

原著

## 白内障疑似体験ゴーグル装着による重心動揺軌跡の変化

角田晃啓<sup>1)2)</sup>、山ノ内昂志<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 森ノ宮医療大学 保健医療学部理学療法学科

<sup>2)</sup> 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科

### 要 旨

【目的】白内障疑似体験ゴーグル装着による視覚の変化が、静的姿勢制御に与える影響を検討した。

【方法】健常若年者 24 名を対象に、3つの異なる視覚条件での重心動揺軌跡を比較した。視覚条件は開眼、白内障疑似体験ゴーグル装着（以下、疑似白内障）、視覚遮断ゴーグル装着（以下、視覚遮断）とした。比較項目は総軌跡長、外周面積、実効値面積、重心動揺軌跡の概形分類とした。

【結果】総軌跡長、外周面積、実効値面積はいずれも開眼、疑似白内障、視覚遮断の順で有意に増加した。重心動揺軌跡の概形分類では、開眼では求心型が多く、びまん型が少なかった。また、視覚遮断では求心型が少なく、びまん型が多かった。

【結論】白内障疑似体験ゴーグル装着による急性の視覚変化は重心動揺を増加させた。

**キーワード：**白内障・重心動揺・足圧中心

---

連絡先：角田晃啓 KAKUDA Akihiro

〒 559-8611 大阪市住之江区南港北 1-26-16

森ノ宮医療大学保健医療学部理学療法学科

## I. はじめに

我が国では2010年に超高齢社会を迎えて以来、今なお高齢化率の上昇が続いており、健康寿命の延伸は重要な課題の1つとなっている<sup>1)</sup>。高齢者に介護が必要となる主な原因として、認知症、脳血管疾患（脳卒中）のほか、骨折・転倒がある<sup>2)</sup>。転倒は加齢にともない増加することが知られている<sup>3)</sup>。立位での動作や姿勢保持において、視覚は体性感覚、前庭覚とならぶ重要な感覚の1つである<sup>4)</sup>。すなわち、視覚から得られる情報が低下すると、立位姿勢制御に影響が及ぶことが知られている<sup>4,7)</sup>。

高齢者に生じやすい視覚変化の1つに白内障がある<sup>8)</sup>。白内障罹患者を横断的に調査した結果からは転倒の危険因子となることが知られており<sup>9-11)</sup>、また、白内障手術の前後を観察した縦断研究では転倒が3割程度減少したとの報告<sup>12,13)</sup>や、歩行速度が増したとの報告<sup>14)</sup>がなされている。一方で、転倒は自身の姿勢制御という内的要因だけでなく、居住環境など外的要因に左右される<sup>15,16)</sup>。視覚は外部環境を知覚するうえで重要な感覚の1つであり、既報における白内障罹患に伴う転倒リスクの増加は内的要因、外的要因のどちらに作用した結果によるものか未だ十分に明らかにされていない。Schwartzら<sup>17)</sup>は白内障手術前後で姿勢制御が改善することを報告しており、また、Anandら<sup>18)</sup>は高齢者を対象に白内障疑似体験が重心動揺に与える影響について検証を行っているが、いずれも両脚立位での検討にとどまっている。転倒が主に歩行時など動的環境下で生じる事象であることに加え、転倒歴のあるものは片脚立位保持が可能な時間が短縮しているとの報告<sup>19)</sup>が散見されることから、片脚立位時の重心動揺を検証することは有用である。そこで、本研究では健康若年者を対象として、白内障疑似体験ゴーグルの装着による視覚の変化が静的姿勢制御に与える影響について、検討することを目的とした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は健康若年者24人（男性14人、女性10人）とした。対象者の基本情報を表1に示す。測定時に注視するための目印の識別が困難となる近視や遠視、乱視がある者、視力に極端な左右差があり、片眼のみ視力矯正を行っている者、その他の眼病罹患歴のある者は対象から除外した。対象者には事前に研究の趣旨、内容について口頭および書面にて説明し、書面による同意を得た。なお、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、森ノ宮医療大学研究倫理部会より承認を得て実施した（承認番号2017-091）。また、開示すべき利益相反は無い。

