第53回 日本視能矯正学会

一般講演

乱視眼における円柱レンズ軸のずれの影響

中谷 勝己¹⁾・内山 仁志²⁾・吉原 浩二¹⁾・魚里 博^{3), 4), 5)}

¹⁾ 松江総合医療専門学校視能訓練士科

²⁾ 国際医療福祉大学保健医療学部視機能療法学科

³⁾ 北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻

⁴⁾ 北里大学大学院医療系研究科

⁵⁾ 新潟医療福祉大学医療技術学部視機能科学科

Effect of Cylindrical Axial Misalignment on Visual Acuity in Astigmatic Eyes

Katsumi Nakatani¹⁾, Hitoshi Uchiyama²⁾, Koji Yoshihara¹⁾, Hiroshi Uozato^{3), 4), 5)}

¹⁾ Department of Orthoptics, Matsue Co-Medical College

²⁾ Department of Orthoptics and Visual Sciences, School of Health Sciences, International University of Health and Welfare

³⁾ Department of Orthoptics and Visual Science, Kitasato University School of Allied Health Sciences

⁴⁾ Kitasato University Graduate School of Medical Sciences

⁵⁾ Department of Orthoptics and Visual Sciences, Faculty of Medical Technology, Niigata University of Health and Welfare

要 約

【目的】 乱視の矯正において円柱レンズ軸のずれが視力に及ぼす影響について検討した。

【対象および方法】 平均年齢 19.8 ± 2.2 歳、矯正視力1.5以上を有する屈折異常以外に眼科的疾患のない22名22眼を対象とした。被験眼を模擬的に乱視の屈折異常にして検討するため、完全屈折矯正をした上で凸円柱レンズを付加した。その屈折状態は1.00 Dから3.00 Dまでの1.00 D刻み、軸は90°、135°、180°の近視性単乱視とした。矯正する円柱レンズ軸を5°～15°までの5°刻みでずらした時の視力を測定した。

【結果】 1.00 Dの直、倒、斜乱視では10°の軸のずれで有意に視力は低下した。2.00 D、3.00 Dの直、倒、斜乱視では5°の軸のずれで有意に視力は低下した。2.00 Dの直、倒乱視は15°のずれにより斜乱視と比べ有意に視力が低下した。3.00 Dの直、倒乱視は10°、15°のずれにより斜乱視と比べ有意に視力が低下した。

別冊請求先 (〒252-0373) 神奈川県相模原市南区北里1-15-1

北里大学医療衛生学部視覚機能療法学専攻 魚里 博

Tel. 042 (778) 9626 Fax. 042 (778) 9626

E-mail: uozato@ahs.kitasato-u.ac.jp

Key words: 乱視、円柱レンズ軸、視力

astigmatism, cylindrical axis, visual acuity

【結論】2.00 D以上の直、倒乱視は斜乱視に比べて円柱レンズ軸のずれが10°以上になると視力は低下しやすいため、注意が必要である。

Abstract

【Purpose】 We evaluated how cylindrical axial misalignment would affect visual acuity (VA) in astigmatism correction.

【Subjects and Methods】 The subjects of this study were 22 eyes of 22 volunteers (average age, 19.8 ± 2.2 years) who had corrected VA of 1.5 or better with no ophthalmic diseases except for refractive error. To simulate refractive error in astigmatic eyes, the subjects were asked to wear a plus cylindrical lens in the corrected tested eye. The simulated refraction was simple myopic astigmatism of -1.00 D to -3.00 D (in steps of -1.00 D) with 3 axes (90°, 135°, and 180°). VA was measured when the axis of the cylindrical lens for correction was misaligned by 5°, 10°, and 15°.

【Results】 In the eyes with with-the-rule, against-the-rule, and oblique astigmatism of -1.00 D, VA significantly decreased at 10° cylindrical axial misalignment ($p < 0.05$). Similarly, in the eyes with the three types of astigmatism of -2.00 D and -3.00 D, VA significantly decreased at 5° cylindrical axial misalignment ($p < 0.05$). When the cylindrical axis was misaligned by 15°, the eyes with with-the-rule and against-the-rule astigmatism of -2.00 D had significantly decreased VA than the eyes with oblique astigmatism ($p < 0.05$). At 10° and 15° cylindrical axial misalignment, the eyes with with-the-rule and against-the-rule astigmatism of -3.00 D had significantly decreased VA than the eyes with oblique astigmatism ($p < 0.05$).

【Conclusion】 When the cylindrical axis was misaligned by 10° or more, VA in eyes with with-the-rule and against-the-rule astigmatism of -2.00 D or more may decrease easily than that in eyes with oblique astigmatism. This should be taken into consideration.

