

学 位 論 文 要 旨

(Summary of the Doctoral Dissertation)

学位論文題目
(Dissertation Title)遮光レンズ装用による視機能へ与える影響の研究
(Study of influence on visual function by absorptive lenses)

氏 名(Name)

長尾 祥奈

背景・目的

近年、急激な高齢化に伴い、ロービジョン人口が増加している。ロービジョンとなる原因疾患は様々であるが、ロービジョン者には様々な眼疾患が起こり、羞明の訴えが多い傾向がある。羞明の要因は、先天性または外傷による後天的な無虹彩などによる眼内への入射光増加のほか、前眼部疾患や白内障など中間透光体の混濁に伴う散乱光など多岐にわたり、その発生機序が解明されていないものも多い。このような羞明の軽減には、主な原因となる短波長光を特異的に遮断する遮光眼鏡が有効といわれている。

遮光眼鏡とは、まぶしさの要因となる 500nm 以下の短波長光を効果的に遮断し、それ以外の光を出来るだけ多く通すよう作られた特殊カラーフィルターレンズの総称である。色の選択肢が多岐にわたるにも関わらず、客観的な方法が報告されていないという問題である。羞明の訴えに応じて主に視感透過率を目安に色の濃度を選択することが多いが、主に使用する患者自身の自覚に頼っているのが現状である。さらに、乳幼児などの自覚的応答が困難な患者に遮光眼鏡処方を行う際には、開眼の可否や嫌悪反応の観察などで色を選択するしか方法がない。このため、本研究では遮光レンズが視機能へ与える影響を検討し、選択方法を検討することを目的とした。

まず、遮光眼鏡の色が固視に影響を及ぼす要因について検討することを目的とし、実験を施行した。被験者は眼疾患のない矯正視力 1.0 以上の 11 名。東海光学社製 STG の Yellow 系 (YL、OY、RO) と Green 系 (SP、NL、FR) の遮光レンズ装用下で視距離 60cm の LCD モニターにランドルト環 0.3 視標を 15 秒間提示して被験者に固視させ、実験中の固視の動きと瞳孔径を視線追跡装置で記録し、各色系統の視感透過率近似色で比較した。さらに瞳孔径、視感透過率、短波長光透過率の固視変動との相関を調べた。

Green 系は Yellow 系より固視変動が有意に小さく ($p < 0.05$)、視感透過率 50% 以上のレンズでは Yellow 系が有意に散瞳していた ($p < 0.01$)。固視変動との相関の強さは、瞳孔径 ($r = 0.71$)、短波長光透過率 ($r = -0.43$)、視感透過率 ($r = -0.29$) の順であった。

瞳孔径は固視に大きく影響する。短波長光を一部透過する Green 系に比べ、大部分を遮断する Yellow 系では散瞳による固視の動揺を生じやすい。このため、遮光レンズの色選択では短波長光透過率に留意する必要がある。

次にこの結果をふまえ、遮光レンズが固視に及ぼす影響に年齢差が見られるか検討することを目的とした。

対象は、被験者は眼疾患のない矯正視力 1.0 以上の 20 代 11 名 (24.6 ± 1.6 歳)、40 代 10 名 (44.3 ± 3.5 歳)。実験は、東海光学社製遮光レンズ STG の 8 種類 (AC、SP、YL、NL、OY、YG、RO、FR) を使用し、レンズ非装用状態を control とした。視距離 60cm のモニター上にランドルト環 0.3

視標を3秒間隔で5回提示し、固視変動と瞳孔径を Tobii 社製視線追跡装置 TX300 で記録した。両群の固視変動と瞳孔径の比較を Mann-Whitney U 検定で、各群の固視変動と瞳孔径および視感透過率の相関を Spearman 順位相関係数にて統計学的有意水準を5%として行った。