表1. 基本情報

	男性	女性
年齢（歳）	20.7 ± 0.4	20.7 ± 0.7
身長（cm）	171.2 ± 5.3	159.1 ± 4.8
体重（kg）	63.7 ± 8.0	54.3 ± 7.0
BMI（kg/m <sup>2</sup> ）	21.7 ± 2.2	21.4 ± 1.8

数値は平均値 ± 標準偏差

### 2. 方法

#### 1) 重心動揺軌跡測定

重心動揺計（UM-BAR、ユニメック社製）上で30秒間片脚立位をとった際の重心動揺軌跡をサンプリング周波数20Hzで記録し、総軌跡長、外周面積、実効値面積を付属ソフトウェアCOG\_samp version 2.00 (UNIMEC)にて算出した。支持脚は普段被験者がボールを蹴る動作など行う際に軸足と

なる側として足角を 0° に設定し、開始姿勢は両上肢を体側に沿って下垂し、非支持脚は股関節、膝関節をそれぞれ 90° 屈曲とした。また、立位保持中は 2m 前方の壁上に、対象者の視線の高さにつけた目印を注視するよう指示した。測定中に片脚立位保持が困難となり非支持脚が接地した場合、支持脚足部がずれた場合は失敗として測定を中断し、十分な休憩をとったのち、再度測定を行った。3 回失敗した場合は測定を無効として対象から除外した。

測定は開眼・白内障体験ゴーグル装着（以下、疑似白内障）・視覚遮断ゴーグル装着（以下、視覚遮断）の 3 条件とし、十分な練習の後、各条件でそれぞれ 3 回の測定を行い、3 回の平均を各条件での代表値とした。白内障体験ゴーグル、視覚遮断ゴーグルは疑似体験セットまなび体《高齢者用》（特殊衣料製）の付属品を用いた。本製品はポリカーボネート製のゴーグルにシリコンフィルムを付着したものであり、類似の製品を含め高齢者の視界を疑似体験するための教育用として汎用されている。練習効果を排除するため、各条件の測定順は個人毎にランダムとし、各試行の間には 1 分以上、十分な休憩を挟んだ。

## 2) 重心動揺パターン分類

各試行における重心動揺軌跡の概形（以下、動揺パターン）を時田らの方法<sup>20)</sup>に従って分類した。動揺パターンの分類は全例について 2 人の検者で視覚的に分類した。両者の意見が一致しなかった場合は 3 人目の検者の判断に基づき分類した。

## 3) 統計解析

条件間の比較には反復測定一元配置分散分析を行い、事後検定として Tukey 法による群間比較を行った。また、動揺パターンの分類について、Fisher の正確確率検定を行い、残差分析により比較を行った。なお、統計処理には SPSS Statistics 24.0 (IBM) を用い、有意水準は 5% 未満とした。

# III. 結果

## 1. 重心動揺

開眼、疑似白内障、視覚遮断での各項目の結果を表 2 に示す。除外基準に抵触するものはなく、24 名全員の結果を採用した。反復測定分散分析の結果、総軌跡長 ( $F(2,46) = 91.470, p < 0.05$ )、外周面積 ( $F(2,46) = 48.719, p < 0.05$ )、実効値面積 ( $F(2,46) = 44.698, p < 0.05$ ) について、いずれも群間に有意差を認めた。また、事後検定の結果、総軌跡長は  $632.8 \pm 135.9$  mm (平均値  $\pm$  標準偏差)、 $743.4 \pm 142.5$  mm、 $1114.6 \pm 278.2$  mm (図 1)、外周面積は  $282.7 \pm 104.9$  mm<sup>2</sup>、 $387.5 \pm 128.5$  mm<sup>2</sup>、 $639.3 \pm 242.5$  mm<sup>2</sup> (図 2)、実効値面積は  $286.2 \pm 108.6$  mm<sup>2</sup>、 $388.3 \pm 136.9$  mm<sup>2</sup>、 $605.1 \pm 222.9$  mm<sup>2</sup> (図 3) であり、すべての項目において開眼、疑似白内障、視覚遮断の全ての条件間に有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。

