

別添1

厚生労働科学研究費補助金研究報告書表紙

厚生労働科学研究研究費補助金

長寿科学総合研究事業

自動焦点眼鏡による高齢者の老視矯正支援に関する研究

平成16年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 魚里 博

平成17(2005)年 4月

厚生労働科学研究費補助金研究報告書目次

目 次

I. 総括研究報告		
自動焦点眼鏡による高齢者の老視矯正支援に関する研究	-----	1
魚里 博		
II. 分担研究報告		
1. 老視眼の視機能とその治療法に関する研究	-----	10
鈴木 雅信、清水 公也		
2. 高齢者の眼位保持機能に関する研究	-----	12
庄司 信行		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	14
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	17

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

総括・分担研究報告書

自動焦点眼鏡による高齢者の老視矯正支援に関する研究

主任研究者 魚里 博 北里大学医療衛生学部教授

研究要旨

高齢者の視機能特に老視矯正を支援するため、高齢者眼の調節機能や視機能の基礎的研究を進めるとともに、老視眼鏡の自動焦点化を目指した試作開発の研究を実施した。本年度は手動式の焦点可変眼鏡の試作を行い、その有効性を検討した。液体を満たした透明なプラスチック薄膜の形状を可変することで、遠方から近方視までの任意の距離に屈折力を連続的に変えることが出来た。初期試作眼鏡での光学試験や装用試験により、本眼鏡の有効性と実用化への可能性を確認できた。

分担研究者

鈴木 雅信・北里大学医学部眼科・助教授

庄司 信行・北里大学医療衛生学部・教授

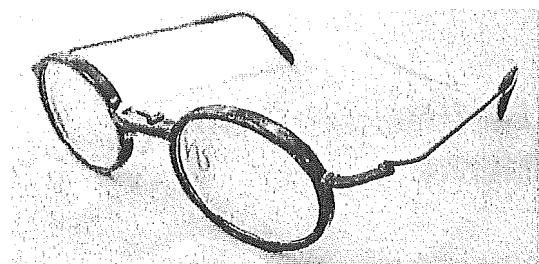
清水 公也・北里大学医学部眼科・教授

どを応用するか、術後の眼鏡レンズを目的に応じて使い分ける方法が用いられている。質の良い視機能を提供できるのは術後眼鏡であるが、遠近や中間距離など目的に合わせて多くの眼鏡を必要とするため、大変煩わしく高齢者にとっては現実的ではない。

A. 研究目的

長寿高齢化社会にあつて、高齢者の老化現象を抑制したり防止することは極めて重要であるが、白内障や老視（老眼）による視機能の低下は避けられない。白内障に関しては、人工水晶体（眼内レンズ）移植手術の発展により、術後の視力回復は劇的に改善できるようになってきた。しかし、現在の眼内レンズは固定焦点のものであるため、本来の調節（ピント合わせ）が欠如した状態である。そのため、二重焦点眼内レンズやモノビジョン法な

本研究では、高齢者の視機能や特に老視を矯正支援するため、自動焦点眼鏡の開発を行い、高齢者の視環境改善をはかり、ひいては国民の健康増進にも寄与することを目的とした。当初は、手動あるいは半自動式的眼鏡タイプで自動焦点化の機構開発をめざし、眼鏡レンズの自動焦点化と輻輳（寄り眼）による視線変位とその眼位への影響解析を行った。試作眼鏡の光学的検討ならびに装用試験を実施し、試作眼鏡のその有用性と実用性の検討を行った。



B. 研究方法

眼鏡レンズの屈折力を連続的に可変出来る機構の開発をめざし、試作を行った。また、レンズの作製範囲や製作精度上の問題点を当初検討する。眼鏡タイプであるため、外見デザインや形状だけでなく眼鏡全体の軽量化を図らなくてはならないため、素材の選定、部品の小型軽量化ならびに膜レンズ自体の強度の確保を目指した。初年度は、これらの検討事項以外にレンズ形状の可変機構を最適化するための検討を行い、その結果をふまえて、手動式ではあるがレンズ屈折力が可変出来る眼鏡の試作（委託研究先：㈱泉精器製作所）を行い、光学的・機械的な試験研究を行った。最終年では、複数の試作を繰り返し、最適な最終設計を行い、実用化できる自動焦点眼鏡の試作を試みるとともに実用性の観点からの検討を加える。最後に自動焦点眼鏡機構のための、センシング機構と制御機構の導入をはかり、自動焦点眼鏡化を推進する。

自動焦点眼鏡の設計・試作には魚里が主にあたり、試作眼鏡の光学試験や装用試験を魚里と泉精器製作所で協力して実施した。試作眼鏡の臨床評価には分担研究者（庄司、鈴木、清水）が加わり検討した。自動焦点機構試作を㈱泉精器に委託するとともに、眼鏡タイプの自動焦点レンズ機構についてもその試作を㈱泉精器に委託した。最終年度には、眼鏡のデザインを含めた最終調整を行うとともに、自動焦点眼鏡の生産開発を㈱泉精器製作所に

委託する。

高齢者の視機能低下や老視を治療・矯正する方法は、光学的、手術的あるいは薬物的なものが考えられている。これらの白内障眼内レンズ手術、屈折矯正手術やモノビジョン法による矯正、コンタクトレンズ（CL）、眼内レンズ（IOL、ICLなど）、眼鏡など各種方法の基礎的検討や高齢者の視機能や調節機能などについても分担者（清水、鈴木、庄司）の協力を得て並列的に検討を進めた。これら各種方法の特徴や問題点を検討すると共に、眼手術を受けた高齢者の自動焦点眼鏡適応についても検討を進めた。

（倫理面への配慮）

今回は、自動焦点眼鏡レンズシステムの開発が主たる目標であるため、倫理面での問題はないが、製品の安全性を十分に検討するとともに、高齢者社内ボランティアによる装用試験時には、インフォームドコンセントを配慮して行った。

C. 研究結果

1) レンズ光学特性

眼鏡レンズの屈折力を変えるため、特殊液体を注入した膜状レンズを外部圧力機構にてレンズ曲面と厚みを変えることが出来るのを確認済みである。また、遠くから近くの物体まで両眼で正しく明視出来るためには、両眼視線の回旋（内よせ、輻輳）を伴うため、レンズのプリズム効果による影響がでる。この影響を出来るだけ少なくするため、あらかじめ眼鏡レンズの光学中心のオフセットにより減少させ、このプリズム効果の影響を検討し、遠用から近用に至る注視距離で実用上問題のないことを確認している。焦点可変をしてもプリズム基底内方（ベースイン）効果のため近方視では輻輳が容易になるよう配慮してい

