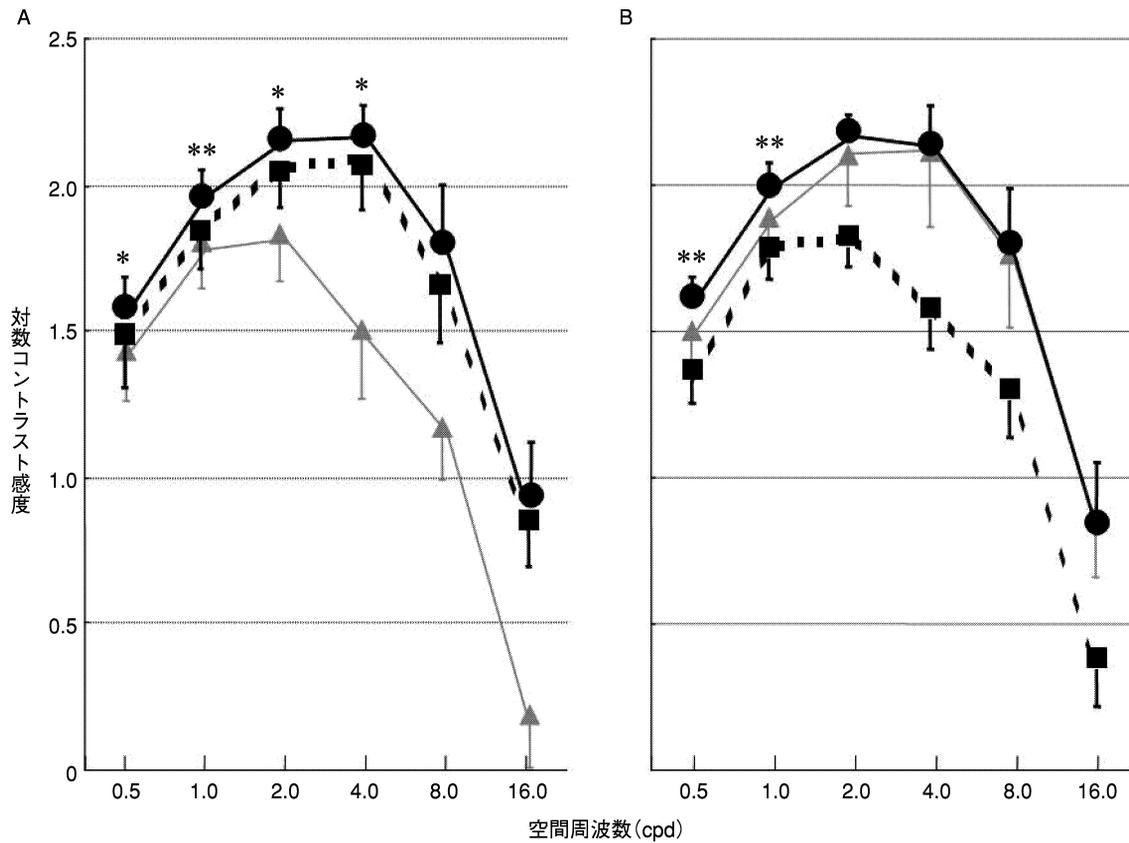


図 2 コントラスト感度.

A : Conventional monovision (優位眼遠見矯正) B : Crossed monovision (優位眼近見矯正)

Conventional monovision では 0.5~4.0 cycles per degree (cpd) において, crossed monovision では 0.5~1.0 cpd において, 有意な両眼加算を認めた.

- : 両眼開放下コントラスト感度
- : 優位眼単眼視下コントラスト感度
- ▲ : 非優位眼単眼視下コントラスト感度
- ** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$ (Bonferroni/Dunn 法)

ラストを連続的に変化させ, ランダムに呈示される縞の傾きを回答させる仕組みになっており, 定量性に優れている. 測定距離は 1.27 m であり, モノビジョン矯正における両眼開放下および単眼視下コントラスト感度を測定した. なお, 本測定は暗室下の測定であるうえに, 単眼視下コントラスト測定時には片眼遮閉を行うため, 他眼の測定時には暗順応によるコントラスト感度への影響が懸念される. そのため, 測定ごとに 5 分の休憩を与えた. 各空間周波数領域の閾値は 5 回測定し, 得られた対数コントラスト感度の平均値を解析に用いた. 統計には Bonferroni/Dunn 法を用い, 各周波数領域における両眼開放下および単眼視下コントラスト感度を比較した.