表 2. 視覚条件の違いによる各種パラメータの変化

	開眼	白内障疑似体験 ゴーグル装着	視覚遮断 ゴーグル装着
総軌跡長(mm)	632.8 $\pm$ 135.9	743.4 $\pm$ 142.5 *	1114.6 $\pm$ 278.2 *†
外周面積(mm <sup>2</sup> )	282.7 $\pm$ 104.9	387.5 $\pm$ 128.5	639.3 $\pm$ 242.5 *†
実効値面積(mm <sup>2</sup> )	286.2 $\pm$ 108.6	388.3 $\pm$ 136.9	605.1 $\pm$ 222.9 *†

数値は平均値  $\pm$  標準偏差

\* :  $p < 0.05$  (vs 開眼) † :  $p < 0.05$  (vs 白内障疑似体験ゴーグル装着)

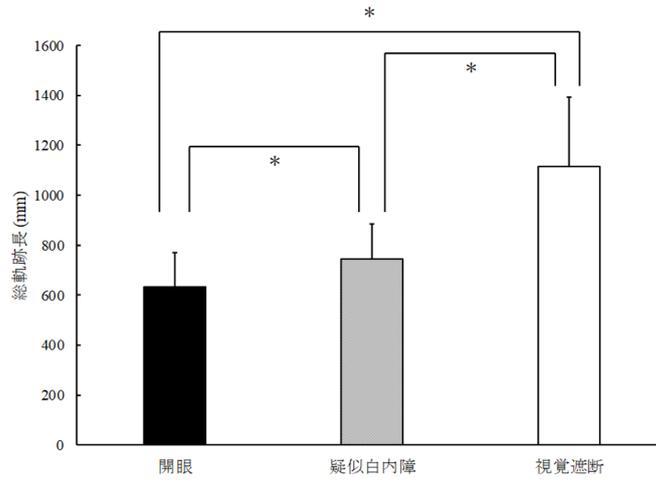


図1. 視覚条件の変化にともなう総軌跡長の変化

\* : p<0.05、疑似白内障：白内障疑似体験ゴーグル装着、視覚遮断：視覚遮断ゴーグル装着

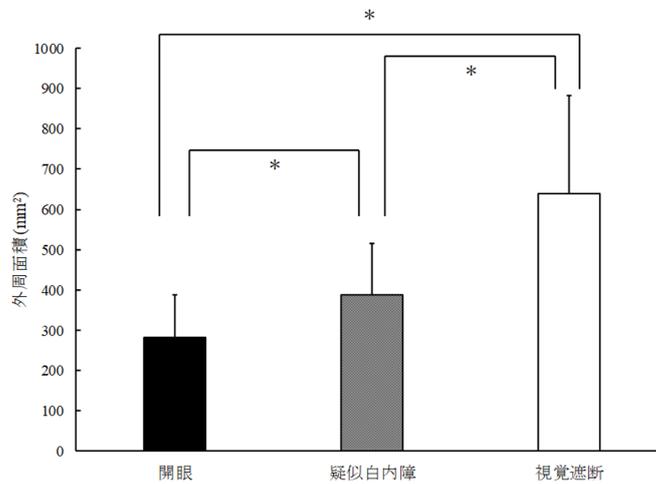


図2. 視覚条件の変化にともなう外周面積の変化

\* : p<0.05、疑似白内障：白内障疑似体験ゴーグル装着、視覚遮断：視覚遮断ゴーグル装着

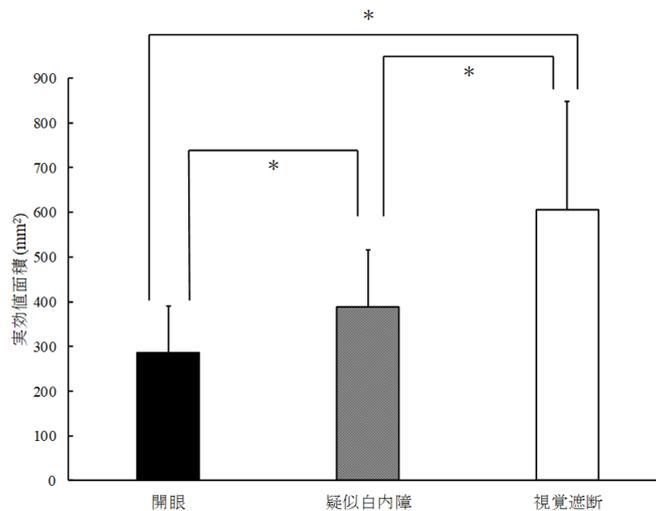


図3. 視覚条件の変化にともなう実効値面積の変化

\* : p<0.05、疑似白内障：白内障疑似体験ゴーグル装着、視覚遮断：視覚遮断ゴーグル装着

## 2. 重心動揺パターン

重心動揺パターンの分類を表3に示す。開眼で求心型：48件、びまん型：19件、その他：5件、疑似白内障で求心型：42件、びまん型：26件、その他：4件であり、視覚遮断で求心型：29件、びまん型：40件、その他：3件であった。Fisherの正確確率検定の結果、重心動揺パターンと視覚条件の間に有意な関連が見られた ( $p < 0.05$ )。また、残差分析の結果から開眼では求心型が多く、びまん型が少ない傾向にあり、視覚遮断では求心型が少なく、びまん型が多い傾向にあることが明らかになった ( $p < 0.05$ )。