る。このことは、レンズメーターでの測定やレーザービームを用いた光線ふれ角を眼鏡レンズパワーを連続的に可変しながら実測して確認した。

眼鏡レンズ屈折度（遠用度数）と近用加入度数（近用度数）の安定性、ならびに遠用ー近用可変時の安定性・再現性をオートレンズメーターによる中央部屈折力から評価して、実用上問題のないことを確認した。レンズ経線方向の屈折力の相違（非対称性）による乱視効果の発生を伴うが、実用上の矯正精度からして 0.25D 以内に十分納めることだ可能であった。

眼鏡レンズの表面の対称性は、所望屈折度を得るために極めて重要であるが、膜レンズの非対称性変形が伴えば、乱視が発生し屈折度が安定しない。そのため、レンズ表面の形状安定性は、プラチドリングの反射像から評価し有効光学径内では安定していることを確認した。また、MTF(modulation transfer function)測定装置により、遠用から近用へ連続的に焦点を可変した際の結像特性（コントラスト伝達特性）も評価した。その結果、通常の単焦点レンズに比較して、MTF の結像特性は多少低下するものの、多焦点や累進屈折力レンズの結像特性より優れていた。

2) 機械的特性

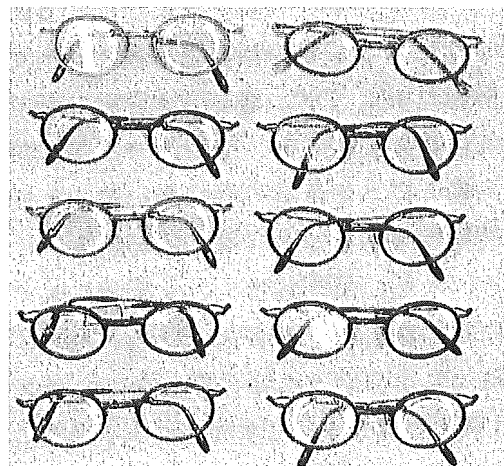
レンズを形成する特殊薄膜の強度ならびに駆動系の外圧による形状変化がほぼ球面状に変化しレンズ屈折力も連続的に変化できることを確認している。なおレンズ内の液体重量による重力変形についても実測するとともに、発生する非対称性による乱視効果も極めて少ないことを確認している。これらフレームや膜レンズの変形効果は、コンピューターシミュレーション（構造解析、光学設計ソフト）による検討も合わせて行った。

落下や衝突に伴うレンズ強度や安全性についても予備実験により確認すると共に、液体レンズの漏れを防ぐシールドの工夫も行った。

焦点可変機構部の安定性や膜レンズの強度、液体レンズのシールド等については100万回作動試験により問題のないことも確認している。その際のレンズ屈折度の変化は臨床上の矯正精度以下であり、強度及び度数精度とも安定していることを確かめた。

3) 試作眼鏡の試用試験

予備的な各種試作眼鏡の結果から初年度の最終的な試作眼鏡を製作し、社内老視対象ボランティア10名の協力を得て装用試用試験を実施した。装用前、装用初日、装用1週間および1ヶ月後に視機能検査を行った。



その結果、遠・近方視力、屈折度、眼位、両眼視機能、コントラスト感度を測定した。いずれの項目も装用前と比較して有意な変化を認めなかった。自覚的なアンケートでは、視界（視野の狭さ）や眼鏡重量、フレームデザインなどについて気になるという一部の意見が認められたが、目の疲れや違和感につながるような意見を認めなかった。

4) 老視矯正・治療法

高齢者の視機能低下や老視を治療・矯正す

る方法は、光学的、手術的あるいは薬物的なものが各種考えられている。これらの白内障眼内レンズ手術、屈折矯正手術やモノビジョン法による矯正、コンタクトレンズ (CL)、眼内レンズ (IOL, ICL など)、眼鏡などを各種方法の基礎的検討や高齢者の視機能や調節機能などについても分担者 (清水、鈴木、庄司) の協力を得て並列的に検討を進めた。これら各種方法の特徴や問題点を検討すると共に、眼手術を受けた高齢者の自動焦点眼鏡適応についても検討を進めた。

高齢者やそれに伴う白内障術後症例増加により老視の克服は21世紀の大きなテーマである。白内障手術対象者では手術の際に用いる眼内レンズ (IOL) を工夫して老視への対策を取ることも可能である。代表的には多焦点 IOL、調節性 IOL や屈折矯正手術や IOL を応用したモノビジョン法なども試みられている。多焦点 IOL では、遠近それぞれの視力はある程度維持できるが、コントラスト感度の低下や瞳孔径への依存性が大きい欠点を有する。調節性眼内レンズは最近有望視されているが、所望の調節幅はほとんど得られず自覚的に1~2Dにとどまっている。モノビジョン法 (左右に2~3Dの屈折差をつける方法) は個人差も大きく眼優位性に左右される。また人工的に不同視を作成するため両眼視機能の低下を招きやすい。

現段階では、老視治療の選択肢は広がっているが、それぞれ利点と欠点を持ち合わせており決定的な方法は確立出来ていない。眼鏡やCLは比較的安価で安全性は高いが、複数の眼鏡を用いるなどその煩雑さが問題である。そのため1枚の眼鏡レンズで老視矯正が可能になればその効果は極めて大きいと言える。

D. 考察

自動焦点 (オートフォーカス) 機構については、カメラの分野で早くから開発されてきているが、主にレンズ系の前後移動による方法を採用している。しかし眼鏡レンズでも古くから、自動焦点化のアイデアが様々な方式で国内外でも提案されているが、実用化しているものはほとんどない。

今回我々の方法は、眼鏡レンズの曲面形状と中心厚みを変化させることで、レンズ屈折力を特定範囲において任意に可変出来るようにした自動焦点眼鏡である。当初は、見る目標物に応じてレンズ屈折力を手動にて連続可変出来る機構を持たせた。視距離に応じて輻輳角とレンズ屈折力を制御することが必要であるが、眼鏡自体の重量が重くなりすぎるため、当初は屈折力可変タイプの軽量眼鏡を試作開発した。

焦点可変機構上の問題から、眼鏡フレームの形状やデザインでの制約が残存する。また、眼鏡の重量は初期ガラス眼鏡程度まで軽量化できているが、現在の軽量眼鏡には及ばないため、さらに軽量化を目指し、眼鏡・フレームデザインの検討を進める必要がある。

また、完全なる自動焦点化をはかるために、眼球運動による輻輳角から両眼の視線方向をセンシングし、目標視距離を予測してそれに応じたレンズ屈折可変機構についても検討を行い、実現化に向けての開発研究が必要である。

眼鏡に自動焦点調節機構を付加することで、調節力の衰退した老視眼の視環境改善をはかる試みは、現代の高齢化社会ニーズに大きく貢献できる。そのためには、小型軽量の自動焦点化機構の開発と、従来眼鏡に匹敵する大きさ・重量を実現し、高齢者への負担を極力少なくできる比較的廉価で実用性のある眼鏡開発を目指さなくてはならない。