近見立体視の評価には, Titmus stereo tests (T. S. T.) および TNO stereo tests (TNO) を使用した. 検査距離は両者とも 40 cm であり, モノビジョン矯正および両眼近見矯正にて測定し, 両者の結果を比較した. 統計には Wilcoxon 符号順位検定を用いた.

Hole-in-card test は検査距離 33 cm および 5 m で行い, 穴から覗く視標の大きさは視角 1.5 度とした.

なお, 任意に選択した 5 名は, 結果の再現性を確認するため別の日に再度すべての検査を施行した. また全例, すべての実験終了時に, 屈折・調節測定装置 AR 3-SV 14 (ニデック社) を用いて準静的調節応答¹⁾を測定し, 調節近点と調節遠点の差から残余調節力を算出した.

III 結 果

全距離視力の結果を図 1 に示す. Conventional monovision, crossed monovision とともに, 両眼開放視力はすべての距離で 1.0 以上と良好であった. さらに conventional monovision では 0.7 m における両眼開放視力が単眼視力に比べ有意に高かった ($p < 0.05$). 図 2 はコントラスト感度の結果である. Conventional monovision の両眼開放下コントラスト感度は, 全空間周波数領域において単眼視下コントラスト感度を上回っており, 特に 0.5 cycles per degree (cpd) ~ 4.0 cpd では有意差を認めた (0.5, 2.0, 4.0 cpd : $p < 0.05$, 1.0 cpd : $p < 0.01$). 一方, crossed monovision の両眼開放下コ