I. 緒 言

乱視は眼の経線により屈折力が異なるため、外界の1点から出た光線が眼内、眼外を問わず1点に結像しない眼の屈折状態であり¹⁾、視力低下や眼精疲労、弱視を引き起こす²⁾。屈折矯正の方法として、メスによる乱視矯正角膜切開術やレーザーを用いた手術的療法もあるが、眼鏡やコンタクトレンズ装用が一般的である³⁾。

自覚的屈折検査時、気付かないうちに試験枠のホルダー内で円柱レンズが回転していることがある。また、トーリックソフトコンタクトレンズ装用時、瞬目によりレンズが回転する。その他、眼鏡処方時に像の歪みの軽減のために意図的に円柱レンズ軸を修正することがある⁴⁾。円柱レンズ軸のずれにより矯正効果は低くなり、本来持っている視力が得られないことはよく知られている。しかし、円柱レンズ軸のずれが視力にどれほど影響するのか、また乱視の種類によって差が生じるのかについて、自覚的な

側面から検討した研究は見当たらない。そこで今回我々は乱視矯正において円柱レンズ軸のずれが視力に及ぼす影響について検討した。

II. 対象および方法

矯正視力1.5以上を有する屈折異常以外に眼科的疾患のない22名22眼を対象とした。平均年齢 19.8 ± 2.2 歳、平均球面度数 -2.97 ± 2.60 D、平均円柱度数 -0.49 ± 0.37 D、明所での瞳孔径3.5～4.0 mmの優位眼を被験眼とした。被験眼を模擬的に乱視の屈折異常にして検討するため、完全屈折矯正をした上で凸円柱レンズを付加した。その屈折状態は1.00 Dから3.00 Dまでの1.00 D刻み、軸は90°、135°、180°の近視性単乱視とし、矯正する凹円柱レンズ軸のずれを0°～15°までの5°刻みでずらした(表1)。室内照度は950 lx、視力測定にはイナミ社のK-3435を使用し視標照度は1000 lxであった。視力値の決定は5個中3個以上の正答でその視力値と

表1 矯正する円柱レンズ軸の方向

	5° の軸ずれ	10° の軸ずれ	15° の軸ずれ
直乱視 (Ax180°)	Ax 5°	Ax 10°	Ax 15°
斜乱視 (Ax135°)	Ax 140°	Ax 145°	Ax 150°
倒乱視 (Ax 90°)	Ax 95°	Ax 100°	Ax 105°

した。統計解析は小数視力をlogMARに変換し、各乱視度数の各円柱レンズ軸のずれにおいて分散分析 (ANOVA) を行い、Bonferroni法による多重比較を行った。有意水準は5 %未満とした。

Ⅲ. 結 果

1.00 Dの直乱視では円柱レンズ軸のずれがない時、5°、10°、15°の軸のずれがある時のlogMAR値は -0.29 ± 0.03 、 -0.28 ± 0.05 、 -0.23 ± 0.08 、 -0.20 ± 0.11 であった。斜乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.27 ± 0.05 、 -0.23 ± 0.10 、 -0.24 ± 0.06 、倒乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.26 ± 0.07 、 -0.24 ± 0.09 、 -0.24 ± 0.08 であった。

2.00 Dの直乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.23 ± 0.08 、 -0.15 ± 0.11 、 -0.05 ± 0.14 、斜乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.23 ± 0.10 、 -0.21 ± 0.05 、 -0.16 ± 0.06 、倒乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.23 ± 0.09 、 -0.20 ± 0.10 、 -0.08 ± 0.12 であった。

3.00 Dの直乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.20 ± 0.11 、 -0.05 ± 0.14 、 $+0.12 \pm 0.15$ 、斜乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.24 ± 0.06 、 -0.16 ± 0.06 、 -0.03 ± 0.11 、倒乱視では -0.29 ± 0.03 、 -0.23 ± 0.08 、 -0.07 ± 0.12 、 $+0.10 \pm 0.16$ であった (図1)。

1.00 Dの直、倒、斜乱視では10°の軸のずれで有意に視力は低下し、logMAR値は平均0.06 向上した。2.00 D、3.00 Dの直、倒、斜乱視では5°の軸のずれで有意に視力は低下し、logMAR値は平均0.06、0.07 向上した。1.00 Dの乱視において15°までの円柱レンズ軸のずれがあっても、直、倒、斜乱視間に有意な視力の差はなかった。2.00 Dの乱視において10°のずれにより直乱視は斜乱視と比べ有意に視力が低下し、logMAR値は平均0.06 向上した。また、15°のずれにより直、倒乱視は斜乱視と比べ有意に視力が低下し、logMAR値は平均0.11、