本実験での固視変動の範囲は0.15~1.15度、瞳孔径は2.05~5.15mmであった。全検討で40代は20代より有意な縮瞳を認めた($p<0.05$)。40代は20代に比べ視感透過率60%以上で固視変動が小さかった($p<0.01$)が、透過率が低い色では有意差を認めなかった。固視変動は両群で瞳孔径と正の相関を認め、20代($r=0.71$)で40代($r=0.40$)より強い相関を示し、視感透過率とは低い負の相関を認め、40代($r=-0.40$)が20代($r=-0.33$)より強い相関を示した。

遮光レンズ装用で惹起される散瞳で固視変動が増加する可能性が示唆された。固視安定性は若年者では瞳孔径変化に強く影響を受け、加齢に伴う縮瞳が出現すると視感透過率の影響が大きくなった。遮光レンズが固視へ与える影響の原因は年齢により異なると考えられる。

遮光レンズの与える影響は年齢に寄らないということが明らかになり、さらに色系統が様々であるため、視感透過率50%程度の遮光レンズの色系統による瞳孔径と固視の安定性への影響の検討することを目的とした。

被験者は眼疾患のない矯正視力1.0以上の10名(22.7±1.2歳)。実験はHOYA製RETINEX™の5種類(OR, OBL, DG, OG, PU)を使用し、レンズ非装用をcontrolとした。視距離60cmでモニターにランドルト環0.3視標を15秒提示し、瞳孔径と固視変動を視線追跡装置で記録した。実測値は個体内変動を比較すべくcontrolを基準とした補正值に変換し、Friedman検定を行った。また瞳孔径と固視変動、470nm光透過率の相関をSpearman順位相関係数で調べた。

実測値は瞳孔径2.34~4.59mm、固視変動0.12~1.67度で、遮光レンズ装用で増大し($p<0.05$)、短波長光を遮断するYellow系ORで最大であった(瞳孔径3.56±0.60mm、固視変動0.87±0.50度)。瞳孔径と固視変動の5色間の検定ではいずれも有意差を認めた($p<0.01$)が、OR以外の短波長光を部分的に透過する4色間に有意差はなかった。瞳孔径は固視変動と正の相関($r_s=0.55$)、470nm光透過率と負の相関($r_s=-0.53$)を示した。

Yellow系は顕著な散瞳と固視の動揺をきたすが、その他の色系統で瞳孔径と固視に大きな影響はなかった。

結論

遮光レンズは視感透過率により固視変動や瞳孔径に与える影響が異なり、視機能への影響を与えるということが示唆された。低年齢であるほど瞳孔径への影響が大きい可能性が考えられるため、注意を要する。

(様式 9 号)

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	長尾 祥奈
審査委員	主 査： 長 篤志
	副 査： 浜本 義彦
	副 査： 多田村 克巳
	副 査： 中村 秀明
	副 査： 水上 嘉樹
論文題目	遮光レンズ装用による視機能へ与える影響の研究 (Study of influence on visual function by absorptive lenses)

【論文審査の結果及び最終試験の結果】

眼疾患によって羞明を訴える患者は多い。眼科医院では、羞明を軽減するために医療用遮光眼鏡（特殊カラーフィルターレンズ、以下遮光レンズと呼ぶ）が処方されているが、遮光レンズの客観的な選別方法は確立されていない。これまで患者本人の主観による遮光レンズの選別がおこなわれてきた。そのため、特に自覚的応答の難しい患者への処方が困難であった。遮光レンズが視機能に与える影響を精査することによって、患者の現存する視機能を最大限使用できる、すなわち見やすくなおかつ羞明を軽減する遮光レンズの客観的な選択が可能になると考えられるが、患者だけでなく健常者を対象にした報告もこれまでなかった。

このような背景のもと、申請者は、健常者を対象とし、遮光レンズの色や視感透過率の違いによる視機能への影響の違いを、見やすさに反映される指標として固視変動と瞳孔径に着目して明らかにしている。本論文の構成は以下のようになっている。