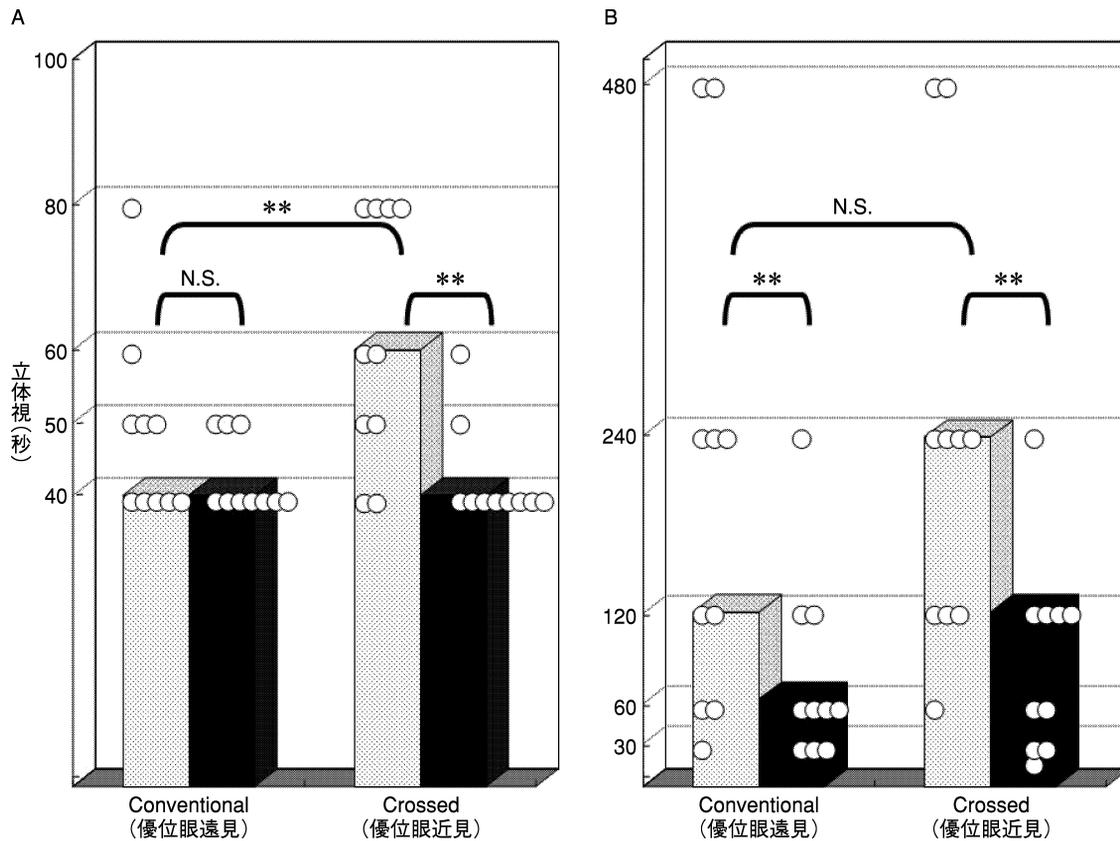


図 3 近見立体視。

A : Titmus stereo tests (T. S. T). B : TNO stereo tests (TNO)

Conventional monovision における T. S. T. は, crossed monovision に比べ良好であった. TNO は優位眼の矯正状態による差を認めなかった.

バーは中央値(□:モノビジョン矯正, ■:両眼近見矯正), ドットは個人の値を示す.

** : $p < 0.01$ N. S. : not significant (Wilcoxon 符号順位検定)

ントラスト感度は, 低空間周波数領域のみ単眼視下コントラスト感度を上回り有意差を認めたが($p < 0.01$), 2.0 cpd 以上では有意差を認めなかった. 近見立体視の結果を図 3 に示す. Conventional monovision におけるモノビジョン矯正下の T. S. T. は, crossed monovision に比べ良好であり ($p < 0.01$), さらに両眼近見矯正下の T. S. T. との間に有意差を認めなかった. 一方, TNO は優位眼の矯正状態による差は認めず, いずれにおいてもモノビジョン矯正下で低下した ($p < 0.01$).

残余調節力は, 優位眼 0.96 ± 0.61 (平均値 \pm 標準偏差) D, 非優位眼 1.13 ± 0.34 (平均値 \pm 標準偏差) D であり, 両者に有意差はなかった (paired t-test, $p = 0.14$). また, 任意に選択した 5 名における 2 回の測定結果間に有意差は認められなかった. このため, この 5 名については 1 回目の結果を解析に用いた.

IV 考 按

1. 両 眼 加 算

一般に, 左右眼に入力される刺激に左右差がなく, かつ融像可能な場合, 両眼視下の視機能は単眼視下の視機

能を上回る, 両眼加算 (binocular summation) を示すことが知られており, コントラスト感度を含めた視力などにおいても証明されている¹²⁾. この両眼加算は両眼視機能の要素の一つであり, 斜視や高度の不同視, 弱視などの両眼を同時に活用できない状態では減弱または消失する^{13)~15)}.

今回の実験では, conventional monovision, crossed monovision のいずれにおいても, 両眼開放視力はすべての距離で 1.0 以上と良好であった. 検査距離 1 m 以遠および 0.5 m 以前は, 優位眼および非優位眼の単眼視力の差が大きいことから, 両眼加算は生じにくいと考えられ, これらの距離における両眼開放視力は, 各眼の単眼視力を反映していると考えられる. すなわち遠見, 近見での固視の切替えがスムーズに行われていたと推察される. 一方, 検査距離 0.7 m では優位眼, 非優位眼の視力はほぼ同等であったため, 両眼加算が生じ, 両眼開放視力は 1.0 以上を維持できたと考えられる. 特に conventional monovision においては, 検査距離 0.7 m における両眼開放視力が単眼視力を有意に上回ったことより, この距離における視力の両眼加算効果は crossed