E. 結論

高齢者の視機能特に老視矯正支援を行うため、遠方から近方まで連続的に自動焦点化を可能にする老視眼鏡を試作開発した。特殊膜レンズの外部圧コントロールで厚みと形状を変化できうる眼鏡である。試作眼鏡レンズの光学特性や機構上の機械特性も実用上あるいは臨床矯正上も問題なく使用できうることを確認できた。また試作眼鏡の装用試験でも、装用前後の視機能検査で他覚的にも自覚的にも大きな問題点がないことを確認できた。一部デザイン改良や眼鏡重量の軽量化などの改善の余地はあるが、今回試作した半自動焦点眼鏡は、高齢者の老視矯正支援装置として極めて有用である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- ・ 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(1):93-95, 2005
- ・ 川守田拓志、魚里 博：単焦点と多焦点 IOL における空間周波数特性の比較、眼科手術、18(1): 77-81, 2005
- ・ 川守田拓志、半田知也、魚里 博：類液が角膜収差の時間的変化に与える影響、日本眼科紀要、56(1): 3-6, 2005
- ・ 魚里 博：コンタクトレンズにおける眼光学、臨床眼科、58(13): 2211-2220, 2004
- ・ 梶田浩三、名和良晃、上田哲生、原 嘉昭、魚里 博：遠視 LASIK における高次収差変化、あたらしい眼科、21(9): 1237-1240, 2004
- ・ 高崎恵理子、魚里 博、清水公也、他：初期白内障における愁訴と高次波面収差、臨床眼科、58(8): 1543-1547, 2004
- ・ 嶺井利沙子、清水公也、魚里 博、他：調節性眼内レンズの初期経過、眼科手術、17(1): 79-82, 2004
- ・ 小手川泰江、魚里 博、他：LASIK 術後の薄暮視の検討、あたらしい眼科、21(4): 519-522, 2004
- ・ 嶺井利沙子、清水公也、魚里 博、他：眼内レンズによるモノビジョン法の視機能評価、眼科手術、17(4): 223-228, 2004
- ・ Uozato H, Kawamorita T: Dynamic measurement of the implanted intraocular lens position with M-mode ultrasound biometry, Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(4): E-1730
- ・ Kawamorita T, Uozato H: The Effect of Pupil Size on Binocular Summation, Invest Ophthalmol Vis Sci, 45(4): E4322, 2004
- ・ Handa T, Mukuno K, Uozato H, Niida T, Shoji N, Shimizu K: Effect of dominant and nondominant eyes in binocular rivalry, Optom Vis Sci, 2004, 81(5): 377-382
- ・ Handa T, Mukuno K, Uozato H, Niida T, Shimizu K, et al: Ocular dominance and patient satisfaction after monovision induced by intraocular lens implantation, J Cataract Refract Surg, 2004, 30(4): 769-774
- ・ 魚里 博：今日の治療指針 2005 年版（山口 徹・北原光夫 総編集）医学書院、東京、2005、992-993（分担執筆）

2. 学会発表

- ・ 飯田嘉彦、清水公也、小松真理、鈴木雅信、魚里 博、相澤大輔：Wavefront-guided LASIK の術後 2 年の評価、第 27 回日本眼科手術学会（2004 年 1 月 30 日～2 月 1 日/東京）講演抄録集 p.33
- ・ 川守田拓志、魚里 博：眼内レンズ(IOL)

- の空間周波数特性、第 27 回日本眼科手術学会 (2004 年 1 月 30 日～2 月 1 日/東京) 講演抄録集 p.58
- ・ 嶺井利沙子、清水公也、新田任里江、魚里博、新井田孝裕：眼内レンズによるモノビジョンのこれまでの問題点、第 27 回日本眼科手術学会 (2004 年 1 月 30 日～2 月 1 日/東京) 講演抄録集 p.58
 - ・ 魚里博、川守田拓志：涙液層の安定性が角膜収差に及ぼす影響、第 101 回神奈川県眼科集談会 (2004 年 2 月 12 日/横浜市) 講演プログラム抄録 p.3
 - ・ 川守田拓志、魚里博：涙液が角膜収差の時間的変化に与える影響、第 28 回角膜カンファランス (2004 年 2 月 19-21 日/米子) 講演抄録集 p.118
 - ・ 魚里博、川守田拓志、榊田 浩三：両眼解放および片眼遮蔽下の視機能検査に及ぼす影響、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録種 p.202
 - ・ 上田哲生、名和良晃、榊田浩三、原 嘉昭、魚里博：遠視 LASIK 後のコントラスト感度と角膜高次収差の関係、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.204
 - ・ 名和良晃、榊田浩三、上田哲生、石橋秀俊、原 嘉昭、魚里博：角膜屈折矯正手術後の Orbscan による「みかけの後面突出」の検討、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.252
 - ・ 半田知也、向野和雄、川守田拓志、清水公也、魚里博：非優位眼 defocus における眼優位性の適応機能、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.268
 - ・ 伊藤美沙絵、清水公也、魚里博、矢野隆、関口沙知子、田村千春、藤澤邦俊、相澤大輔：高次波面収差の年齢変化、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.269
 - ・ 辻 英之、園田良英、名和良晃、原 嘉昭、魚里博：SRK/T 式の最適化 A 定数計算方法の検討、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.293
 - ・ 西 智、名和良晃、辻 英之、原 嘉昭、魚里博：眼軸長測定誤差に影響されない IOL 交換のための度数決定法、第 108 回日本眼科学会総会 (2004 年 4 月 15-18 日/東京) 講演抄録集 p.293
 - ・ Uozato H, Kawamorita T: Dynamic Measurement of the Implanted Intraocular Lens Position with M-mode Ultrasound Biometry, 2004 ARVO Annual Meeting (2004/04/25-30, Ft. Lauderdale, FL) Preprint p.1730
 - ・ Kawamorita T, Uozato H: The effect of pupil size on binocular summation, 2004 ARVO Annual Meeting (2004/04/25-30, Ft. Lauderdale, FL) Preprint p.4322
 - ・ Handa T, Uozato H, Mukuno K, Minei R, Nitta M, Shimizu K: Quantitative measurement of ocular dominance as clinical application in monovision, 2004 ARVO Annual Meeting (2004/04/25-30, Ft. Lauderdale, FL) Preprint p.313
 - ・ Nishimoto H, Shimizu K, Ishikawa H, Higa R, Matsuzaki H, Fujisawa K, Yano T, Uozato H, Mukuno K: Vertical Strabismus Treatment by Decentered IOL Implantation (Decentraized IOL for Strabismus), 2004 Annual Meeting of the American Society of Cataract and Refractive Surgery (2003/05/01-05, San Diego, California, USA) Preprint
 - ・ 魚里博：視力の光学的側面、日本視能訓練士協会第 17 回総会・第 20 回講演会・第 3 回研修会 (2004 年 06 月 06 日/北里大学、東京) 抄録集 p.8-9