表3. 視覚条件の違いによる重心動揺パターンの変化

	求心型	びまん型	その他	合計
開眼	32 (2.4)	12 (-2.8)	4 (-0.6)	72
疑似白内障	28 (0.7)	17 (-0.7)	3 (0.0)	72
視覚遮断	20 (-3.1)	26 (3.4)	2 (-0.6)	72
合計	119	85	12	216

数字上段は度数 下段 ( ) 内は調整済み残差

疑似白内障：白内障疑似体験ゴーグル装着

視覚遮断：視覚遮断ゴーグル装着

## IV. 考察

健康若年者を対象として、白内障疑似体験ゴーグル着用による片脚立位時の重心動揺パターンの変化について調査した結果、疑似白内障では開眼時よりも重心動揺が増大することが明らかになった。また、その変化は視覚を遮断した際よりも小さい傾向にあった。静止立位保持に関わる感覚機構として、視覚、前庭感覚、体性感覚があり、これらの知覚情報が中枢神経系で統合され、立位の安定が図られる。したがって、閉眼時など視覚情報が遮断された状況では重心動揺が増大することが知られている<sup>21)</sup>。Chenら<sup>6)</sup>は視力の低下した高齢者では不安定な床面で立位を保持した際の身体動揺が増大すると報告しており、Leeら<sup>5)</sup>も低視力の高齢者ではBerg Balance Scaleの得点が低下すると報告している。つまり、視覚を遮断された場合に限らず、視覚入力低下した場合においても、体性感覚が十分働かない環境や難度の高い課題では身体動揺が増大すると考えられる。今回、若年者を対象にしているが、片脚での静止立位保持という両脚よりも難易度の高い課題を課したことで、疑似白内障による視覚入力低下が身体動揺の増大を惹起したのと考えられる。さらに、疑似白内障、視覚遮断との間に有意差を認めたことから、視覚入力の低下は程度により姿勢への影響が異なることが示唆された。Anandら<sup>18)</sup>は白内障疑似体験時の視覚変化について、対比感度の低下が大きいと報告している。対比感度の低下は身体動揺の増大や転倒の増加と関連すると報告されており<sup>22)</sup>、本研究においても同様の機序により重心動揺が増幅したのと考えられる。