monovision に比べ conventional monovision においてより大きかったと推察される。

次に、コントラスト感度であるが、モノビジョン法において両眼加算が生じるためには、不同視に起因するボケの抑制(blur suppression)が重要とされている¹⁶⁾¹⁷⁾。今回、著者らが使用したコントラスト感度測定装置の検査距離は 1.27 m であり、この距離では全距離視力の結果からも分かるように、近見矯正眼が遠見矯正眼に比べ、よりボケの状態にある。よって両眼加算を得るためには、近見矯正眼のボケを抑制する必要がある。今回の結果では、conventional monovision では低～中空間周波数領域で両眼加算が認められたのに対し、crossed monovision では低空間周波数領域のみにしか両眼加算が認められなかった。このことから、conventional monovision つまり近見矯正眼である非優位眼がボケのときに、crossed monovision に比べより良好な blur suppression が働いたと推察され、とりわけ中空間周波数領域においてその差が顕著に表れたと考えられる。Schor ら¹⁶⁾は sensory dominance での優位眼はボケに敏感であり非優位眼のボケを強く抑制すると述べている。そこで今回の症例の sensory dominance を視野闘争にて評価してみたところ、全例 sighting dominance と sensory dominance が一致していたことから、今回の結果は Schor の報告に一致するものであったと考えられる。また、低空間周波数領域はボケの影響を受けにくいいため、優位眼の矯正状態にかかわらず両眼加算が認められるのに対し、高い空間周波数ほどボケの影響を受けやすいため^{18)~20)}、conventional monovision, crossed monovision とともに高空間周波数領域では両眼加算が認められなかったと考えられ、過去の報告¹⁾とも一致する。

以上二つの結果より、中間距離における両眼加算には conventional monovision が有利であることが示唆された。

2. 近見立体視

T. S. T. は crossed monovision に比べ、conventional monovision で良好であり、両眼近見矯正下との差を認めなかった。つまり、近見視には conventional monovision が有利であることを示唆する結果である。Ibi²¹⁾は両眼視時、優位眼は非優位眼に比べ緊張状態となり、調節近点が近視化すると述べている。また、両眼開放下の調節力は優位眼の方が大きいとの報告²²⁾もある。著者らは、モノビジョン矯正を行うにあたり、全被験者の調節状態を一定にする目的で塩酸シクロペントレート点を点眼したが、約 1 D 程度の調節力が残っていた。これらのことから、両眼開放下では優位眼の残余調節力が非優位眼に比べ大きくなっていると予想され、それにより、conventional monovision では明視域が拡大し、近見視に有利に働いたと考えられる。今回著者らが測定した優

位眼、非優位眼の残余調節力には有意差を認めなかったが、これは単眼視下で測定したためと考えられ、今後、両眼視下での測定結果と照合した検討が必要である。一方、TNO は視力の影響を過度に受けやすい傾向にあり、両眼融像を有していてもわずかな視力差を反映しやすいといわれている²³⁾。そのため、モノビジョン法では不同視による視力差が生じ TNO は減少したと考えられる。また個人間のばらつきも大きく、優位眼の矯正状態による差は認められなかったと推察される。

以上のことから、モノビジョン法には sighting dominance が強く影響しており、良好な視機能を維持するためにはその評価が重要であることが示唆された。特に conventional monovision が視機能面において有利である点はこれまでの Jain らの報告¹⁾を支持する結果となった。しかし近年 Jain らは crossed monovision でも成功率は変わらないと報告しているが⁸⁾、これは屈折矯正手術により意図的もしくは結果的にモノビジョンになった場合に限るとしており、crossed monovision は屈折矯正手術の際のみ推奨すると述べている。また不二門⁹⁾は近業に精密性を求められている場合には crossed monovision が自覚的に良好であると述べているが、視機能に関しては conventional monovision との差は認められていない。しかしこの視機能検査は遠見のみで行われていることから、著者らの実験条件とは異なっており、このような違いが生じたと考えられる。