- ・前田直之、魚里 博（オーガナイザー）：シンポジウム 9. 波面光学の日本眼内レンズ・屈折矯正手術への応用、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.82
- ・飯田嘉彦、清水公也、小松真理、相沢大輔、鈴木雅信、魚里 博：Wavefront-guided LASIK における乱視治療効果、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.94
- ・比嘉利沙子、清水公也、藤澤邦俊、新田任里江、魚里 博：調節性日本眼内レンズ挿入眼の臨床経過、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.120
- ・魚里 博、川守田拓志、榊田浩三：両眼解放および片眼遮蔽下の視機能に及ぼす瞳孔径と収差の影響、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.122
- ・半田知也、清水公也、向野和雄、川守田拓志、魚里 博：非優位眼 defocus における binocular summation、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.122
- ・名和良晃、竹谷 太、上田哲生、原 嘉昭、松本俊郎、岩部晃徳、魚里 博：有限要素法を用いた PRK 後の角膜突出の解析、第 19 回日本眼内レンズ屈折手術学会（2004 年 06 月 25-27 日／福岡市）講演抄録集 p.129
- ・榊田浩三、上田哲生、名和良晃、原 嘉昭、魚里 博：調節に伴う角膜の形状変化について、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.52
- ・田村千春、堀部 円、高橋恵理子、相沢大輔、藤澤邦俊、鈴木雅信、清水公也、魚里 博：ICL 挿入術前後のコントラスト感度、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.47
- ・半田知也、魚里 博、比嘉利沙子、新田任里江、清水公也：モノビジョンの両眼加算における眼優位性の影響、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.48
- ・中川皓夫、名和良晃、渡辺千博、岸本精一、中尾主一、魚里 博、鈴木武敏：自覚屈折検査第二法を実現するための新しい視力標、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.63
- ・川守田拓志、魚里 博：正視眼と近視眼における調節微動解析、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.68
- ・中川皓夫、名和良晃、渡辺千博、岸本精一、魚里 博、鈴木武敏：瞳孔の近見反応測定装置、トライイリス C9000 による眼精疲労眼の評価、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）抄録集 p.69
- ・川守田拓志、魚里 博：調節微動プログラム MF-1 の使用経験、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会ランチョンセミナー（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）
- ・魚里 博：ランチョンセミナー（調節微動解析）、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12 日／横浜市）
- ・魚里 博：シンポジウム 4, これからの眼鏡、第 40 回日本眼光学学会・第 19 回眼科 ME 学会合同学会総会（2004 年 09 月 11-12

- 日／横浜市)抄録集 p.37-39
- ・後関利明、松崎 江、石川 均、魚里 博、清水公也、浅川 賢：若年者・初期老視群の近見時瞳孔反応・眼球運動に対する片眼遮蔽の影響、第40回北里大学・神奈川県眼科医会合同リサーチカンファレンス(2004年10月07日／相模原南メジカルセンター)講演プログラム・抄録 p.2
 - ・浅川 賢、石川 均、魚里 博、清水公也：若年群・老視群の近見時瞳孔反応・眼球運動に対する片眼遮蔽の影響、第42回日本神経眼科学会(2004年10月15-17日／名古屋市)
 - ・関口沙知子、伊藤美沙絵、矢野 隆、相沢大輔、鈴木雅信、魚里 博、清水公也：若年者における高次収差の検討、第45回日本視能矯正学会(2004年10月23-24日／盛岡市)
 - ・山口華奈子、堀部 円、筒井健太、魚里 博、清水公也：近見作業に伴う眼軸長、前房深度の変化、第45回日本視能矯正学会(2004年10月23-24日／盛岡市)
 - ・浅川 賢、石川 均、魚里 博、清水公也：若年群・老視群のステップ刺激による近見時瞳孔反応・眼球運動に対する片眼遮蔽の影響、第57回日本自律神経学会総会(2004年10月28-29日／長崎市)抄録集 p.69
 - ・魚里 博、川守田拓志：超音波 A-mode を応用した移植眼内レンズの動的挙動測定、第58回日本臨床眼科学会総会(2004年11月11-14日／東京フォーラム)講演抄録集 p.89
 - ・川守田拓志、半田知也、魚里 博：単眼視と両眼視下における瞳孔径と高次収差、第58回日本臨床眼科学会総会(2004年11月11-14日／東京フォーラム)講演抄録集 p.171
 - ・榎田浩三、原 嘉昭、魚里 博：調節負荷に伴う眼球高次収差の変化、第58回日本臨床眼科学会総会(2004年11月11-14日／東京フォーラム)講演抄録集 p.171
 - ・半田知也、庄司信行、山川弥生、河合裕美、新田任里江、魚里 博、清水公也：緑内障性視野異常に伴う眼優位性の適応変化、第58回日本臨床眼科学会総会(2004年11月11-14日／東京フォーラム)講演抄録集 p.94
 - ・高崎恵理子、熊野御堂隆、宇津見義一、飯田嘉彦、相沢大輔、鈴木雅信、魚里 博、清水公也：高次波面収差を用いたハードコンタクトレンズ装用の臨床的検討、第58回日本臨床眼科学会総会(2004年11月11-14日／東京フォーラム)講演抄録集 p.172
 - ・Kawamorita T and Uozato H: Effect of Pupil Size on Binocular and Monocular Visual Functions, 10th International Orthoptic Congress, (2004/11/14-18, Melbourne) Preprint p.104
 - ・Handa T, Uozato H, Mukuno K, Higa (Minei) R, Nitta M, Shimizu K: A clinical quantitative measurement of ocular dominance, 10th International Orthoptic Congress, (2004/11/14-18, Melbourne) Preprint p.89
 - ・Itoh M, Shimizu K, Uozato H, Yano T, Sekiguchi S, Fujisawa K, Aizawa D, Fujiyama Y, Shoji N, Mukuno K: Age-related changes in wavefront aberration of the human eyes, 10th International Orthoptic Congress, (2004/11/14-18, Melbourne) Preprint p.104
 - ・川守田拓志、魚里 博：多焦点眼内レンズにおいて瞳孔径が空間周波数特性(MTF)に与える影響、第70回日本中部眼科学会(2004年11月26-28日／大阪市)講演抄録集 p.95
 - ・川守田拓志、半田知也、魚里 博：仰臥位における角膜形状変化、第28回日本眼科学術学会総会(2005年01月28-30日／大阪市)講演抄録集 p.76
 - ・魚里 博、川守田拓志、清水公也：角膜屈