重心動揺パターンについて、開眼では求心型が多く、びまん型が少なかった。また、視覚遮断では求心型が少なく、びまん型が多かった。すなわち、開眼から疑似白内障、視覚遮断と視覚情報が減少するにつれて求心型が減少し、びまん型が増加したのと考えられる。白内障疑似体験時の重心動揺は内外

側方向よりも前後方向で大きいと報告されている<sup>18)</sup>。一方、本研究において前後型の重心動揺パターンは観察されなかった。求心型はびまん型と比較して、重心動揺の偏倚のなかで中心点を形成するのが特徴であり、これには立ち直り反射が関与するとされている<sup>23)</sup>。先行研究<sup>18)</sup>では両脚立位での検証であり、支持基底面は左右に広く取られている。したがって、左右方向の安定性限界が広く、立ち直り反射が誘発される必要に乏しいため、前後方向のみ重心動揺が増幅されたものと考えられる。つまり、疑似白内障は視覚遮断ほどではないものの、視覚情報が減少することにより立ち直り反射を減弱させたと考えられる。

本研究は健常若年者を対象としたものであり、高齢者の視覚変化に伴う姿勢制御の変化を完全に再現しえたものではない。姿勢制御において、視覚、体性感覚、前庭感覚は相補的に作用しており、いずれかの感覚入力への減弱に伴い、他の感覚が代償的に作用する<sup>24)</sup>。体性感覚は加齢に伴い低下し<sup>25)</sup>、また、加齢に伴い姿勢制御における視覚への依存が高まる<sup>26)</sup>ことから、高齢者においては白内障による視覚入力変化の影響はより顕著にあらわれるものと推察される。

今後、高齢者を対象とした縦断研究を行い、白内障の発症、進行にともなう固有感覚、前庭感覚の変化とともに重心動揺の変化を観察する必要がある。

## V. 結論

健常若年者において白内障疑似体験による急性の視覚変化にともない、開眼時と比較して片脚立位時の重心動揺に関する各種パラメータが上昇した。つまり、バランス機能が低下することが示唆された。

## VI. 参考文献

- 1) 内閣府：平成30年高齢社会白書：[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html)（閲覧日2019年10月29日）
- 2) 厚生労働省：平成28年国民生活基礎調査：<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/>（閲覧日2019年10月29日）
- 3) WHO: WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age: [https://www.who.int/ageing/projects/falls\\_prevention\\_older\\_age/en/](https://www.who.int/ageing/projects/falls_prevention_older_age/en/)（閲覧日2019年10月29日）
- 4) Lee HK, Scudds RJ. Comparison of balance in older people with and without visual impairment. *Age Ageing*. 2003;32(6):643-9.
- 5) Shumway-Cook A, Woollacott MH. モーターコントロール 運動制御の理論と臨床応用. 第2版. 東京. 医歯薬出版. 2004: 173-273.
- 6) Chen EW, Fu AS, Chan KM, Tsang WW. Balance control in very old adults with and without visual impairment. *European journal of applied physiology*. 2012;112(5):1631-6.
- 7) Durmus B, Emre S, Cankaya C, Baysal O, Altay Z. Gain in visual acuity after cataract surgery improves postural stability and mobility. *Bratislavske lekarske listy*. 2011;112(12):701-5.
- 8) Tang Y, Ji Y, Ye X, Wang X, Cai L, Xu J, et al. The Association of Outdoor Activity and Age-Related Cataract in a Rural Population of Taizhou Eye Study: Phase 1 Report. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135870.
- 9) Fukuoka H, Nagaya M, Toba K. The occurrence of visual and cognitive impairment, and eye diseases in the super-elderly in Japan: a cross-sectional single-center study. *BMC Res Notes*. 2015; 8: 619.
- 10) Krishnaiah S, Ramanathan RV. Impact of blindness due to cataract in elderly fallers: findings from a cross-sectional study in Andhra Pradesh, South India. *BMC Res Notes*. 2018; 11: 773