最後に、今回の被験者は塩酸シクロペントレートを点眼したうえでモノビジョン矯正にしているが、若干の調節力は残存していると考えられる。よって今回の結果は、残余調節力を有する初期老視症例を対象としたコンタクトレンズや屈折矯正手術によるモノビジョン法を検討するうえでより参考になると考えられる。なおモノビジョン法は数週間から数か月の適応でコントラスト感度や立体視が上昇すると報告されているが¹³⁾、本実験では適応期間についての検討は行っておらず、今後さらなる検討が必要である。

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費(基盤研究(C)14571686)の補助を受けた。

文 献

- 1) Jain S, Arora I, Azar DT : Success of monovision in presbyopes : review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 40 : 491—499, 1996.
- 2) Erickson P, Schor C : Visual function with presbyopic contact lens correction. *Optom Vis Sci* 67 : 22—28, 1990.
- 3) Hom MM : Monovision and LASIK. *J Am Optom Assoc* 70 : 117—122, 1999.
- 4) 中島純子, 新田任里江, 神垣久美子, 大野晃司,

- 鈴木雅信, 新井田孝裕, 他: LASIK によるモノビジョン法を施行した 4 症例. あたらしい眼科 20: 385—389, 2003.
- 5) 井上俊洋, 清水公也, 新井田孝裕, 新田任里江, 嶺井利沙子: 白内障術後のモノビジョンによる満足度. 臨眼 54: 825—829, 2000.
 - 6) **Greenbaum S**: Monovision pseudophakia. *J Cataract Refract Surg* 28: 1439—1443, 2002.
 - 7) **Porac C, Coren S**: The dominant eye. *Psychol Bull* 83: 880—897, 1976.
 - 8) **Jain S, Ou R, Azar DT**: Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmology* 108: 1430—1433, 2001.
 - 9) 不二門 尚: モノビジョン. *IOL & RS* 17: 91—97, 2003.
 - 10) 鵜飼一彦, 石川 哲: パーソナルコンピューターとビデオフレームメモリーを利用したコントラスト感度測定装置の試作. あたらしい眼科 5: 1037—1039, 1988.
 - 11) 鵜飼一彦, 石川 哲: 調節の準静的特性. *日眼会誌* 87: 1428—1434, 1983.
 - 12) **Steinman SB, Steinman BA, Garzia RP**: Binocular summation. *Foundations of binocular vision*. The McGraw-Hill Companies, New York, 153—171, 2000.
 - 13) **Cagenello R, Arditi A, Halpern DL**: Binocular enhancement of visual acuity. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 10: 1841—1848, 1993.
 - 14) **Campbell FW, Green DG**: Monocular versus binocular visual acuity. *Nature* 9: 191—192, 1965.
 - 15) **Blake R, Levinson E**: Spatial properties of binocular neurons in the human visual system. *Exp Brain Res* 27: 221—232, 1977.
 - 16) **Schor C, Landsman L, Erickson P**: Ocular dominance and the interocular suppression of blur in monovision. *Am J Optom Physiol Opt* 64: 723—730, 1987.
 - 17) **Collins MJ, Goode A**: Interocular blur suppression and monovision. *Acta Ophthalmol* 72: 376—380, 1994.
 - 18) **Campbell FW, Green DG**: Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol* 181: 576—593, 1965.
 - 19) **Thorn F**: Effects of dioptric blur on the Vistech contrast sensitivity test. *Optom Vis Sci* 67: 8—12, 1990.
 - 20) 新井田孝裕: Monovision を理解するために必要な神経眼科. *IOL & RS* 18: 105—109, 2004.
 - 21) **Ibi K**: Characteristics of dynamic accommodation responses: comparison between the dominant and non-dominant eyes. *Ophthalmic Physiol Opt* 17: 44—54, 1997.
 - 22) 藤村芙佐子, 半田知也, 魚里 博, 庄司信行, 清水公也: 両眼開放下における調節機能への眼優位性の影響. あたらしい眼科 23: 969—972, 2006.
 - 23) 岩田美雪, 粟屋 忍: ステレオテスト. *眼科Mook* 31, 視能矯正. 金原出版, 東京, 93—102, 1987.
-