折矯正手術が眼内レンズの有効光学径に及ぼす影響、第 109 回日本眼科学会総会（2005 年 3 月 24-27 日／京都市）講演抄録集 p.100

・飯田嘉彦、清水公也、鈴木雅信、相沢大輔、伊藤美沙絵、難波貴代、魚里 博：調節負荷に伴う高次波面収差の定量解析、第 109 回日本眼科学会総会（2005 年 3 月 24-27 日／京都市）講演抄録集 p.101

・半田知也、魚里 博、清水公也：レチノメーターを用いた眼優位性定量法・装置の試作、第 109 回日本眼科学会総会（2005 年 3 月 24-27 日／京都市）講演抄録集 p.193

・藤村英佐子、半田知也、魚里 博、清水公也：両眼解放下における調節機能への眼優位性の影響、第 109 回日本眼科学会総会（2005 年 3 月 24-27 日／京都市）講演抄録集 p.194

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

- | | |
|-----------|----|
| 1. 特許取得 | なし |
| 2. 実用新案登録 | なし |
| 3. その他 | なし |

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

老視眼の視機能とその治療法に関する研究

分担研究者 鈴木 雅信 北里大学医学部眼科 助教授
分担研究者 清水 公也 北里大学医学部眼科 教授

研究要旨

老視眼の視機能を解明するため、波面収差の観点から様々な眼状態における視機能を研究した。水晶体硬化を持つ老視眼では、白内障の影響による収差変化を考慮する必要がある。高度の屈折異常眼では、老視矯正に先立って屈折異常を矯正しておくことが望ましく、眼内レンズの中でも後房型の有水晶体眼内レンズ手術法（ICL）が極めて有望である。老視の治療法に関して、各種の方法が試みられているが、それぞれ利点と欠点を有しており、現段階では決定的な方法は確立できていない。手術的あるいは非手術的な治療法のさらなる改善が望まれる。

A. 研究目的

平成16年度においては老視における視機能を解明するため、収差の観点から様々な眼状態における視機能を研究した。

老視眼の治療・矯正方法についてその問題点や対応策についても検討した。

B. 研究方法

高齢者の視機能低下や老視を治療・矯正する方法は、光学的、手術的あるいは薬物的なものが考えられている。これらの白内障眼内レンズ手術、屈折矯正手術やモノビジョン法による矯正、コンタクトレンズ（CL）、眼内レンズ（IOL, ICL など）、眼鏡など各種方法の基礎的検討や高齢者の視機能や調節機能などについても検討を進めた。

老視眼の視機能を解明するため、波面収差による様々な眼状態における視機能の検討も

実施した。

C. 研究結果と考察

1) 老視は主に水晶体の老化による硬化のため、水晶体の可塑性が低下することによっておきるが、水晶体の硬化と水晶体の混濁である白内障には密接な関係がある。老視につながる初期白内障症例における愁訴と眼球光学系の高次波面収差との関係を検討したところ、手術希望群 $0.272\mu\text{m}$ 、非希望群 $0.201\mu\text{m}$ ($p<0.001$)、羞明と霧視の強度群では、弱度群よりも眼球光学系全体の高次収差が有意に高かった ($p<0.01$)。この研究から、水晶体硬化を持つ老視眼においては白内障の影響による収差の変化についても考慮することが必要と考えられた

2) 高度の屈折異常眼においては老視の矯正に先立って元の屈折異常を矯正する必要がある。屈折矯正手術法として現在広く行なわ

れるようになってきたエキシマレーザー手術（レーシック）においては高度の屈折異常を矯正した際に収差の増加が避けられないが、波面収差を補正するWavefront-guided LASIK法を用いることで増加を減らすことができる。また、新しい手術法として水晶体を温存したまま、眼内レンズを挿入する有水晶体眼内レンズ手術法（ICL）が試みられている。これらの手術法について収差を比較検討した。角膜高次収差はLASIK、Wavefront-guided LASIKにおいては収差が増加したが、ICLでは増加しなかった。全眼球高次収差においてもLASIK、Wavefront-guided LASIKにおいては収差が増加したが、ICLでは増加しなかった。この研究から高度の屈折異常眼においては屈折矯正方法により、収差が増大または変化しない場合があることが明らかとなった。老視矯正においては元の屈折異常の矯正法の影響を考慮することが必要であると考えられた。

3) 波面収差を補正するWavefront-guided LASIK法を用いることで屈折矯正術後の収差増加を減らすことができる。視機能矯正法における治療困難例に対する治療方針の検討を行った。

4) 老視眼の治療・矯正法に関しては、光学的、手術的あるいは薬物的なものが各種考えられている。これらの白内障眼内レンズ手術、屈折矯正手術やモノビジョン法による矯正、コンタクトレンズ（CL）、眼内レンズ（IOL、ICL など）、眼鏡などを各種方法の基礎的検討や高齢者の視機能や調節機能などについても検討した。

D. 結論

老視眼の視機能を考慮する上で、水晶体硬化による波面収差への影響を考慮することが重要である。

また、老視治療・矯正に関して、現段階で

は、老視治療の選択肢は広がっているが、それぞれ利点と欠点を持ち合わせており決定的な方法は確立出来ていない。眼鏡やCLは比較的安価で安全性は高いが、複数の眼鏡を用いるなどその煩雑さが問題である。そのため1枚の眼鏡レンズで老視矯正が可能になればその効果は極めて大きいと言える。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

1) 高崎恵理子、伊藤美沙絵、相澤大輔、藤澤邦俊、鈴木雅信、魚里 博、清水公也：初期白内障における愁訴と高次波面収差。臨眼、58(8)：1543-1547, 2004.

2) 鈴木雅信、清水公也：有水晶体眼内レンズ-後房型レンズ(ICL)の治験成績-第1土曜特集 超高齢化社会における感覚器医学-眼科学は何をめざしているのか 医学のあゆみ 211(10), 943-948, 2004.

3) Suzuki M: Consultation Section. Refractive surgical problem edited by Kohnen T. J Cataract Refract Surg, 30:12, 2004.