第1章の序論では、遮光レンズの選択方法に関する問題を指摘し、本論文の目的と構成を述べている。

第2章は、実験方法を構築するため、固視変動と瞳孔径を評価するための実験環境、解析方法を設定した実験について述べている。実験の結果、設定した実験環境、解析方法を用いることによって、遮光レンズ装用により散瞳と固視変動が引き起こされること、その影響の度合いは主に視感透過率に依存するがその他の要因が存在することを確認した。

第3章は、遮光レンズが視機能に影響を及ぼす要因について検討するため、遮光レンズのグリーン系とイエロー系による固視変動ならびに瞳孔径への影響の違いについて調べた実験について述べている。実験の結果、短波長光を一部透過するグリーン系遮光レンズに比べ、大部分を遮断するイエロー系遮光レンズでは散瞳と固視変動が生じやすいことを明らかにした。遮光レンズは視感透過率と短波長光透過率により固視変動や瞳孔径に与える影響が異なることがわかった。

第 4 章は、遮光レンズが視機能に及ぼす影響に年齢差が見られるかを検討するため、実験参加者を 20 代と 40 代の 2 群にわけ、群間で遮光レンズによる固視変動ならびに瞳孔径への影響の違いを調べた実験について述べている。実験の結果、20 代の方が瞳孔径変化による固視変動への影響が大きいものの、40 代において加齢に伴う縮瞳が出現しても遮光レンズ装用による固視変動への影響があることを明らかにした。

第 5 章は、視感透過率 50%程度の遮光レンズの色系統による固視変動と瞳孔径への影響を調べた実験について述べている。実験の結果、470nm 波長の透過率が他の色系統と比較して著しく低いイエロー系レンズの装用は顕著な散瞳と固視変動をきたし、その他のブラウン系、グリーン系、グレー系、パープル系の装用では固視変動と瞳孔径に違いがみられないことを明らかにした。

第 6 章では、まとめと本研究の今後の展望について述べている。本研究の成果として、遮光レンズは視感透過率と短波長光透過率により固視変動と瞳孔径に与える影響が異なると結論づけた。固視変動が大きくなると見やすさが低下していると言えるため、遮光レンズ選択の際には、特に視機能への影響の大きい短波長光透過率に注意を要するとした。本論文の成果は遮光レンズの客観的な選別のための有益な指針となるものと考えられる。今後の展望として、短波長光透過率が固視変動や瞳孔径に与える影響を考慮することにより、羞明の低減と見やすさを両立させた遮光レンズの設計が考えられる。

公聴会では活発な質疑応答がなされた。主な質疑内容として

- ・ 固視変動の計測方法
- ・ 無光彩症患者に対する効果
- ・ 視機能に影響を及ぼす短波長光の波長範囲
- ・ ブルーライトカットレンズとの関連性
- ・ 実験で使用した注視点パターンを選択理由
- ・ 視感透過率算出時における比視感度の考慮の有無

等に関する質問があり、いずれの質問に対しても申請者からの的確な回答がなされた。

以上より、本研究は、新規性、信頼性、有用性、完成度ともに優れており、博士（学術）の論文に十分に値するものと判断した。

論文内容、審査会、及び公聴会での質問に対する応答などから総合的に判断して、最終試験は合格とした。

なお、査読のある関連論文の発表状況は以下の通りである。

- (1) 長尾祥奈, 澤田 園, 長 篤志: 遮光レンズが固視へ及ぼす年齢差の影響, 日本視能訓練士協会誌, 46, pp. 63-70, 2017.
- (2) 長尾祥奈, 澤田 園, 長 篤志: 遮光レンズの色による固視安定性への影響, 日本ロービジョン学会誌, 17, pp. 34-38, 2018.
- (3) 長尾祥奈, 澤田 園, 長 篤志: 遮光レンズの瞳孔径と固視に対する色系統別の影響, 日本視能訓練士協会誌, 47, pp. 59-65, 2018.