図1 矯正する円柱レンズ軸をずらした時の視力
軸のずれにより視力は低下し、強い乱視度数ほどその傾向は顕著であった。

0.08 向上した。3.00 Dの乱視において10°のずれにより直、倒乱視は斜乱視と比べ有意に視力が低下し、logMAR値は平均0.11、0.09向上した。15°のずれにおいても同様の傾向が見られ、logMAR値は平均0.09、0.07向上した (図2)。

図2 直、倒、斜乱視間の視力の比較

—●— 直乱視 (Ax180°)

---■--- 斜乱視 (Ax135°)

.....▲..... 倒乱視 (Ax 90°)

* : $p < 0.05$ (Bonferroni法)

1.00 Dの乱視において直、倒、斜乱視間に視力の差はなかった。

2.00 D、3.00 Dの乱視において10°以上のずれにより直、倒乱視は斜乱視と比べ視力が低下する傾向にあった。

IV. 考 按

乱視を矯正する円柱レンズ軸のずれがどれほど影響するのかを他覚的に検討した研究が幾つかある。川端は5°の軸のずれで17%、15°では50%、30°のずれでは元の乱視と同量の残余乱視が残存する、軸の修正は10°までとし、20°以上の修正は原則的に避けるべきであると報告している²⁾。軸の修正を±15°以内、できれば±10°以内にしないと、十分な矯正効果は得られないという植田らの報告⁵⁾、トーリック眼内レンズによる乱視矯正には軸ずれ量は最低でも10°以内が望ましいという嵩らの報告⁶⁾がある。いずれも軸ずれ量は10°以内がよいという内容で一致している。本研究の10°の軸ずれにおいては、例えば1.00 Dの直乱視ではlogMAR値は平均0.06上昇（視力が低下）しただけだが、2.00 Dの直乱視では平均0.15、3.00 Dの直乱視では平均0.22上昇（視力が低下）した。つまり、10°の軸ずれであっても乱視度数が強いほど視力低下の程度は大きくなるということであり、注意が必要である。

本研究において、斜乱視より直、倒乱視に対して軸のずれがある時の方が視力は低下しやすい傾向が見られた。それは軸のずれにより生じた残余屈折異常が原因だと考えられる。残余屈折異常を求める公式（図3）を用いて計算した。残余屈折異常の値を表2に示す。軸が135°の斜乱視に対して5°～15°の軸のずれがあると混合性直乱視が生じ、直、倒乱視に対しては混合性斜乱視が生じることが分かった。本研究結果に当てはめると、斜乱視より直、倒乱視に対して軸のずれがある時の方が視力は低下しやすいということは、混合性直乱視より混合性斜乱視の方が視力は低下しやすいということと同義である。過去の報告ではMillerら⁷⁾、Kobashiら⁸⁾は直乱視より斜乱視の方が視力は低下すると報告しており、本研究結果と一致している。しかし、Remónら⁹⁾、Nanavatyら¹⁰⁾、Wolffsohnら¹¹⁾は直乱視と斜乱視による視力低下は同程度であると報告している。斜乱視と直乱視の視力低下の程度については2つの見解に分かれている。これは被験者の平均年齢、使用した視標、検査距

完全矯正度数：Sph Sf Cyl Cf Ax af

装用度数：Sph Sp Cyl Cp Ax ap

残余屈折異常：Sph Sr Cyl Cr Ax ar

$$\tan 2 ar = \frac{Cf \sin 2 af - Cp \sin 2 ap}{Cf \cos 2 af - Cp \cos 2 ap}$$

$$Cr = \frac{Cf \sin 2 af - Cp \sin 2 ap}{\sin 2 ar}$$

$$Sr = Sf - Sp + \frac{Cf - Cp - Cr}{2}$$

図3 残余屈折異常を求める公式
(文献2) より)

離がそれぞれの報告で異なることに起因している可能性がある。また、自覚的な視力の評価は心理物理学的であるので測定値には一定の広がりがあり、結果にある程度の差異が生じていることも否めない。今後は別の方向からのアプローチが必要であると考え。

乱視の推移は、幼児期には倒乱視であったも

のが小学校に入る頃から直乱視に移行し、その後倒乱視が増加して40歳ぐらいで倒乱視の方が直乱視より多くなる傾向がある^{12, 13)}。また、斜乱視の頻度は平均16.5%と少なく、一生を通じてほとんど変化しない^{12, 13)}。したがって、自覚的屈折検査や眼鏡処方のための検査は必然的に直、倒乱視に対して行う割合が多いと推測される。この為、直、倒乱視に対して円柱レンズの軸がずれるとより視力が低下しやすいことを常に注意しておく必要がある。