4) 清水公也：老視の治療、神経眼科、21(1):29-36, 2004

5) 清水公也：白内障術後における老視の克服、IOL&RS, 18(1):31-35, 2004

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得 なし

2. 実用新案登録 なし

3. その他 なし

厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
分担研究報告書

高齢者の眼位保持機能に関する研究

分担研究者 庄司 信行 北里大学医療衛生学部 教授

研究要旨

高齢者の眼鏡矯正においては、Phoria adaptation の問題が伴うと考えられている。Phoria (prism) adaptation とは、プリズムを装用ししばらく両眼視をした後、再びプリズムを装用したまま眼位を測定すると、はじめにプリズムなしで測定した眼位に戻るといった現象であるが、年齢によってその時間的変化が異なる可能性が考えられている。臨床的には、眼精疲労や複視を訴える患者にプリズムで眼位ずれを中和する方法でプリズム眼鏡を処方した場合、再診時に再び眼位ずれが出現することがある。すなわち、プリズムを通した状態でそのひと固有の眼位を保とうと眼球運動系に変化が生じたわけでこれを輻湊順応という。経験的に、この現象は若年者で生じやすく高齢者で生じにくい。これらの影響を老視群と非老視群で比較した結果、眼位の保持機能である Phoria adaptation は老視で低下していることが示唆された。

A. 研究目的

そこで、Phoria adaptation の加齢変化を調べ、老視の病態生理を考えるひとつの手がかりにするため、輻湊順応のひとつである Phoria adaptation を老視群・非老視群に分けて比較検討を行った。

B. 研究方法

対象は老視群14名（平均年齢 51.8 ± 7.3 歳）、非老視群12名（平均年齢 28.4 ± 6.2 歳）である。全例、眼科的疾患・神経学的所見を有さず、矯正視力1.0以上、近見立体視60sec以上（Titmus Fly test）であった。

方法は、Phoria adaptation を比較することによって行った。まず、半暗室（ 20cd/

m^2 ）で5メートル遠方にマドックス正切尺を設置し、頭部を固定した。Hole in card にて決定した優位眼にマドックス杆を装用させ、基準となる眼位を測定した。その後、非優位眼に 6Δ 又は 12Δ （フレネル膜プリズム）を基底外方に負荷し、再び眼位を測定した。次に15秒間両眼視をさせ、輻湊を惹起した。融像性輻湊が介入しないよう再びマドックス杆で優位眼遮閉をしながら、15秒毎に14回、計210秒間眼位の時間的変化を測定した。マドックス杆は周辺融像の影響を受けないように簡易な遮閉板を取りつけた。

C. 研究結果

1. Phoria adaptation 曲線

15秒間の両眼視の後、マドックス正切尺上の赤い線条光ははじめの60秒ほどで急激に基底と反対方向にシフトし、その後ゆっくりと基準となる眼位方向にもどってきた。老視群の Phoria adaptation 曲線は、非老視群に比べて緩やかで、6Δ の刺激負荷では 60 秒以降 210 秒まで有意な差が認められた(t検定 $p < 0.05$)。12Δ に刺激負荷量を増やすと、時間的变化はさらに緩やかになり、30 秒以降 165 秒で有意差を認めた(t検定 $p < 0.05$)。210 秒で測定を終了し、プリズムを抜去した際に違和感を訴える被験者がいた。

2. 利得(以下 gain)

210 秒後の負荷プリズム量に対する Phoria adaptation 量の比(gain)は、6Δ 負荷で老視群 0.80、非老視群 0.95 で有意差を認めた(t検定 $p < 0.05$)。また 12Δ 負荷では老視群 0.74・非老視群 0.87 であった。

3. 年齢と gain の関係

年齢と gain には弱い負の相関がみられた(Fisher のrのz変換 $p < 0.05$)。20 歳から 65 歳までに、6Δ 刺激負荷で年に 1.2 %、12Δ で 1.1 %の gain の減少がみられた。

D. 考察

Schor は輻湊に関し2つの神経積分器を想定している。ひとつは高速神経積分器

(fast neural integrator)で、輻湊刺激に対しはじめに視線を大きく修正する。次の低速神経積分器(slow neural integrator)は、その場に眼位を保持する役割を持つ。phoria adaptation のプリズム負荷前後の融像除去眼位(tonic vergence)の変化は slow neural integrator の活動を反映したものである。また、Phoria adaptation の機能低下はすでに眼精疲労・共同性・非共同性斜視・小脳疾患などで報告されており、今回老視によっても引き起こされることが示唆され、Phoria adaptation の加齢現象が明らかになった。

E. 結論

眼位の保持機能である Phoria adaptation は老視で低下していることが示唆された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

- | | |
|-----------|----|
| 1. 特許取得 | なし |
| 2. 実用新案登録 | なし |
| 3. その他 | なし |

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年	資料 番号
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(1)	93-95	2005	①
川守田拓志、 魚里 博	単焦点と多焦点 IOL における空間 周波数特性の比較	眼科手術	18(1)	77-81	2005	②
川守田拓志、 魚里 博、他	類液が角膜収差の時間的变化に与え る影響	日本眼科紀要	56(1)	3-6	2005	③
魚里 博	コンタクトレンズにおける眼光学	臨床眼科	58(13)	2211-20	2004	④
高崎恵理子、 魚里 博、 清水公也、他	初期白内障における愁訴と高次波面 収差	臨床眼科	58(13)	1543-47	2004	⑤
榊田浩三、 魚里 博、他	遠視 LASIK における高次収差変化	あたらしい眼科	21(9)	1237-40	2004	⑥
Handa T, Uozato H, et al	Ocular dominance and patient satisfaction after monovision induce by intraocular lens implantation	J Cataract Refract Surg	30(4)	769-774	2004	⑦
Handa T, Uozato H, et al	Effect of Dominant and Nondominant Eyes in Binocular Rivalry	Optom. Vis. Sci.	81(5)	377-382	2004	⑧
Kawamorita T Uozato H	The Effect of Pupil Size on Binocular Summation	Invest Ophthalmol Vis Sci	45(4)	E4322	2004	⑨

Uozato H, Kawamorita T	Dynamic Measurement of the Implanted Intraocular Lens Position with M-mode Ultrasound Biometry	Invest Ophthalmol Vis Sci	45(4)	E1730	2004	⑩
嶺井利沙子、 魚里 博、 清水公也、他	眼内レンズによるモノビジョン法の 視機能評価	眼科手術	17(4)	223-8	2004	⑪
小手川泰江、 清水公也、 魚里 博、他	LASIK 術後の薄暮視の検討	あたらしい眼科	21(4)	519-22	2004	⑫
嶺井利沙子、 清水公也、 魚里 博、他	調節性眼内レンズの初期経過	眼科手術	17(1)	79-82	2004	⑬
鈴木雅信、 清水公也	有水晶体眼内レンズ—後房型レンズ (ICL)の治験成績	医学のあゆみ	211 (10)	943-948	2004	⑭
Suzuki M	Consultation Section, Refractive surgical problem edited by Kohnen T.	J Cataract Refract Surg	30(1)	12	2004	⑮
清水公也	老視の治療	神経眼科	21(1)	29-36	2004	⑯
清水公也	白内障術後における老視の克服	IOL&RS	18(1)	31-35	2004	⑰

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ	⑱
魚里 博	屈折異常（眼鏡、コ ンタクトレンズ）	山口 徹・ 北原光夫	今日の治療指 針 2005 年版	医学書院	東京	2005	992-93	⑱

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

魚里 博^{*1,2} 川守田拓志^{*1}

^{*1}北里大学大学院医療系研究科視覚情報科学・眼科学 ^{*2}北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻

Effect of Pupil Size and Optical Aberration on Visual Functions under Binocular and Monocular Viewing Conditions