- 11) Palagyi A, McCluskey P, White A, Rogers K, Meuleners L, Ng JQ, et al. While We Waited: Incidence and Predictors of Falls in Older Adults With Cataract. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016; 57: 6003-6010.
- 12) Meuleners LB, Fraser ML, NG J, Morlet N. The impact of first- and second-eye cataract surgery on injurious falls that require hospitalization: a whole-population study. *Age Ageing.* 2014; 43: 341-346.
- 13) To KG, Meuleners L, Bulsara M, Fraser ML, Doung DV, Do DV, et al. A longitudinal cohort study of the impact of first- and both-eye cataract surgery on falls and other injuries in Vietnam. *Clin Interv Aging.* 2014; 9: 743-751.
- 14) Ayaki M, Muramatsu M, Negishi K, Tsubota K. Improvements in sleep quality and gait speed after cataract surgery. *Rejuvenation Res.* 2013;16(1):35-42.
- 15) 武藤芳照, 太田美穂, 長谷川亜弓, 山田有希子, 杉山明希. 転倒予防. *臨整外.* 2005; 40: 537-48.
- 16) 鈴木隆雄. 転倒の疫学. *日老医誌.* 2003; 40: 85-94.
- 17) Schwartz S, Segal O, Barkana Y, Schwesig R, Avni I, Morad Y. The effect of cataract surgery on postural control. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005; 46: 920-924
- 18) Anand V, Buckley JG, Elliott DB. Postural stability changes in the elderly with cataract simulation and refractive blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003; 44: 4670-4675.
- 19) Michikawa T, Nishiwaki Y, Takebayashi T, Toyama Y. One-leg standing test for elderly populations. 2009; 14: 675-685.
- 20) 時田喬, 松岡豊, 早野洋, 田口拓, 島田六郎. 頭部並びに重心動揺記録計による立直り反射検査. *耳鼻咽喉科臨床.* 1972 ; 65 : 443-56.
- 21) Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *International journal of aging & human development.* 1986; 23(2): 97-114.
- 22) Lord S, Clark R, Webster I. Visual acuity and contrast sensitivity in relation to falls in an elderly population. *Age Ageing.* 1991; 20: 175-181.
- 23) 山本昌. 重心動揺の解析 重心動揺のパターンの定量化について. *耳鼻咽喉科臨床.* 1983; 76(2): 183-96.
- 24) Horak F, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res.* 1990; 82: 167-177.
- 25) Skinner HB, Barrack RL, Cook SD. Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res.* 1984; 184: 208-211.
- 26) Haibach P, Slobounov S, Newell K. Egomotion andvection in young and elderly adults. *Gerontology.* 2009; 55: 637-643.

## Postural control changes with pseudo-cataract glasses

KAKUDA Akihiro<sup>1) 2)</sup>, YAMANOUCI Takashi<sup>1)</sup>

1) Department of Physical Therapy, Morinomiya University of Medical Sciences

2) Graduate School of Health Sciences, Morinomiya University of Medical Sciences

### Abstract

[Purpose] This study aims to investigate the effects of the variations in vision due to pseudo-cataract, on the parameters that cause the center of pressure (COP) to move.

[Methods] The subjects were 24 young and healthy adults. We measured the parameters that cause the COP to move, under three visual conditions: without glasses, glasses with pseudo-cataract (with PC glasses), and glasses with visual deprivation (with VD glasses).

[Results] The total length of COP sway, envelope area, and root mean square area increases in the order of 'without glasses', 'with PC glasses', and 'with VD glasses'. In case of 'without glasses' fixed center type patterns are often observed in a stabilogram, while diffuse type patterns are observed in case of 'with VD glasses'.

[Conclusion] The variations in visual conditions affect the movement of the COP.

**Key Words:** Cataract, Body sway, COP