今回の知見を念頭に置いて丁寧な作業を心がけることで、意図的でない円柱レンズ軸のずれにより本来持っている視力が得られないという問題は解消され则认为る。

本論文の要旨は、第53回日本視能矯正学会にて発表した。

参考文献

- 1) 所 敬：屈折異常とその矯正改訂第5版，170-171，金原出版，東京，2009
- 2) 川端秀仁：乱視の矯正，丸尾敏夫（編）：眼科診療プラクティス57.56，文光堂，東京，2000
- 3) 宮田和典：矯正方法の選び方，坪田一男（編）：

表2 矯正する円柱レンズ軸をずらした時の残余屈折異常

直乱視 (Ax180°)

	5° の軸ずれ	10° の軸ずれ	15° の軸ずれ
1.00 Dの乱視	S+0.09D C-0.17D Ax47.5°	S+0.17D C-0.35D Ax50°	S+0.26D C-0.52D Ax52.5°
2.00 Dの乱視	S+0.17D C-0.35D Ax47.5°	S+0.35D C-0.69D Ax50°	S+0.52D C-1.04D Ax52.5°
3.00 Dの乱視	S+0.26D C-0.52D Ax47.5°	S+0.52D C-1.04D Ax50°	S+0.78D C-1.55D Ax52.5°

斜乱視 (Ax135°)

	5° の軸ずれ	10° の軸ずれ	15° の軸ずれ
1.00 Dの乱視	S+0.09D C-0.17D Ax137.5°	S+0.17D C-0.35D Ax140°	S+0.26D C-0.52D Ax142.5°
2.00 Dの乱視	S+0.17D C-0.35D Ax137.5°	S+0.35D C-0.69D Ax140°	S+0.52D C-1.04D Ax142.5°
3.00 Dの乱視	S+0.26D C-0.52D Ax137.5°	S+0.52D C-1.04D Ax140°	S+0.78D C-1.55D Ax142.5°

倒乱視 (Ax90°)

	5° の軸ずれ	10° の軸ずれ	15° の軸ずれ
1.00 Dの乱視	S+0.09D C-0.17D Ax137.5°	S+0.17D C-0.35D Ax140°	S+0.26D C-0.52D Ax142.5°
2.00 Dの乱視	S+0.17D C-0.35D Ax137.5°	S+0.35D C-0.69D Ax140°	S+0.52D C-1.04D Ax142.5°
3.00 Dの乱視	S+0.26D C-0.52D Ax137.5°	S+0.52D C-1.04D Ax140°	S+0.78D C-1.55D Ax142.5°

- 眼科プラクティス9. 42-47, 文光堂, 東京, 2006
- 4) 川端秀仁: 成人の眼鏡処方. 所 敬, 梶田雅義 (編): すぐに役立つ臨床で学ぶ眼鏡処方の実際. 32-42, 金原出版, 東京, 2010
 - 5) 植田喜一, 小林泰子, 中道綾子: 目でみる眼鏡・コンタクトレンズの基礎と臨床の進めかた. 103-107, 金原出版, 東京, 2010
 - 6) 嵩義則, 嵩則雄: トーリックレンズによる乱視矯正と軸ズレについて. 眼臨紀 5 (6): 609-610, 2012.
 - 7) Miller AD, Kris MJ, Griffiths AC: Effect of small focal errors on vision. *Optom Vis Sci* 74: 521-526, 1997.
 - 8) Kobashi H, Kamiya K, Shimizu K, Kawamorita T, Uozato H: Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes. *J Cataract Refract Surg* 38: 1352-1359, 2012.
 - 9) Remón L, Tornel M, Furlan WD: Visual acuity in simple myopic astigmatism; influence of cylinder axis. *Optom Vis Sci* 83: 311-315, 2006.
 - 10) Nanavaty MA, Vasavada AR, Patel AS, Raj SM, Desai TH: Analysis of patients with good uncorrected distance and near vision after monofocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 32: 1091-1097, 2006.
 - 11) Wolffsohn JS, Bhogal G, Shah S: Effect of uncorrected astigmatism on vision. *J Cataract Refract Surg* 37: 454-460, 2011.
 - 12) 神谷貞義, 西信元嗣, 魚里 博, 浅井輝夫, 野村 健, 斉藤美智子, 他: 新しい視点からみた学校近視の解析, その4 児童, 生徒の乱視眼についての乱視軸分布曲線ならびに乱視度分布曲線についての統計的観察. 眼紀 36: 1853-1867, 1985.
 - 13) 神谷貞義, 西信元嗣, 魚里 博, 浅井輝夫, 野村 健, 斉藤美智子, 他: 新しい視点からみた学校近視の解析, その7 キャノン・オート・ケラトによる角膜乱視とニデック・オート・レフによる全乱視の乱視軸ならびに乱視度の比較. 眼紀 37: 88-96, 1986.