Hiroshi Uozato^{1,2)} and Takushi Kawamorita¹⁾

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

²⁾ Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Sciences

両眼視と単眼視下における瞳孔径と収差が、視機能に与える影響を検討した。被検者は正視眼の8名16眼である。実験は、両眼・単眼視下においてコントラスト感度・視力(log MAR値)の測定を行い、両眼視下で経時測定が可能な赤外線瞳孔計FP-10000®(TMI社)を用いて各検査下での瞳孔径を計測した。さらに、OPD-Scan®(NIDEK社)で測定した解析径6.0mmにおける収差を基に、Schwiegerlingの変換公式を用いておのおのの検査時に対応した瞳孔径での全高次収差、コマ様収差、球面様収差を再計算し、比較を行った。コントラスト感度・視力とともに、両眼視下で有意な視機能上昇が認められた。各検査時の瞳孔径は、両眼視下で有意に小さく、高次収差も有意な低値を示した。瞳孔は、両眼視時に眼球光学系の収差を効果的に減少させ、視機能を向上させるために重要な役割を果たしていると考えられた。

We investigated the effects of pupil size and optical aberration on visual functions under binocular and monocular conditions. Pupil diameters were continuously recorded during examination of contrast sensitivity (CS) and visual acuity (log MAR scale). Aberrometry was measured with OPD-Scan. Zernike coefficients were calculated for the pupil diameters under binocular and monocular conditions using Schwiegerling's method of recalculating the expansion coefficient. Significant differences were found between binocular log CS and monocular log CS. Binocular visual acuity was significantly better than monocular visual acuity. Mean pupil diameters examined under binocular conditions decreased significantly as compared to monocular conditions. With the increases in pupil diameter, optical aberrations increased significantly. These results suggest that decrease in pupil diameter from monocular to binocular conditions causes a decrease in optical aberration, resulting in the improved subjective visual performance.

(Atarashii Ganka (Journal of the Eye) 22(1):93~95, 2005)

Key words : 瞳孔径, 赤外線電子瞳孔計, 収差, コントラスト感度, 視力. pupil size, infrared electronic pupilometer, optical aberration, contrast sensitivity, visual acuity.

はじめに

瞳孔径の変化は、網膜像の質を変化させ、視機能に最も影響を与えるものの一つである¹⁾。しかしながら、視機能検査下での瞳孔径と収差に関する報告はみあたらない。そこで今回筆者らは、両眼視と単眼視下において、瞳孔変化による光学的な要因が、どの程度視機能に影響を与えているかを調査し、また臨床上与えうる影響を検討した。

I 対象および方法

被検者は、眼科的疾患を有しない正視眼(平均 $+0.12 \pm 0.34$ D)の8名16眼、平均年齢 21.1 ± 1.6 歳(19~23歳)である。等価球面値 ± 1 D以上の者、コンタクトレンズ装用者、斜位が10プリズム以上の者は、除外した。被検者には十分なインフォームド・コンセントを行った。

〔別刷請求先〕 魚里 博：〒228-8555 相模原市北里1-15-1 北里大学大学院医療系研究科視覚情報科学・眼科学

Reprint requests : Hiroshi Uozato, Ph.D., Department of Ophthalmology and Visual Science, Kitasato University Graduate School of Medical Sciences, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara 228-8555, JAPAN

コントラスト感度は、検査距離 3 m で Vision Contrast Test System 6500[®] (Vistech 社) を用い、結果の値は対数 (log) 値に換算した。遠見視力 (log MAR 値) は、検査距離 5 m の log MAR 視力表 LVC-1[®] (NEITZ 社) を用いた。波面収差測定は、OPD-Scan ARK-10000[®] (NIDEK 社) を用い、測定径 6 mm における Zernike 係数を解析した。両眼と単眼視時の瞳孔変化に対応した高次収差の変化を知るために、任意の瞳孔径で、Zernike 展開係数を再計算することが可能な Schwiegerling の変換公式²⁾ を用い、おのおのの瞳孔径での全高次収差、コマ様収差 (S3+S5)、球面様収差 (S4+S6) を再計算し、比較を行った。瞳孔径は、各視機能検査下における瞳孔径の経時変化を赤外線電子瞳孔計 FP-10000[®] (TMI 社) にて測定した。本装置は、視機能検査中において両眼開放下での経時測定が可能である。瞳孔径は、各検査下における瞳孔水平径の平均を用い、瞬目による波形変化は除外した。単眼視時の遮閉には、黒いアイパッチを使用し、非検査眼の眼内への入射光が最小限となるよう配慮した。単眼視における視機能検査および瞳孔測定は、アイパッチを貼り、5 分間の順応を行った後に計測した。検査および遮閉の順序は、ラ

ンダムに行った。単眼視と両眼視下における視機能検査結果の統計学的検定には、反復測定分散分析 (repeated measurement ANOVA) と対応のある *t* 検定を用いた。

II 結 果

コントラスト感度は、単眼視に比べ両眼視で有意に高い結果となった ($p < 0.05$) (図 1)。視力 (log MAR 値) においても、単眼視に比べ両眼視で有意に高い結果となった ($p < 0.01$) (図 2)。瞳孔水平径は、コントラスト感度、遠見視力検査下において両眼で有意に低値を示し ($p < 0.01$)、約 1 mm 縮瞳した (図 3)。また、その両眼と単眼の瞳孔径に対応した高次収差の比較では、全高次収差、コマ様収差 (S3-S5)、球面様収差 (S4+S6) のすべてにおいて、単眼視時に比べ両眼視で有意に低値を示した ($p < 0.05$) (図 4)。

III 考 按

コントラスト感度・視力においては、過去の報告と同様に、両眼視機能が単眼視機能を上回る結果となった。両眼視時に、瞳孔径は有意な低値を示し、高次収差も有意に減少し

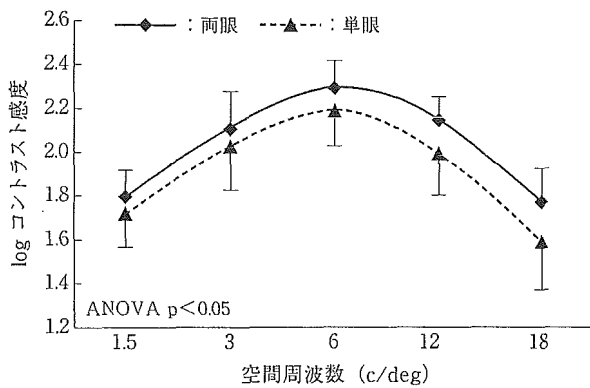


図 1 両眼視と単眼視下における log コントラスト感度の比較 (平均値 ± 標準偏差)

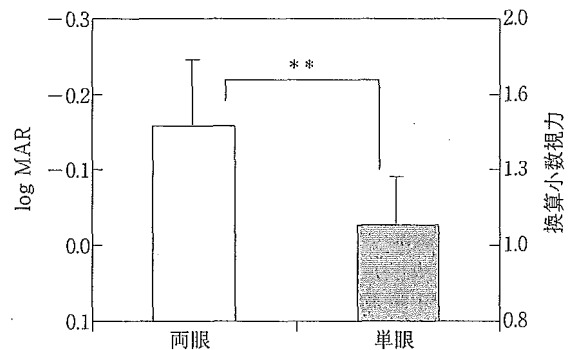


図 2 両眼視と単眼視下における視力値 (log MAR 値) の比較 (平均値 ± 標準偏差)
** $p < 0.01$.

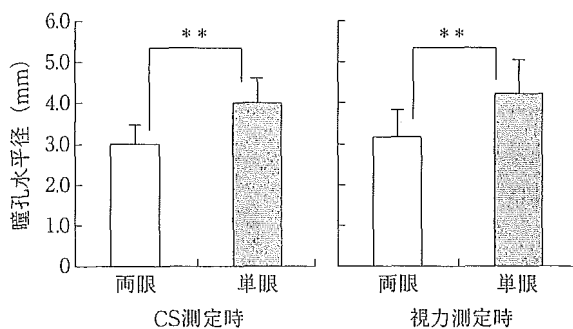


図 3 視機能検査時 (コントラスト感度と視力) における瞳孔径の比較 (平均値 ± 標準偏差)
** $p < 0.01$.

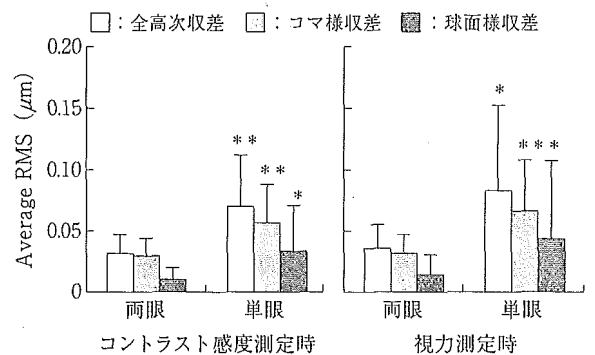


図 4 両眼視と単眼視下における瞳孔径に対応した高次収差の比較 (平均値 ± 標準偏差)
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (両眼と単眼における比較)。

た。この結果は、瞳孔の変化による高次収差の減少、光学的要因が両眼加算に与える影響が無視できないことを示唆している。過去の報告で、Losadaら⁴⁾は、高空間周波数帯のコントラスト感度の低下は、収差などの光学的要因がおもに関与していると述べている。CampbellとGreen⁵⁾は、ヒト眼の空間周波数特性(MTF)に関する研究で、瞳孔の拡大が収差の増加を招き、網膜上へのコントラストの伝達特性を低下させると報告している。ほかにも瞳孔の変化は、瞳孔中心の偏位⁶⁾や網膜照度の変化⁷⁾、スタイルズ・クローフォード効果⁸⁾など視機能に与える因子は数多くある。そして、これらの影響は、コントラスト感度だけでなく視力にも起こりうる。視力は、コントラスト感度において、高空間周波数帯のcut-off値に相当することから、上述した瞳孔変化による光学的変化の影響を同様に受けることが予想される。したがって、临床上、白内障、屈折矯正手術後の高次収差が大きい症例では、両眼視と単眼視の視機能が大きく変化する可能性がある。Wachlerら⁹⁾は、角膜収差が増加していると考えられるLASIK (laser in situ keratomileusis) 患者群と非LASIK患者群においてこの検討を行ったが、有意な変化は認められなかった。しかし、彼らの検討では、収差の計測が行われていないこと、瞳孔径の計測が視機能検査下では行われていないことから、今後再検討する必要がある。単眼視時の瞳孔径が拡大する現象については、立体視のない患者ではみられないことから両眼視の確立や斜視角(斜位)、あるいは片眼の照度変化が関与しているなど、さまざまな報告がある^{10,11)}。このように原因ははまだ解明されていないが、片眼時に瞳孔径が大きく変化する症例ほど、収差の影響を受け、視機能の低下が大きくなると考えられる。今後、この瞳孔変化による光学的要因が、従来いわれている両眼視覚情報の確率的加算や中枢系の加算^{12,13)}にどの程度影響を与えているか、検討を行う予定である。

今回筆者らは、両眼視と単眼視下における瞳孔と視機能の関係について検討した。その結果、瞳孔は、両眼視時に眼球光学系の収差を効果的に減少させ、視機能を向上させるために重要な役割を果たしていると考えられた。

本研究の一部は、第57回日本臨床眼科学会(2003年11月/名古屋市)、第108回日本眼科学会総会(2004年4月/東京)で発表した。

謝辞: 本研究の一部は、文部科学省科学研究費萌芽研究(HU)と北里大学大学院医療系研究科の教員プロジェクト研究(HU)の補助を受けた。

文 献

- 1) Applegate RA : Glenn fry award lecture 2002 : Wavefront sensing, ideal corrections, and visual performance. *Optom Vis Sci* 81 : 167-177, 2004
- 2) Schwiegerling J : Scaling Zernike expansion coefficients to different pupil sizes. *J Opt Soc Am A* 19 : 1937-1945, 2002
- 3) Campbell FW, Green DG : Monocular versus binocular visual acuity. *Nature* 208 : 191-192, 1965
- 4) Losada MA, Navarro R, Santamaria J : Relative contributions of optical and neural limitations to human contrast sensitivity at luminance levels. *Vision Res* 33 : 2321-2336, 1993
- 5) Campbell FW, Green DG : Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol* 186 : 576-593, 1965
- 6) Uozato H, Guyton DL : Centering corneal surgical procedures. *Am J Ophthalmol* 103 : 264-275, 1987
- 7) Wilson M, Campbell M, Simonet P : Change of pupil centration with change of illumination and pupil size. *Optom Vis Sci* 69 : 129-136, 1992
- 8) Smith G, Atchison DA : The eye and visual optical instruments. p308-309, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1997
- 9) Wachler BB : Effect of pupil size on visual function under monocular and binocular conditions in LASIK and non-LASIK patients. *J Cataract Refract Surg* 26 : 275-278, 2003
- 10) Birch EE, Held R : The development of binocular summation in human infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 24 : 1103-1107, 1983
- 11) Romano P, Michels M : Binocular luminance summation in infants. *Arch Ophthalmol* 103 : 1840-1841, 1985
- 12) Blake R, Fox R : The psychophysical inquiry into binocular summation. *Percept Psych* 14 : 161-185, 1973
- 13) Hubel DH, Wiesel TN : Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *J Physiol* 195 : 215-243, 1968

* * *